

**REPÚBLICA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA MEDIANTE LA
PERIODIZACIÓN LINEAL INVERSA, DE ONDULACIÓN DIARIA Y
LINEAL, SOBRE EL LANZAMIENTO DE BALÓN MEDICINAL, SALTO EN
LONGITUD, SALTOS CMJ, Y SJ, Y VELOCIDAD EN 10 METROS, EN
PÚBERES.**

Trabajo presentado como requisito para optar al Grado de Magister en
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Pamplona, diciembre de 2018

**REPÚBLICA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA MEDIANTE LA
PERIODIZACIÓN LINEAL INVERSA, DE ONDULACIÓN DIARIA Y
LINEAL, SOBRE EL LANZAMIENTO DE BALÓN MEDICINAL, SALTO EN
LONGITUD, SALTOS CMJ, Y SJ, Y VELOCIDAD EN 10 METROS, EN
PÚBERES.**

Trabajo presentado como requisito para optar al Grado de Magister en
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Autor: Michael Leonardo Roa S
Asesor: Carlos E. García Yerena

Pamplona, diciembre de 2018

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA MEDIANTE LA PERIODIZACIÓN DE ONDULACIÓN DIARIA VS LINEAL, SOBRE LA FLEXIBILIDAD, LANZAMIENTO DE BALÓN MEDICINAL, SALTO EN LONGITUD, SALTOS CMJ, Y SJ, Y VELOCIDAD EN 10 METROS, EN PÚBERES.

Autor: Michael Leonardo Roa S.
Asesor: Carlos E. García Yarena
Fecha: diciembre 2018

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN -----	13
INTRODUCCIÓN -----	14
CAPÍTULO I -----	16
EL PROBLEMA -----	16
I.I Planteamiento del Problema -----	16
I.II Pregunta de investigación -----	18
I.III Objetivos -----	18
I.III.I Objetivo General -----	18
I.III.II Objetivos Específicos -----	18
CAPITULO II -----	20
MARCO TEÓRICO -----	20
II.I Antecedentes -----	20
II.II Marco Conceptual -----	34
II.II.I Fisiología de la Maduración y el Crecimiento -----	34
II.II.I.I Crecimiento, Maduración y Desarrollo -----	34
II.II.I.II Crecimiento -----	34
II.II.I.III Desarrollo -----	35
II.II.I.IV Maduración -----	35
II.II.I.V Crecimiento Somático -----	36
II.II.I.VI Crecimiento en Talla y Masa Corporal -----	37
II.II.I.VII Patrones de crecimiento en otras dimensiones corporales -----	45
II.II.I.VIII Cambios en la composición corporal con el crecimiento -----	47
II.II.I.IX Desarrollo Óseo Durante el Crecimiento -----	49
II.II.I.X Células ósea -----	50
II.II.I.XI Formación ósea -----	51
II.II.I.XII Crecimiento óseo -----	53
II.II.I.XIII Desarrollo del Tejido Muscular Durante el Crecimiento -----	57
II.II.I.XIV El músculo como tejido desarrollo del tejido muscular -----	58

II.III <i>Crecimiento, Maduración y Desarrollo ligado a la Actividad Física y los Deportes</i> -----	62
II.III.I <i>Concepto y Valoración de la Maduración Biológica</i> -----	62
II.III.II <i>Valoración de la madurez sexual</i> -----	63
II.III.III <i>Valoración de la madurez somática</i> -----	64
II.III.IV <i>Valoración de la madurez dental</i> -----	64
II.III.V <i>Interrelaciones entre los indicadores de la madurez</i> -----	65
II.III.VI <i>Variabilidad en los Estados Madurativos</i> -----	66
II.IV <i>Edad Cronológica y Edad Biológica</i> -----	67
II.IV.I <i>Diferencias</i> -----	67
II.V <i>Desarrollo de Capacidades Condicionales en Niños y Adolescentes</i> -----	67
II.VI <i>Entrenamiento con Sobrecarga en Relación con el Crecimiento y la Maduración</i> -----	72
II.VII <i>Adaptaciones al Entrenamiento con Sobrecarga en Niños y Adolescentes</i> -----	75
II.XIII <i>Valoración de la madurez esquelética</i> -----	77
II.IX <i>Adaptación Funcional de la Estructura Esquelética al Estrés del Ejercicio con Sobrecarga</i> -----	79
II.X <i>Pautas Metodológicas para el Entrenamiento con Sobrecarga en Niños</i> -	81
II.XI <i>Consideraciones sobre la Fuerza y la Potencia Muscular</i> -----	83
II.XI.I <i>La Fuerza Aplicada</i> -----	83
II.XI.II <i>Déficit de Fuerza</i> -----	93
II.XI.III <i>Relación Fuerza-Velocidad</i> -----	94
II.XI.IV <i>Relación Fuerza-Velocidad y Potencia</i> -----	97
II.VI.V <i>La Carga de Entrenamiento</i> -----	104
II.VI.VI <i>Dosificación de la Carga</i> -----	107
II.VI.VI.I <i>La Velocidad y la Potencia en la Dosificación de la Carga de Entrenamiento</i> -----	107
II.VI.VI.II <i>El Carácter del Esfuerzo en la Dosificación de la Carga de Entrenamiento</i> -----	108
II.VII <i>Supuestos Básicos de la Adaptación</i> -----	113
II.VIII <i>La "Transferencia" en el Entrenamiento de Fuerza</i> -----	120
II.IX <i>Entrenamiento de la Fuerza</i> -----	126

II.IX.I <i>Entrenamiento de la Fuerza Máxima</i> -----	126
II.IX.III <i>Entrenamiento de la Fuerza Útil</i> -----	128
II.IX.IV <i>Entrenamiento de la Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo</i> -----	130
II.IX.V <i>Entrenamiento de la Potencia Máxima y la Potencia Específica</i> ---	133
II.XX <i>Métodos de Entrenamiento: Fuerza Muscular</i> -----	138
II.XX.I <i>Variables de Programación</i> -----	138
II.XX.II <i>Variables mecánicas</i> -----	138
II.XI <i>Recomendaciones acerca de los ejercicios a aplicar con sujetos de diferentes niveles de rendimiento</i> -----	145
II.XI.I <i>Variables Fisiológicas</i> -----	146
II.XI.I.I <i>Intensidad</i> -----	146
II.XI.I.II <i>Recomendaciones acerca de la intensidad a aplicar con sujetos de diferentes niveles de rendimiento</i> -----	150
II.XI.I.III <i>Volumen</i> -----	151
II.XI.I.IV <i>Densidad</i> -----	156
II.XI.I.V <i>Frecuencia</i> -----	158
II.XI.I.VI <i>Duración</i> -----	158
II.XI.I.VII <i>Variables de Control</i> -----	158
II.XII <i>Métodos de Entrenamiento</i> -----	162
II.XII.I <i>Métodos de Preparación General de Fuerza</i> -----	162
II.XII.II <i>Métodos de Preparación de fuerzas Específicas</i> -----	162
II.XIII <i>Métodos para Mejorar la Fuerza Aplicada en los Movimientos Específicos</i> -----	164
II.XIII.I <i>Respecto a la Cantidad de Peso Utilizado para Mejorar la Fuerza</i> -----	167
II.XIII.II <i>Según el Tiempo de Pausa el Método Complejo puede Plantearse de las Siguietes Maneras</i> -----	168
II.XIX <i>Organización de las Sesión de Entrenamiento de Fuerza</i> -----	169
II.XIX.I <i>Modelos Horizontales</i> -----	170
II.XIX.II <i>Modelos Verticales</i> -----	170
II.XIX.III <i>Modelos Complejos o Combinados</i> -----	171
II.XX <i>Sistema para Aplicar el Entrenamiento de Fuerza</i> -----	172

II.XX.I <i>Sistema de Organización Piramidal</i> -----	172
II.XX.II <i>Sistema de Organización con Peso Estable</i> -----	174
II.XX.III <i>Sistema de Organización por Repeticiones Estables y Variando el Peso</i> -----	174
II.XX.IV <i>Sistema de Organización en Escalera</i> -----	174
II.XXI <i>Organización con Pirámide Chata-Estable</i> -----	175
II.XXI.I <i>Sistema de Oleaje</i> -----	176
II.XXII <i>Evaluación y Control del Entrenamiento de la Fuerza</i> -----	177
II.XXII.I <i>Valoración de la Fuerza Muscular</i> -----	177
II.XXII.II <i>Pasos metodológicos para realizar el test de 1 RM</i> -----	178
I.XXII.III <i>Indicaciones sobre la modalidad de ejecución de los ejercicios</i> -	179
II.XXII.IV <i>Incremento del peso luego del paso 4 y en los intentos para determinar peso del 1 RM</i> -----	180
II.XXII.V <i>Estimación del valor del 1 RM por medio de los Test de máximas repeticiones</i> -----	180
II.XXIII <i>Valoración de la Fuerza Máxima Aplicada: Test de Saltos y Test Progresivo</i> -----	183
II.XXIII.I <i>Test de Saltos</i> -----	183
II.XXIII.II <i>Valoración de la Fuerza Máxima Aplicada con Diferentes Pesos: Test Progresivo</i> -----	184
II.XXIII.II.I <i>Metodología para Aplicar el Test Progresivo</i> -----	186
II.XXIV <i>Métodos Indirectos para Estimar los Niveles de Fuerza</i> -----	187
II.XXIV.I <i>Modelos Basados en la Velocidad y la Percepción del Esfuerzo</i> 187	
II.XXIV.II <i>Estimación del 1 RM a partir de la velocidad de movimiento</i> ---	188
II.XXIV.III <i>Estimación del 1 RM a partir de la percepción subjetiva de esfuerzo</i> -----	190
II.XXV <i>Entrenamiento Periodizado</i> -----	192
II.XXV.I <i>Conceptualización de la Periodización del Entrenamiento</i> -----	194
II.XXV.II <i>Actual Estado de la Investigación sobre la Periodización del Entrenamiento</i> -----	202
CAPÍTULO III -----	206
MARCO METODOLÓGICO -----	206
III.I <i>Enfoque del Experimento</i> -----	206

III.I.I <i>Sujetos</i> -----	206
III.I.II <i>Ética del Estudio</i> -----	207
III.I.III <i>VARIABLES del Estudio</i> -----	207
III.I.IV <i>Evaluaciones Pre-intervención –Post intervención</i> -----	208
III.II <i>Periodo de Entrenamiento</i> -----	211
III.II.I <i>Procedimiento</i> -----	212
III.II.II <i>Selección de los ejercicios</i> -----	212
III.II.III <i>Acción Motora (AM)</i> -----	214
III.II.IV <i>Implicación articular (IA) y núcleo articular (NA)</i> -----	215
III.III <i>Planos de movimiento (PM) y movimiento articular (MA)</i> -----	215
III.IV <i>Implicación muscular (IM)</i> -----	216
III.V <i>Posición corporal (PC)</i> -----	217
III.VI <i>Demandas de estabilización (DE)</i> -----	217
III.VII <i>Estructura de la Intervención</i> -----	220
III.VII.I <i>Macrociclo</i> -----	220
III.VII.II <i>Mesociclos</i> -----	220
III.VII.III <i>Microciclos</i> -----	226
III.VIII <i>Sesión de Entrenamiento</i> -----	227
III.IX <i>Análisis Estadístico</i> -----	227
III.XX RESULTADOS -----	228
III.XX.I <i>Velocidad Lineal en 10 Metros en (s)</i> -----	228
III.XX.II <i>Salto CMJ (cm)</i> -----	229
III.XX.III <i>Salto SJ (cm)</i> -----	230
III.XX.IV <i>Salto de Longitud (cm)</i> -----	231
III.XX.V <i>Lanzamiento de balón (m)</i> -----	232
III.XXI DISCUSIÓN -----	233
III.XXII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	236

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. <i>Momento en que se producen las velocidades máximas de crecimiento en diversas dimensiones antropométricas en relación con el PHV</i> -----	47
Tabla 2. <i>Estimaciones de la composición de la masa libre de grasa durante el crecimiento</i>	49
Tabla 3. <i>Composición de agua y electrolitos en el músculo esquelético de humanos, pre y post nacimiento.</i> -----	58
Tabla 4. <i>Concentración de nitrógeno (N) en diversas fracciones del músculo esquelético--</i>	59
Tabla 5. <i>Secuencia de eventos en la miogénesis.</i> -----	60
Tabla 6. <i>Guía práctica para el entrenamiento con sobrecarga en niños.</i> -----	81
Tabla 7. <i>Recomendaciones para la progresión durante el entrenamiento con sobrecarga en niños y adolescentes.</i> -----	83
Tabla 8. <i>Valores medios de velocidad media acelerativa (Vel. media) y % de 1RM</i> -----	101
Tabla 9. <i>Fuerza Máxima</i> -----	126
Tabla 10. <i>Fuerza Máxima</i> -----	127
Tabla 11. <i>Entrenamiento de la Fuerza Útil.</i> -----	128
Tabla 12. <i>Entrenamiento de la Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo</i> -----	131
Tabla 13. <i>Entrenamiento de la Potencia Máxima y la Potencia Específica</i> -----	134
Tabla 14. <i>Volúmenes aconsejados por grupo muscular para mantener o mejorar la fuerza</i> -----	155
Tabla 15. <i>Volúmenes para entrenar la fuerza con ejercicios contra resistencias considerando los objetivos perseguidos.</i> -----	156
Tabla 16. <i>Valores medios de velocidad media acelerativa (Vel. media) y % de 1RM</i> -----	157
Tabla 17. <i>Intervalos de confianza (95%) determinados en las variables relacionadas con la percepción subjetiva de esfuerzo medida en cada rango de porcentaje evaluado.</i> -----	161
Tabla 18. <i>Muestra un resumen de las ecuaciones analizadas por Lessner y col)</i> -----	181
Tabla 19. <i>Fórmula de predicción recomendada para diferentes grupos de deportistas</i> ----	188
Tabla 20. <i>Ecuaciones para predecir el 1 RM</i> -----	191
Tabla 21. <i>Sesión 2 al 6 de abril del 2018</i> -----	227

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de 3 rectas de diferentes pendientes negativas.	38
Figura 2. Curvas individuales características de la velocidad de crecimiento en peso para niños y niñas.	40
Figura 3. Curvas individuales características de la velocidad de crecimiento en talla para niños y niñas.	41
Figura 4. Representación esquemática del tejido óseo.	50
Figura 5. Secuencia de cambios en la formación y crecimiento de un hueso largo.	52
Figura 6. Curvas de velocidad de la acumulación de mineral óseo (CMO) corporal total	56
Figura 7. Etapas del desarrollo de los senos en niñas. Etapas del desarrollo genital	63
Figura 8. Fuerza isocinética de los flexores del codo.	78
Figura 9. Medición directa de la fuerza aplicada ; en una sentadilla completa en relación	86
Figura 10. Medición directa de la fuerza isométrica máxima (línea roja)	89
Figura 11. Medición directa de la fuerza y el desplazamiento en un ejercicio de press de hombros	90
Figura 12. Relación entre la velocidad de acortamiento sin carga y la actividad de la ATPasa miofibrilar en una fibra muscular esquelética	95
Figura 13. Relación esquemática de la curva fuerza-velocidad en contracciones concéntricas de fibras rápidas (línea continua) y lentas (línea discontinua)	96
Figura 14. Las líneas continuas representan a fibras con 2 unidades de longitud y 1 de sección transversal.	97
Figura 15. Distintos valores de potencia en el área bajo la curva fuerza-velocidad	98
Figura 16. Relación entre la evolución de la fuerza, velocidad y potencia en ejercicios de empuje.	147
Figura 17. Relación entre la evolución de la fuerza, velocidad y potencia en ejercicios de levantamientos (secuenciales).	148

Figura 18. Relación entre el porcentaje de peso utilizado y los incrementos de la fuerza máxima (IMR).....	150
Figura 19. Escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES	160
Figura 20. Organización en pirámide, creciente o decreciente	173
Figura 21. Organización en escalera.....	175
Figura 22. Organización en oleaje en donde se alternan peso con diferentes orientaciones.....	176
Figura 23. Colocación del transductor de velocidad compuesto por encoder óptico rotatorio conectado.....	187
Figura 24. Test progresivo. W.....	187
Figura 25. Escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES 0-10.....	191
Figura 26. Periodización del entrenamiento.....	193
Figura 27. Denominaciones para la temporada deportiva	198
Figura 28. Secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación.	200
Figura 29. Salto contra-movimiento (CMJ).....	209
Figura 30. Salto Squat Jump (SJ).....	210
Figura 31. Salto de longitud. Programa Eurofit: Archivo informático.	211
Figura 32. Macrociclo de Fuerza, conformado por 20 semanas de intervención. .	220
Figura 33. Mesociclo denominado Adaptación Anatómica, conformado por 5 semanas de intervención.	221
Figura 34. Mesociclo denominado Fuerza Máxima, conformado por 8 semanas de intervención.....	222
Figura 35. Mesociclo denominado Fuerza Máxima, conformado por 8 semanas de intervención.....	222
Figura 36. Mesociclo denominado Fase de Conversión (potencia), conformado por 4 semanas de intervención.	223
Figura 37. Parámetros de entrenamiento sugeridos para la conversión de la fuerza máxima a potencia	223
Figura 38. Parámetros de entrenamiento sugeridos para la conversión de la fuerza máxima a potencia	224

Figura 39. Mesociclo denominado Fase de Cesación, conformado por 2 semanas de intervención.....	224
Figura 40. Microciclos, siguen el principio de incremento progresivo de carga de entrenamiento desde el punto de vista la intensidad	226
Figura 41. Rendimiento de velocidad en 10 metros.....	228
Figura 42. Rendimiento de salto CMJ (cm) para los grupos de entrenamiento	229
Figura 43. Rendimiento de salto SJ (cm) para los grupos de entrenamiento	230
Figura 44. Rendimiento de salto de longitud (cm) para los grupos de entrenamiento	231
Figura 45. Rendimiento de lanzamiento de balón (m) para los grupos de entrenamiento.....	232

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo “Analizar los efectos de la periodización lineal inversa, ondulación diaria y lineal, en púberes, en el lanzamiento de balón medicinal, salto en longitud, saltos CMJ, y SJ, y velocidad en 10 metros”. Setenta y cinco niños en estadio púber, fueron asignados de forma aleatoria en tres grupos, grupo entrenamiento lineal inverso (25), grupo entrenamiento ondulación diaria (25), y grupo de entrenamiento lineal (25), durante 20 semanas de intervención. El análisis de los datos se realizó en el software SPSS versión 21.0. El nivel de significancia se estableció en $p \leq 0,05$, para todos los análisis. Para verificar el efecto de las intervenciones, se realizó un MANOVA de dos factores (grupo x momento) con medidas repetidas para el factor de momento para cada tipo de inicio. La prueba post hoc de Bonferroni se utilizó para verificar las diferencias entre los factores cuando se indicó la interacción en el análisis. Los tamaños del efecto (ES) se calcularon utilizando la d de Cohen. Los análisis relevaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en velocidad lineal en 10 metros (s), en el grupo de entrenamiento lineal inverso (2,5%; ES=1.8; $p \leq 0.000$), lineal (9.9%; ES=0.83; $p \leq 0.000$), y grupo de ondulación diaria (3,2%; ES=2,20; $p \leq 0.000$); en el salto CMJ en el grupo de entrenamiento lineal inverso (7,5%; ES=2.2; $p \leq 0.000$), lineal (20%; ES=6.30; $p \leq 0.000$), y grupo de ondulación diaria (21,7%; ES=8,3; $p \leq 0.000$); en el salto SJ grupo de entrenamiento lineal inverso (6,6%; ES=1.6; $p \leq 0.000$), lineal (35,8%; ES=8.2; $p \leq 0.000$), y grupo de ondulación diaria (30,7%; ES=8,2; $p \leq 0.000$); en el salto de longitud en el grupo de entrenamiento lineal (6,6%; ES=0.91; $p \leq 0.028$), y grupo de ondulación diaria (9,3%; ES=0,63; $p \leq 0.005$); en el lanzamiento de balón en el grupo de entrenamiento lineal (16,8%; ES=2.2; $p \leq 0.00$), y grupo de ondulación diaria (3,6%; ES=0,64; $p \leq 0.032$). No se evidenció diferencias significativas en el salto de longitud del grupo de entrenamiento lineal inverso (1,5%; ES=0.91;

$p \leq 0.783$), y en el lanzamiento de balón del grupo de entrenamiento lineal inverso (0,4%; ES=0.02; $p \leq 0.925$).

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza, es una de los más conocidos en la actualidad por muchos de los beneficios que este acarrea en todas las poblaciones debido a distintas necesidades en el medio, por lo cual, hoy los niños no se encuentran aislados de participar y obtener resultados favorables en su desarrollo físico-motriz, es claro mencionar que hoy en día en el contexto investigativo y del entrenamiento deportivo se encuentran muchas controversias y discusiones sobre la aplicación o no aplicación de la fuerza en los menores, pero la ciencia gracias a sus constantes investigaciones ha desarrollado proyectos en estas edades encontrando resultados significativos (González-Badillo, J.J. y Gorostiaga, E. 2002; Izquierdo M, y cols 1999; McGuigan et al., 2009; Markovic y Mikulic 2010; Gonzalez, A, 2014), dando luz para desarrollar programas organizados, coherentes, individualizados en dicha población, en busca de todas las mejoras y desarrollos que se puedan obtener.

Por lo tanto, el actual trabajo investigativo se enfocó en la aplicación de diferentes formas de periodizar la fuerza. (Lineal, lineal inverso y de ondulación diaria), con el objetivo de analizar los efectos sobre la cinemática de la aceleración y potencia en las habilidades motoras de velocidad en 10 metros, salto en longitud, y saltos, CMJ Y SJ. Y lanzamiento de balón. Para ello, se planteó una estructura de trabajo de entrenamiento neuromuscular, que ha demostrado mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones, utilizando los componentes de la carga tanto fisiológicos como mecánicos con el fin de mejorar la dinámica de la articulación, los patrones de movimientos y habilidades, optimizando el control neuromuscular e incrementado la fuerza.

Debido a la complejidad del de la forma de periodizar la carga, y en busca de los resultados idóneos antes mencionados, es fundamental que en el contexto del entrenamiento se estructure la planificación del entrenamiento utilizando como medio la periodización de la fuerza, como punto eje en la organización de la estructura de toda planificación debido a los resultados y beneficios que este viene visualizando en cada investigación y que se puede corroborar por medio de (fleck 2003; Arroyo j y cols. 2014;). Quienes manifiestan que los programas periodizados son eficientes debido a la individualización sistemática que se ejecuta en las sesiones del entrenamiento, respetando los tiempo, intensidades y cargas de trabajos por individuos lo que genera una organización coherente estructurada encargada de lograr resultados significativos en todo el ámbito del entrenamiento. Sin dejar sueltos factores que puedan alterar los resultados, y lo más importante cuidando el bienestar (salud) de los sujetos objetos de estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

I.I Planteamiento del Problema

El trabajo de la fuerza se viene desarrollando en todos los contextos del ser humano, desde niños, jóvenes, adultos, adultos jóvenes y adultos mayores, debido a los constantes beneficios que genera su desarrollo en todas las poblaciones, (Beltrán G, y cols 2017; Conde, I. 2016; Chuga, w, 2014; González-Badillo, J.J. y Gorostiaga, E. 2002; Gelves, J, y cols 2018). Por lo cual, es de suma importancia desarrollarlo en los niños de una manera organizada, coherente, sistemática e individualizada que logre objetivos claros y propios a las necesidades de la población; sabemos bien, que son muchos los cambios a nivel morfológico y neuronales que sufren los niños en el contexto del crecimiento madurativo Malina et al., (2004). Así mismo, algunos estudios han demostrado que la fuerza muscular aumenta progresivamente en los niños de 2 a 18 años (Baquet, eta al., 2003; Faigenbaum et al., 2009; Faigenbaum et al., 2001) y han evidenciado que el entrenamiento de esta capacidad puede optimizar el aumento esperado de la fuerza en niños pre-púberes y Púberes.

Ahora bien no solamente el desarrollo de la fuerza en niños genera beneficios importantes, se conoce la necesidad de desarrollar un trabajo integral donde se pueda llevar a cabo distintos trabajos que estructuren un niño o joven con un alto nivel motriz, por lo tanto se trae a colación al trabajo de velocidad, la cual se define como la máxima capacidad para moverse o desplazarse rápidamente Cronic et al., (2005), estos son movimientos y desplazamientos naturales que el niño realiza en su escuela o fuera de ella, lo importante es organizar su intervención de una manera efectiva que genere beneficios importante en su desarrollo motriz.

Por consiguiente, en este trabajo se desarrollaron pruebas e intervenciones direccionadas en la velocidad en 10 metros, salto en longitud, saltos como CMJ, SJ.

Y lanzamiento de balón, con el objetivo de mejorar dichas capacidades de una manera eficiente; pero, toda la estructura organizativa de dichas intervenciones acarrea beneficios importantes en el desarrollo motor de los niños, por lo que no puede llevarse a cabo sola, por lo que hoy en día se viene implementando la organización de la planeación de las sesiones de entrenamientos e intervención con ayuda de la periodización de las cargas de trabajo, buscando una idónea intervención en cada sujeto respetando su etapa morfo-funcional y madurativa, es ahí donde (Cornacchia I, 2010; Bompa T, 2002) desarrollan trabajos periodizados y estos la definen como un método general de dividir un régimen de entrenamiento en fases discretas marcadas por fases de carga y recuperación sistemáticas, teniendo como objetivo optimizar el principio de sobre carga, siendo el proceso por el cual el sistema neuromuscular adapta las cargas con las cuales el organismo no está acostumbrado (William, J, y cols 2006; Baechle, T 2000). Del mismo modo, esta es pilar fundamental en la organización de los planes de entrenamiento, debido a los beneficios en la estructura, organización e intervención del mismo modo, algunos autores sugieren en aplicar la periodización de la fuerza son (Fleck (2003); Nacleiro, F, (2011); Arroyo j y cols (2014), quienes manifiestan la importancia de la periodización en todos los programas de entrenamiento organizando intensidad, propósito, objetivos y rendimiento individualizado de cada sujeto. Por lo tanto, (Pallares, J, y cols. 2015; Chuga E, 2014; Chulvi I, 2015;) establecen que la periodización se puede llevar a cabo manipulando las series, repeticiones, ejercicios realizados, la carga y el tiempo de descanso; seguidamente Matthew R, y cols (2002), clasifica la periodización de dos formas, una lineal (LP) y otra ondulada, siendo ésta última la que hoy en día brinda los mejores resultados en los trabajos de fuerza.

Lo anterior, gracias al soporte de una revisión bibliográfica ha brindado organización en la intervención de cada uno de las capacidades a desarrollar, logrando resultados idóneos y pertinentes con el fin de mejorar las capacidades físico-motrices del niño de una manera progresiva y eficaz.

I.II Pregunta de investigación

¿Cuál forma de periodizar la carga (lineal inversa, ondulación diaria y lineal) genera mayores efectos en cuanto al lanzamiento de balón medicinal, salto en longitud, saltos CMJ, y SJ, y velocidad en 10 metros, en púberes?

I.III Objetivos

I.III.I Objetivo General

Analizar los efectos de la periodización lineal inversa, ondulación diaria y lineal, en púberes, en el lanzamiento de balón medicinal, salto en longitud, saltos CMJ, y SJ, y velocidad en 10 metros.

I.III.II Objetivos Específicos

Medir la velocidad alcanzada en la prueba de 10 metros lanzados, por medio de la plataforma de contacto Axón Jump; como test 1 una vez finalizada la fase de adaptación anatómica, y test 2 al finalizar el mesociclo de conversión a potencia y resistencia muscular.

Evaluar la potencia por medio de los saltos ABK, CMJ y SJ, por medio de la plataforma de contacto Axón Jump; como test 1 una vez finalizada la fase de adaptación anatómica, y test 2 al finalizar el mesociclo de conversión a potencia y resistencia muscular.

Evaluar la potencia de miembros inferiores por medio de la prueba salto en longitud (The **FUPRECOL** Study), por medio de análisis video-gráfico, como test 1 una vez finalizada la fase de adaptación anatómica, y test 2 al finalizar el mesociclo de conversión a potencia y resistencia muscular.

Evaluar la potencia de miembros superiores por medio de la prueba de lanzamiento de balón medicinal, por medio de análisis video-gráfico., como test 1 una

vez finalizada la fase de adaptación anatómica, y test 2 al finalizar el mesociclo de conversión a potencia y resistencia muscular.

Diseñar para cada uno de los grupos una planificación del entrenamiento de la fuerza basados en los conceptos teóricos y metodológicos, aplicando los principios básicos de entrenamiento (principio de sobrecarga, progresión, especificad y la individualidad).

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

II.I Antecedentes

Souza, E. O., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Roschel, H., Lowery, R. P., Aihara, A. Y., ... & Wilson, J. M. (2014). Early adaptations to six weeks of non-periodized and periodized strength training regimens in recreational males.

Este estudio comparó el área transversal del músculo cuádriceps (CSA) y la fuerza máxima (1RM) después de tres regímenes diferentes de entrenamiento de fuerza a corto plazo (ST) (p. Ej., “PN” no periodizados, periodización tradicional “TP” y periodización ondulada “UP”) emparejado para la carga de volumen en individuos previamente desentrenados. La muestra fue de Treinta y un hombres recreacionalmente activos que fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos: NP: n = 9; TP: n = 9; UP: n = 8 y grupo de control (C): n = 5. Los grupos experimentales se sometieron a un programa de 6 semanas que consistía en dos sesiones de entrenamiento por semana. El cuádriceps dominante de la pierna CSA se obtuvo a través de imágenes de resonancia magnética (MRI) al inicio del estudio y 48 horas después de la última sesión de entrenamiento. Entre los hallazgos se obtuvo que el 1RM aumentó de pre a post solo en los grupos NP y UP (NP = 17.0%, p = 0.002; UP = 12.9%, p = 0.03), respectivamente. No hubo diferencias significativas en 1RM para los grupos LP y C después de 6 semanas (TP = 7.7%, p = 0.58, C = 1.2%, p = 1.00). El CSA aumentó de pre a post en todos los grupos experimentales (NP = 5.1%, p = 0.0001; TP = 4.6%, p = 0.001; UP = 5.2%, p = 0.0001), sin cambios observados en el grupo C (p = 0,93).

Con lo anteriormente expuesto queda claro que se debe organizar y periodizar la carga desde diferentes modelos, que incidan de forma significativa en las ganancias de fuerza máxima, insistiendo que se debe adoptar algún tipo de

periodización para maximizar las adaptaciones musculares y lograr mayores ganancias en el rendimiento de 1RM.

Bartolomei, S., Hoffman, J. R., Merni, F., & Stout, J. R. (2014). A comparison of traditional and block periodized strength-training programs in trained athletes.

El propósito de este estudio fue comparar 2 modelos diferentes de periodización en atletas de fuerza y potencia. 24 hombres entrenados en resistencia fueron asignados aleatoriamente a un programa de entrenamiento de periodización en bloques (BP, edad = 24.2 ± 3.1 años, masa corporal = 78.5 ± 11.0 kg, altura = 177.6 ± 4.9 cm) y a un programa de periodización tradicional (TP; edad = 26.2 ± 6.0 años, masa corporal = 80.5 ± 13.3 kg, altura = 179.2 ± 4.6). Los participantes en ambos programas de entrenamiento realizaron 4 sesiones de entrenamiento por semana. Cada programa de entrenamiento consistió en los mismos ejercicios y el mismo volumen de entrenamiento (resistencia total levantada por sesión). La diferencia entre los grupos estaba en la manipulación de la intensidad del entrenamiento dentro de cada fase de entrenamiento. Los participantes en BP fueron más propensos (79,8%) a aumentar el área bajo la curva fuerza-potencia que TP. Los participantes en BP también demostraron una disminución probable positiva (92.76%) en la carga correspondiente a la potencia máxima en el press de banca en comparación con el grupo TP, y una posible mejora (~60%) en fuerza máxima y potencia en el press de banca. No se observaron cambios significativos entre los grupos en la fuerza de la parte inferior del cuerpo o el rendimiento de potencia de salto después del período de entrenamiento de 15 semanas. Los resultados de este estudio indican que la BP puede mejorar la expresión de la potencia de la parte superior del cuerpo en mayor medida que TP con el mismo volumen; sin embargo, no se detectaron diferencias en el rendimiento de la parte inferior del cuerpo y las medidas de composición corporal.

El estudio de Bartolomei 2014, determina la periodización del entrenamiento como una distribución planificada de la carga de trabajo que evita el estancamiento en

los deportistas, mejora del rendimiento y lo optimiza al máximo, basándose en dos tipos específicos de entrenamiento de la fuerza como son el descrito por Lev Matveev denominado modelo tradicional o lineal y el propuesto por Verchosanskij llamado periodización en bloque (de progresión con un orden lógico) quienes por medio de la manipulación de la carga (volumen, intensidad) buscan comparar ganancias significativas en adaptaciones y respuestas de fuerza muscular.

Harries, S. K., Lubans, D. R., & Callister, R. (2015). Systematic review and meta-analysis of linear and undulating periodized resistance training programs on muscular strength.

Se sabe que la periodización es útil para mejorar las adaptaciones al entrenamiento, pero aún no se ha determinado la más efectiva en el desarrollo de la fuerza muscular. Esta revisión sistemática y metaanálisis examinó todos los estudios que comparaban directamente los programas de entrenamiento de resistencia periodizados, lineales y ondulados, para determinar y comparar sus efectos sobre la fuerza muscular. Una búsqueda sistemática en las bases de datos MEDLINE, SCOPUS y SPORTDiscus reveló 17 estudios que cumplían los criterios de inclusión. Hubo un total de 510 participantes en los estudios incluidos. Dieciséis estudios informaron aumentos significativos en la fuerza para ambos enfoques de periodización. Cinco estudios informaron diferencias significativas en las mejoras entre los grupos. Los metanálisis determinaron que no hubo diferencias en la efectividad de la periodización lineal frente a la ondulante en la parte superior del cuerpo o la parte inferior de la fuerza del cuerpo. La naturaleza a corto plazo de los estudios y el historial de entrenamiento previo de los participantes se identificaron como posibles factores de confusión en la interpretación de los hallazgos. Los resultados sugieren que la novedad o la variedad de entrenamiento son importantes para estimular el desarrollo de la fuerza adicional. Pocos estudios han examinado el efecto de los enfoques de periodización en las poblaciones adolescentes o atléticas.

En lo descrito anteriormente por Harries (2015) logra identificar el vacío existente en la falta de evidencia científica que sustenten la importancia de manipular

los componentes de la carga específicamente volumen e intensidad y que permita a su vez justificar la importancia de cada tipo de periodización en diferentes poblaciones.

De Souza, E. O., Tricoli, V., Rauch, J., Alvarez, M. R., Laurentino, G., Aihara, A. Y., ... & Ugrinowitsch, C. (2018). Different Patterns in Muscular Strength and Hypertrophy Adaptations in Untrained Individuals Undergoing Nonperiodized and Periodized Strength Regimens.

Este estudio investigó los efectos de los regímenes no periodizados (NP), periodización tradicional (TP) y periodización diaria ondulada (UP) sobre la fuerza muscular y la hipertrofia en individuos no entrenados. 33 varones recreativamente activos se dividieron aleatoriamente en 4 grupos: NP: $n = 8$; TP: $n = 9$; UP: $n = 8$, y grupo de control (C): $n = 8$. Los grupos experimentales se sometieron a un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas con frecuencia 2. Se evaluó la fuerza muscular y el área transversal del cuádriceps (QCSA) al inicio del estudio, 6 semanas (es decir, punto medio) y después de 12 semanas. Todos los grupos de entrenamiento aumentaron 1RM en sentadilla desde pre a 6 semanas (NP:17.02%, TP: 7.7% y UP: 12.9%, $p \leq 0.002$) y pre y post 12 semanas (NP:19.5%, TP: 17.9%, y UP: 20.4%, $p \leq 0.0001$). La periodización tradicional fue el único grupo que aumentó 1RM en sentadilla de 6 semanas a mediados de período de 12 semanas (9.4%, $p \leq 0.008$). Todos los grupos de entrenamiento aumentaron QCSA de pre a 6 semanas a mediados (NP:5.1%, TP: 4.6% y UP: 5.3%, $p \leq 0.0006$) y desde antes y después de las 12 semanas (NP:8.1%, TP: 11.3%, y UP: 8.7%, $p \leq 0.0001$). De 6 semanas a mediados de período de 12 semanas, TP y UP fueron los únicos grupos que aumentaron QCSA (6.4 y 3.7%, $p \leq 0.02$). No hubo cambios significativos para todas las variables dependientes en el grupo C a lo largo del tiempo ($p \geq 0.05$). En conclusión, nuestros resultados demostraron adaptaciones similares inducidas por el entrenamiento después de 12 semanas de NP y regímenes periodizados. Sin embargo, nuestros hallazgos sugieren que, en la última mitad del estudio, los regímenes periodizados provocaron mayores tasas de adaptaciones musculares en comparación con los regímenes NP.

Sin lugar a dudas este artículo muestra la importancia de periodizar la carga, exponiendo diferencias con mayor significancia en comparación de entrenamientos periodizados para la mejora de la fuerza muscular y la hipertrofia en personas no entrenadas.

Peltonen, H., Walker, S., Hackney, A. C., Avela, J., & Häkkinen, K. (2018). Increased rate of force development during periodized maximum strength and power training is highly individual.

El entrenamiento de fuerza máximo induce varias mejoras en la tasa de desarrollo de fuerza (RFD) a nivel de grupo, pero ningún estudio ha investigado las adaptaciones interindividuales en RFD. Catorce hombres (28 ± 6 años) realizaron la misma fuerza máxima de 10 semanas y luego un programa de entrenamiento de potencia de 10 semanas. La fuerza máxima y la RFD se registraron durante las contracciones voluntarias isométricas máximas de la extensión de la pierna repetidamente antes de cada séptima sesión de entrenamiento (2 sesiones / semana). Después de la intervención, los sujetos se dividieron retrospectivamente en tres grupos en función de sus mejoras de RFD: (1) mejoraron solo durante el período de fuerza máxima (MS respondedores, $+ 100 \pm 35\%$), (2) mejoraron solo durante el período de potencia (P -respondedores, $+ 53 \pm 27\%$) o (3) ninguna mejora en absoluto (no respondedores, $+ 3 \pm 9\%$). Todos los grupos aumentaron 1RM dinámico por igual, pero el 1RM basal fue mayor ($p < 0.05$) en los grupos respondedor frente a los que no responden. Los MS respondedores tuvieron mayor torque inducido por estimulación eléctrica al inicio y mejoraron ($+ 35 \pm 28\%$) la producción de energía al 50% 1RM carga más que P- ($- 7 \pm 20\%$, $p = 0.052$) y no respondedores ($+ 3 \pm 6\%$, $p = 0.066$) durante el período de entrenamiento de fuerza máximo. Los respondedores MS aumentaron el área transversal del vasto lateral ($+ 12 \pm 9\%$, $p < 0,01$) al igual que los respondedores P ($+ 10 \pm 7\%$, $p = 0,07$), mientras que los que no respondieron no cambiaron. El índice de andrógenos (FAI) libre en los que respondieron fue más alto ($+ 34\%$, $p < 0.05$) en comparación con los que no respondieron al inicio del estudio. El período de fuerza máxima disminuyó la testosterona ($- 17 \pm 12$; $17 \pm 22\%$), la relación FAI ($- 12 \pm 14$; $- 21 \pm 23\%$) y la

relación testosterona / cortisol ($- 17 \pm 25$; $- 31 \pm 20\%$) en MS y P-respondedores, respectivamente. Durante el período P los niveles hormonales se estancaron.

Según lo expuesto en el estudio de Peltonen (2018) el entrenamiento de fuerza periodizado indujo diferentes respuestas fisiológicas interindividuales, y por lo tanto parece ser una herramienta útil para planificar y monitorear los programas de entrenamiento de fuerza para las necesidades individuales de rendimiento neuromuscular.

Williams, T. D., Tolusso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2017). Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis.

La periodización es un método lógico de organizar el entrenamiento en fases secuenciales y períodos de tiempo cíclicos con el fin de aumentar el potencial para alcanzar objetivos de rendimiento específicos mientras se minimiza el potencial de sobreentrenamiento. Se propone que los planes de entrenamiento de resistencia periodizados sean superiores a los planes de entrenamiento no periodizados para mejorar la fuerza máxima. El objetivo principal de este estudio fue examinar la literatura previa que compara los planes de entrenamiento con sobrecarga periodizados con los planes de entrenamiento con sobrecarga no periodizados y determinar una estimación cuantitativa del efecto sobre la fuerza máxima. Todos los estudios incluidos en el metanálisis cumplieron los siguientes criterios de inclusión: (1) publicación revisada por pares; (2) publicado en inglés; (3) comparación de un grupo de entrenamiento de resistencia periodizado con un grupo de entrenamiento de resistencia no periodizado; (4) fuerza máxima medida por 1 repetición máxima (1RM) en cuclillas, press de banca o press de piernas. Se usaron modelos de efectos aleatorios para agregar un tamaño de efecto medio (ES), intervalos de confianza (IC) del 95% y moderadores potenciales. Los resultados acumulativos de 81 efectos se reunieron a partir de 18 estudios publicados entre 1988 y 2015 indica que la magnitud de mejora en 1RM siguiente al entrenamiento de resistencia periodizado fue mayor que la formación de resistencia no periodizado (ES = 0,43, IC del 95% 0,27-

0,58; $P < 0.001$) Modelo de periodización ($\beta = 0.51, P = 0.0010$), estado de entrenamiento ($\beta = -0.59, P = 0.0305$), longitud del estudio ($\beta = 0.03, P = 0.0067$), y frecuencia de entrenamiento ($\beta = 0.46; P = 0.0123$) se asociaron con un cambio en 1RM. Estos resultados indican que los programas ondulantes fueron más favorables para las ganancias de fuerza. Las mejoras en 1RM fueron mayores entre los participantes no entrenados. Además, una mayor frecuencia de entrenamiento y una mayor duración del estudio se asociaron con mayores mejoras en 1RM. Estos resultados sugieren que los planes de entrenamiento de resistencia periodizados tienen un efecto moderado en 1RM en comparación con los planes de entrenamiento no periodizados.

Si bien es claro que la periodización es una estrategia útil en la ganancia de fuerza y en minimizar el potencial de sobreentrenamiento, en comparación con la no periodización; la variación en los estímulos de entrenamiento parece ser vital para aumentar la fuerza máxima, y pueden preferirse períodos más largos de mayor frecuencia de entrenamiento para lograr mayores beneficios.

Vantarakis, A., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Vezos, N., Douroudos, I. I., Draganidis, D., ... & Fatouros, I. G. (2017). A 2-month linear periodized resistance exercise training improved musculoskeletal fitness and specific conditioning of navy cadets.

Los principales objetivos del entrenamiento militar y naval son el desarrollo de la preparación, el rendimiento y la prevención de lesiones. Numerosos estudios han examinado el efecto del entrenamiento de fuerza específico (ST) programas sobre el desempeño de las Fuerzas Especiales y el personal militar, el propósito de este estudio fue investigar el efecto de un ST de 8 semanas sobre el rendimiento de los cadetes de la Armada. Treinta y un cadetes de la Academia Naval Helénica se ofrecieron voluntariamente para participar y fueron asignados aleatoriamente en 2 grupos. En el grupo experimental participaron en un programa de ST lineal periodizado, además de su programa de entrenamiento diario. Los cadetes en el grupo de control participaron solo en mediciones previas y posteriores. Un análisis de

varianza de dos vías de medidas repetidas mostró que ST indujo cambios favorables en el press de banca y sentadilla en 1 repetición máxima, flexiones, abdominales, tiempo para completar una distancia de 30 m y tiempo para completar el NOC. Estos resultados indican que un ST adicional puede inducir alteraciones positivas en la preparación y el rendimiento de los cadetes de la Armada. Un análisis de varianza de dos vías de medidas repetidas mostró que ST indujo cambios favorables en el press de banca y sentadilla en 1 repetición máxima, flexiones, abdominales, tiempo para completar una distancia de 30 m y tiempo para completar el NOC. Estos resultados indican que un ST adicional puede inducir alteraciones positivas en la preparación y el rendimiento de los cadetes de la Armada y se midió el tiempo para completar el NOC antes y después de la intervención. Un análisis de varianza de dos vías de medidas repetidas mostró que ST indujo cambios favorables en el press de banca y sentadilla en 1 repetición máxima, flexiones, abdominales, tiempo para completar una distancia de 30 m y tiempo para completar el NOC. Estos resultados indican que un ST adicional puede inducir alteraciones positivas en la preparación y el rendimiento de los cadetes de la Armada. Estos resultados indican que un ST adicional puede inducir alteraciones positivas en la preparación y el rendimiento de los cadetes de la Armada.

Se hace necesario resaltar de la investigación anterior la estadística utilizada siendo está acorde con mi investigación, teniendo en cuenta que para los dichos procesos donde impliquen intervención el Análisis de Anova es la estadística la más recomendada aplicándola en dos momentos y dos grupos.

Franchini, E., Branco, B. M., Agostinho, M. F., Calmet, M., & Candau, R. (2015). Influence of linear and undulating strength periodization on physical fitness, physiological, and performance responses to simulated judo matches.

Determinar cuál es el modelo de periodización de fuerza más efectivo es importante para mejorar el rendimiento de los atletas de judo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar los efectos del entrenamiento de resistencia periodizado ondulado lineal y diario en el rendimiento antropométrico, de fuerza y específico del

judo. Para esto, 13 atletas de judo adultos (LP = 6 y DUP = 7) completaron un programa de entrenamiento de 8 semanas concomitantemente a un programa típico de entrenamiento de judo. Los atletas fueron sometidos a una batería de prueba de aptitud física, antes y después de 8 semanas de entrenamiento, que consiste en: (a) fuerza máxima evaluación y fuerza isométrica máxima de la empuñadura; (b) evaluación de la potencia (c) evaluación de la resistencia de la fuerza (d) medidas antropométricas: (e) aptitud física del judo; (f) Simulación de partido. Ocho semanas de protocolos de entrenamiento de fuerza lineal y ondulado indujeron un significado similar ($P \leq 0.05$) disminuye en grosores de pliegues cutáneos (-6.5%) y aumenta en circunferencias de brazo flexionado (2.0%) y antebrazo (1.8%), fuerza de empuñadura isométrica máxima (4.6% y 6.1% para manos derecha e izquierda, respectivamente), fuerza isométrica rendimiento de dominadas de resistencia agarrando el judogi (18.9%), fuerza dinámica máxima para la fila (11.5%), press de banca (11.6%) y ejercicios de sentadilla (7.1%), peso total levantado al 70% 1RM para press de banca (15.1%) y ejercicios de sentadillas (9.6%), número de lanzamientos durante los sets B (3.1%) y C (9.5%) del SJFT (resultando en un aumento en el número total de lanzamientos, 5.5%), y índice disminuido en esta prueba, -4.2 %). Sin embargo, no se observaron cambios en la evaluación fisiológica, el esfuerzo percibido o las acciones técnicas durante 3 simulaciones de partido. Por lo tanto, parece que las adaptaciones a corto plazo no fueron transferibles a la condición de coincidencia.

Este estudio demostró que 8 semanas de protocolos de entrenamiento de fuerza lineal y ondulado son igualmente efectivos para aumentar el rendimiento de los atletas en una prueba específica, pero no para cambiar la calificación fisiológica y la respuesta de esfuerzo percibida. Por lo tanto, ambos protocolos pueden usarse para mejorar la fuerza y el rendimiento anaeróbico de los atletas. La decisión para el enfoque ondulado lineal o diario puede decidirse según la preferencia de un atleta con respecto a más o menos variación durante las sesiones de entrenamiento; sin embargo, deben abrirse más investigaciones para establecer la mejor combinación de periodización requerida para mejorar el rendimiento

Bartolomei, S., Stout, J. R., Fukuda, D. H., Hoffman, J. R., & Merni, F. (2015). Block vs. weekly undulating periodized resistance training programs in women.

El objetivo de este estudio fue comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza mediante la periodización por bloques (BP) y el modelo semanal ondulado (WUD) de la fuerza máxima y la hipertrofia en fuerza recreativa en mujeres entrenadas. Diecisiete mujeres entrenadas recreacionalmente fueron asignadas aleatoriamente a un grupo BP (n = 9, edad = 24.7 ± 4.2 años, masa corporal = 62.1 ± 5.3 kg, altura = 166.4 ± 6.0 cm) o un grupo WUD (n= 8; edad = 23.2 ± 2.2 años; masa corporal = 59.8 ± 11.9 kg; altura = 160.1 ± 4.1 cm). Los participantes de ambos grupos entrenaron 3 días a la semana durante 10 semanas. Los programas BP y WUD usaron los mismos ejercicios, y la diferencia entre los 2 programas estuvo en la distribución del volumen de entrenamiento dentro de cada fase de entrenamiento. Las medidas antropométricas y las pruebas de fuerza se realizaron antes (PRE) y después de 10 semanas (POST) de entrenamiento. Los resultados revelaron que tanto BP como WUD lograron aumentos significativos en fuerza y potencia, pero las mejoras en la fuerza de la parte inferior del cuerpo fueron significativamente ($p = 0.039$) mayores en el grupo WUD (+ 27.7%) en comparación con el grupo BP (+ 15.2%) Ambos grupos aumentaron significativamente la hipertrofia del músculo del brazo ($p < 0.001$), mientras que las mejoras en el tamaño del muslo fueron significativas solo en el grupo WUD (+ 5.8%, $p = 0.001$). Los resultados de este estudio indican que el modelo WUD es más eficaz que el modelo BP para aumentar la fuerza máxima y el tamaño muscular en la parte inferior del cuerpo en las mujeres.

El modelo de ondulación semanal (WUD) se caracteriza por una distribución de la carga de trabajo "en forma de onda" que se logra mediante la variación frecuente de los contenidos de entrenamiento dentro de cada mesociclo, En este modelo, hay un objetivo de entrenamiento específico y cada mesociclo a menudo se caracteriza por una transición gradual de un período de alto volumen y baja

intensidad a un período de bajo volumen y alta intensidad. La periodización en bloque (BP) es otro modelo de periodización, donde el macrociclo se divide en varias fases, llamadas bloques, cada una con un objetivo único y una duración de 2 a 6 semanas. Los bloques deben planificarse en una secuencia lógica para lograr un efecto acumulativo de las cargas de trabajo de entrenamiento. El primer bloque o fase del programa de entrenamiento de resistencia generalmente se enfoca en la hipertrofia muscular, mientras que las fases posteriores están dedicadas a la fuerza y potencia máxima.

Con lo anteriormente citado se puede decir que el aporte a mi investigación sería el considerar el uso del método WUD, ya que al analizar los datos relevantes expuestos que sugieren que el modelo WUD puede ser más ventajoso que el modelo BP durante un programa de entrenamiento de resistencia de 10 semanas para estimular la fuerza máxima y la hipertrofia muscular en mujeres. De igual manera la distribución del trabajo seccionada por macrociclos, mesociclos y microciclos para tener mejor organizada la carga de trabajo y determinar objetivos específicos por cada sección del entrenamiento.

Harries, S. K., Lubans, D. R., & Callister, R. (2015). Systematic review and meta-analysis of linear and undulating periodized resistance training programs on muscular strength.

Se sabe que la periodización mejora las adaptaciones del entrenamiento, pero aún no se ha determinado el enfoque de periodización más efectivo para el desarrollo de la fuerza muscular en una amplia variedad de poblaciones. Esta revisión sistemática y el metanálisis examinaron todos los estudios que comparaban directamente programas de entrenamiento de resistencia periodizados lineales y ondulados para determinar y comparar sus efectos sobre la fuerza muscular. Una búsqueda sistemática de las bases de datos MEDLINE, SCOPUS y SPORT Discus reveló 17 estudios que satisfacían los criterios de inclusión. Hubo un total de 510 participantes en los estudios incluidos. Dieciséis estudios informaron aumentos significativos en la fuerza para ambos enfoques de periodización. Cinco estudios

informaron diferencias significativas en las mejoras entre los grupos. Los metanálisis determinaron que no hubo diferencias en la efectividad de la periodización lineal frente a la ondulada en la parte superior del cuerpo o la fuerza de la parte inferior del cuerpo. La naturaleza a corto plazo de los estudios y el historial de entrenamiento previo de los participantes se identificaron como posibles factores de confusión en la interpretación de los hallazgos. Los resultados sugieren que la novedad o la variedad de entrenamiento son importantes para estimular un mayor desarrollo de la fuerza. Pocos estudios han examinado el efecto de los enfoques de periodización en poblaciones adolescentes o atléticas.

Es por esta razón se hace necesario realizar investigaciones adicionales en poblaciones de adolescentes, atléticas y posiblemente de rehabilitación para determinar los efectos de diferentes enfoques periodizados. Además, se necesitan estudios a más largo plazo para determinar y comparar la efectividad a largo plazo de LP y UP RT en el desarrollo de la fuerza. En futuros estudios es clave que se informe adecuadamente el historial de entrenamiento previo de los participantes, estratifiquen la asignación a los grupos sobre la base de la experiencia de entrenamiento anterior, o implementen un entrenamiento estandarizado de pre-intervención para reducir la influencia del historial de entrenamiento en los efectos de la intervención.

Apel, J. M., Lacey, R. M., & Kell, R. T. (2011). A comparison of traditional and weekly undulating periodized strength training programs with total volume and intensity equated.

El propósito de este estudio fue comparar las adaptaciones de entrenamiento logradas durante las 12 semanas del entrenamiento de fuerza periodizado tradicional (TD) y semanal ondulado (WUD). Cuarenta y dos hombres activos recreativamente (edad = $22 \pm 2,3$ años) fueron asignados aleatoriamente a 1 de 3 grupos: control (C) ($n = 14$), TD ($n = 14$) o WUD ($n = 14$). Se realizaron pruebas de laboratorio con un máximo de diez repeticiones (10RM) para el peso libre en sentadilla y el press de banca plano con peso libre al inicio del estudio, semana 8 y semana 12. Los sujetos entrenaron 4 días por semana, los grupos TD y WUD se entrenaron utilizando un

programa de fuerza periodizada con todas las variables del programa controladas (p. Ej., Volumen e intensidad). La variable independiente fue la manipulación de la intensidad. El grupo TD utilizó un aumento lineal en la intensidad, mientras que el grupo WUD tuvo una intensidad variada. Los resultados mostraron que tanto el grupo TD como el grupo WUD tuvieron aumentos significativos ($p \leq 0.05$) en la fuerza en las semanas 8 y 12, pero en la semana 12, el grupo TD fue significativamente más fuerte ($p \leq 0.05$) que el grupo WUD. Estos resultados indican que la periodización lineal TD con el aumento en la intensidad fue más efectivo para obtener ganancias de fuerza que la periodización de WUD con una intensidad variada. Las diferencias en las ganancias de fuerza entre los grupos TD y WUD pueden estar relacionadas con períodos prolongados de dolor muscular y fatiga que estaban presentes en el grupo WUD pero no en el grupo TD. Por lo tanto, durante el entrenamiento a largo plazo, los individuos pueden beneficiarse más de los programas periodizados de TD porque puede haber menos dolor muscular y fatiga para interrumpir la práctica y el entrenamiento.

Actualmente, no existe un consenso sobre el diseño ideal del programa de entrenamiento de la fuerza, pero se acepta ampliamente que alguna forma de periodización es más efectiva; en la investigación realizada por Apel,(2011), a pesar de que los hallazgos indican que tanto los grupos de entrenamiento periodizados de TD como los de WUD obtuvieron ganancias de fuerza similares desde la línea de base hasta la semana 8, entre la semana 8 y la semana 12, el grupo de TD superó al grupo de WUD con mejoras significativamente mayores en la fuerza. El hecho de que el grupo de WUD experimentó un DOMS y fatiga más prolongados que el grupo de TD puede haber afectado negativamente la capacidad del grupo de WUD para realizar entrenamiento y pruebas de fuerza, lo que redujo las ganancias de fuerza en la semana 12. Todo lo anteriormente citado permite reflexionar que las investigaciones relacionadas con entrenamiento de fuerza pueden verse modificadas por factores externos o internos propios del deportista (fatiga) que pueden alterar los resultados esperados situación que se debe tener muy en cuenta; por lo tanto, la comparación de

resultados entre los estudios de entrenamiento de fuerza periodizados debe realizarse minuciosamente.

II.II Marco Conceptual

II.II.I Fisiología de la Maduración y el Crecimiento

II.II.I.I Crecimiento, Maduración y Desarrollo

Crecimiento, maduración y desarrollo son términos que pueden emplearse para describir cambios en el cuerpo que se inician en el momento de la concepción y que prosiguen durante la edad adulta. En el ámbito de las ciencias del ejercicio y particularmente en lo que se refiere a poblaciones pediátricas, los conceptos de crecimiento, maduración y desarrollo son utilizados frecuentemente para describir estadios relacionados con la evolución humana. Sin embargo, cada uno de estos términos hace referencia a patrones evolutivos diferentes que deben ser definidos y contextualizados para su correcta utilización y para su vinculación con la fisiología infanto-juvenil, el entrenamiento, la nutrición y la biomecánica de la actividad física y el deporte pediátrico. Por esta razón comenzaremos definiendo cada uno de estos términos.

II.II.I.II Crecimiento.

El crecimiento es un incremento en el tamaño del cuerpo como un todo o del tamaño alcanzado por partes específicas del cuerpo. Los cambios en el tamaño son producto de tres procesos celulares subyacentes (Malina and Bouchard, 1991d): (a) el incremento en el número de células (o hiperplasia); (b) el incremento en el tamaño de las células (o hipertrofia); y (c) el incremento en las sustancias intracelulares. El crecimiento es un proceso complejo que comienza en útero, y prosigue durante la infancia, la niñez, la pubertad y la adultez temprana (Veldhuis et al., 2005). El control dinámico del crecimiento está caracterizado por interacciones dependientes de la edad y el sexo entre factores claves genéticos, ambientales, nutricionales, socio-económicos, comportamentales, metabólicos y bioquímicos (Veldhuis et al., 2005). Por esta razón, los datos normativos deben desarrollarse a partir de poblaciones

saludables específicas en cuanto a edad, sexo y que sean genéticamente comparables (Veldhuis et al., 2005).

II.II.I.III Desarrollo.

El desarrollo hace referencia a la diferenciación a lo largo de líneas especializadas de función, y, por lo tanto, refleja los cambios funcionales que tienen lugar con el desarrollo (Wilmore and Costill, 1999). En general los términos crecimiento y maduración son utilizados conjuntamente con el término desarrollo. Este último término denota un concepto con frecuencia utilizado en dos contextos diferentes (Malina and Bouchard, 1991d). El primer contexto es el biológico (que más próximo se encuentra de la temática a tratar), y aquí el desarrollo es la diferenciación celular en líneas especializadas de función. Esto principalmente ocurre en la vida pre-natal cuando los tejidos y órganos se encuentran en formación (Malina and Bouchard, 1991d), lo cual depende principalmente de la activación de genes o conjunto de genes. El desarrollo de la función obviamente continúa en la vida post-natal a medida que se refinan los diferentes sistemas corporales. El segundo contexto es el comportamental y aquí el desarrollo se relaciona con la competencia en una variedad de dominios interrelacionados a medida que los niños se ajustan a su ambiente cultural. En este sentido se puede hablar de desarrollo de las competencias sociales, intelectuales, cognitivas y emocionales.

II.II.I.IV Maduración.

La maduración puede entenderse como el proceso de adopción de la forma adulta (Wilmore and Costill, 1999). Este es un concepto más complicado que el de crecimiento. Es decir, se puede definir la maduración como el proceso de progresar hacia el estado maduro, pero la madurez varía dependiendo del sistema biológico que sea considerado (Malina and Bouchard, 1991d). Por ejemplo, la madurez sexual es la completa capacidad funcional del sistema reproductor, la madurez esquelética es la completa osificación del esqueleto adulto. Por lo tanto, la maduración hace referencia al ritmo temporal de progreso hacia el estado maduro en términos biológicos. Es muy importante señalar aquí que la maduración presenta una alta variabilidad

interindividual. Dos niños con el mismo tamaño (el mismo nivel de crecimiento) pueden tener diferentes estados madurativos. Por ejemplo, uno de los niños pudo haber alcanzado el 65% de la talla adulta mientras que el otro ya ha alcanzado el 75%.

Por lo tanto, a partir de las definiciones previamente establecidas podemos concebir que los tres procesos (crecimiento, maduración y desarrollo) están altamente relacionados, es decir no se puede pensar en crecimiento sin pensar en maduración y desarrollo. Pero es importante comprender que se trata de tres procesos diferentes. En la práctica cotidiana, como se verá posteriormente, la determinación del estado madurativo de un individuo puede volverse complicada si no se cuenta con algún instrumento de evaluación sofisticado, pero gracias a la relación entre crecimiento y maduración a la que hicimos referencia previamente, veremos que es posible valorar (o estimar) el estado madurativo a través de simples mediciones antropométrica que pueden llevarse a cabo en el ámbito escolar y deportivo. Esta estimación del estado madurativo permitirá a su vez desarrollar programas de entrenamiento apropiados para niños y adolescentes.

II.II.I.V *Crecimiento Somático*

El patrón general de crecimiento post-natal es bastante similar entre los individuos, pero existe una considerable variabilidad interindividual en el tamaño alcanzado y la tasa de crecimiento a diferentes edades, tanto en relación al cuerpo como un todo como en relación a las diferentes partes corporales (Malina and Bouchard, 1991g). En esta sección examinaremos dos factores muy importantes como son el crecimiento en la talla y el peso corporal, ya que tienen una gran aplicación en el campo práctico, veremos qué factores pueden influir en el crecimiento somático y también veremos los cambios en el somatotipo durante el crecimiento.

II.II.I.VI *Crecimiento en Talla y Masa Corporal.*

Como se mencionó previamente la talla y el peso corporal son las mediciones más comúnmente utilizadas tanto para el seguimiento del desarrollo somático como en los estudios sobre crecimiento. La talla y el peso corporal de los niños se miden para monitorear su estatus de crecimiento y su progreso. Los cambios en la talla con el crecimiento se valoran en términos de centímetros por año y los cambios en el peso se valoran en términos de kilogramos por año. En la Figura 1 se puede observar el patrón de crecimiento en talla y en peso desde el nacimiento hasta los 18 años de edad.

La talla adulta, el ritmo, la temporalidad y la tasa de desarrollo sexual y la maduración esquelética están influenciados en gran medida por factores genéticos (Sinclair, 1978) y las estimaciones de la transmisibilidad genética se encuentran en el rango del 41% al 71% (Tanner, 1989). La talla adulta tiene una gran correlación con la talla media de los padres (la diferencia entre la talla adulta de los padres), por lo cual la talla una vez alcanzada la madurez puede ser predicha en base a este cálculo (Rogol et al., 2000). La talla parental media ajustada (la talla a alcanzar por el individuo) se calcula adicionando 13 cm (la diferencia entre los percentiles 50 de la talla para hombres y mujeres adultos) a la talla de la madre (en varones) o sustrayendo 13 cm de la talla del padre (para las mujeres) (Rogol et al., 2000) y luego tomando la media entre la talla de padre del mismo sexo y la talla ajustada del padre del sexo opuesto. Posteriormente veremos otros métodos para la estimación de la talla adulta.

Las curvas de distancia son comúnmente utilizadas para la valoración del estatus de crecimiento de los niños. Para dichas valoraciones, el estatus de crecimiento de un niño o grupo de niños es comparado y evaluado en relación con los datos de crecimiento derivados de una gran muestra de niños saludables. Estos datos son conocidos como datos de referencia (Figura 1).

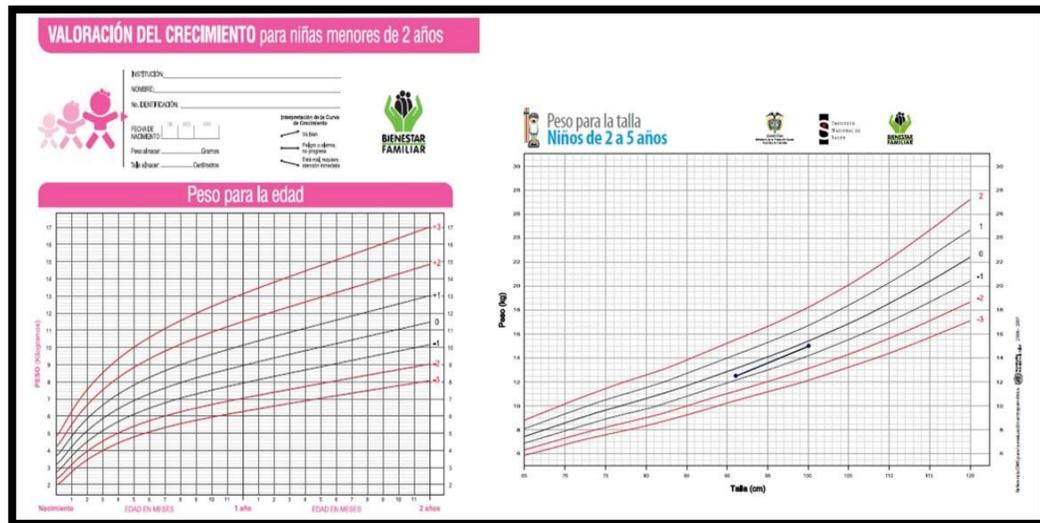


Figura 1. Gráfica de 3 rectas de diferentes pendientes negativas.

Los datos de referencia se presentan normalmente en la forma de varias curvas que representan diferentes percentiles para incluir el rango de variabilidad individual normal. La mediana, o percentil 50, se aproxima al promedio. El cincuenta por ciento de los niños se encuentran por encima de este punto, y el otro 50% por debajo del mismo. Si se observa la Figura 1 se puede notar que en la gráfica se incluyen los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95. Si un niño tiene una talla que cae en el percentil 5, esto significa que el 95% de los niños en su grupo de edad son más altos.

Los percentiles son de gran utilidad para evaluar el estatus de crecimiento de los niños. Por ejemplo, una niña que se encuentra en el percentil 50 para su edad, pero cuyo peso se encuentra en el percentil 75, tendría un exceso de peso en relación con su talla. En este caso es importante señalar que estos datos deben ser tratados cuidadosamente ya que solo estamos midiendo el peso corporal y no la composición corporal. Otro ejemplo de que los datos deben ser tratados con precaución es un niño cuya estatura y peso se encuentren en el percentil 10 para la edad. En este caso podemos decir que es un niño proporcionalmente pequeño, pero no podemos determinar si el niño es genéticamente pequeño o si tiene un problema de crecimiento.

El crecimiento somático y la maduración están influenciados por diversos factores que actúan independientemente o conjuntamente para modificar el potencial genético del individuo. Las diferencias entre el crecimiento y el desarrollo también varían en función del sexo y la etnia. Los patrones específicos del sexo respecto del ritmo de crecimiento, del momento en el que se produce la aceleración puberal en el crecimiento, del tamaño total y de la edad de maduración esquelética son bien conocidos, pero las diferencias entre los sexos son aparentes desde la vida fetal (Rogol et al., 2000). Si bien ocurren cambios interesantes en los primeros años de vida post-natal, nos avocaremos aquí a lo que ocurre aproximadamente entre los 4-5 años hasta aproximadamente los 18-20 años.

La curva de la tasa de crecimiento, o de velocidad de crecimiento (i.e., $\text{cm}\cdot\text{año}^{-1}$ o $\text{kg}\cdot\text{año}^{-1}$) tiene una forma diferente de la curva vimos previamente (curva de distancia). Las tasas de crecimiento se presentan mediante curvas de velocidad, para lo cual se requieren de datos longitudinales (Malina and Bouchard, 1991g). Las tasas de crecimiento en talla y peso durante la niñez son diferentes (Figuras 2).

El crecimiento durante la niñez es un proceso relativamente estable y ocurre a una tasa constantemente menor, es decir los niños incrementan su talla, pero a una tasa progresivamente más lenta. Hasta aproximadamente los 4 años de edad (cronológica), las niñas crecen ligeramente más rápido que los niños y desde aquí ambos sexos experimentan una tasa de crecimiento de $5\text{-}6\text{ cm}\cdot\text{año}^{-1}$ y $2.5\text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$ hasta el comienzo de la pubertad (Tanner, 1989). Como regla general, los niños crecen unos 10 cm en el primer año de vida, la mitad en el segundo año y luego $5\text{-}6\text{ cm}$ por año hasta la pubertad (Rogol et al., 2000).



Figura 2. Curvas individuales características de la velocidad de crecimiento en peso para niños y niñas. Las curvas fueron extraídas de “Standards form birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity: British children” (Tanner).

Como puede observarse en la Figura 2, la tasa de crecimiento en talla alcanza el punto más bajo justo antes del inicio del crecimiento puberal (conocido coloquialmente como estirón adolescente), punto en el cual la tasa de crecimiento en talla comienza a acelerar (Malina and Bouchard, 1991g). El peso corporal, por otra parte, se incrementa constantemente, excepto por una desaceleración durante los primeros años de la niñez.

Como veremos posteriormente, la pubertad es un período de desarrollo dinámico marcado por cambios rápidos en el tamaño, la forma y la composición corporal. Veamos a continuación algunas de las características asociadas con el crecimiento en peso y en talla durante la pubertad. Si se observa la Figura 3 con detenimiento podremos notar varias cosas. Una es que durante la pubertad se incrementan las tasas de crecimiento en talla y peso de los varones y las mujeres. También podemos observar que el comienzo del crecimiento puberal se produce antes en las mujeres que, en los varones, lo cual nos indica que, como regla general, las mujeres alcanzan su madurez biológica antes que los hombres; sin embargo, esto no significa que existan casos particulares en donde una niña alcance la maduración biológica luego que un niño.

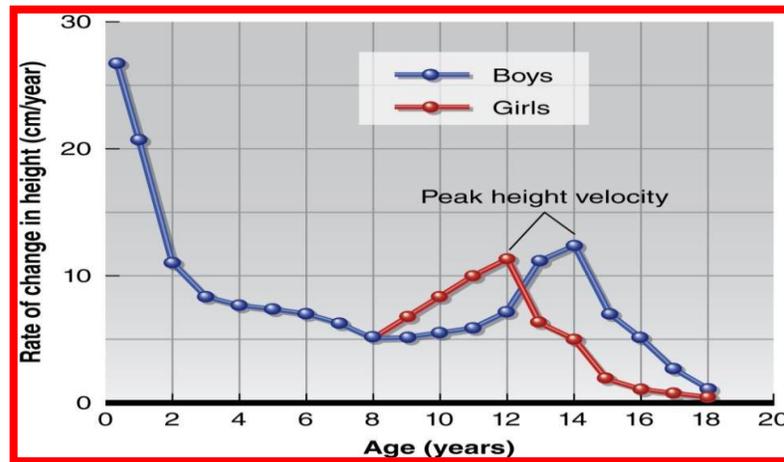


Figura 3. Curvas individuales características de la velocidad de crecimiento en talla para niños y niñas. Las curvas fueron extraídas de Wilmore, Jack H; Costill, W; Kenney L. 2009. *Physiology of Sport and Exercise*. 4th Ed.

Un aspecto importante para comprender las diferencias relacionadas con el sexo en la talla y en el peso es el siguiente: las diferencias sexuales en la talla de los jóvenes adultos es de aproximadamente 13 cm (recordemos nuevamente que hablamos de promedios), entonces ¿cómo es posible alcanzar tal diferencia cuando las diferencias sexuales en la talla, al momento del nacimiento no son significativas, y la tasa de crecimiento durante los años pre puberales y además teniendo en cuenta que la diferencia en la magnitud del crecimiento adolescente es de solo 2 cm? Si se observa nuevamente la Figura 3 podrá notarse en donde radica esta diferencia. En primer lugar, los varones, en promedio, continúan creciendo por aproximadamente dos años más que las mujeres, pero además se puede observar que mientras que las mujeres se encuentran en pleno crecimiento puberal (aceleración del crecimiento) los hombres aún están experimentando una ganancia en talla de aproximadamente 5 cm·año⁻¹ y dada la diferencia de dos años en el momento del estallido puberal, esto representa 10 cm de crecimiento que las mujeres no experimentan. En este momento es necesario aclarar que los niños, en general, son medidos anualmente (una vez al año) y dicho intervalo no es adecuado detectar picos de crecimiento (Malina and Bouchard, 1991g).

Las Figuras 2 y 3 también muestran que el crecimiento alcanza un valor pico durante la pubertad. La máxima tasa de crecimiento durante la pubertad se denomina pico de velocidad de crecimiento en talla (PHV, peak height velocity) y la edad en que se produce esto se denomina edad del PHV. El primer parámetro provee información acerca de la “intensidad” del crecimiento y el segundo parámetro provee información sobre la temporalidad del crecimiento. La edad al PHV es una característica individual y es un indicador de la madurez. Este tema será abordado en mayor profundidad en secciones subsiguientes.

La masa corporal está compuesta de diversos tejidos entre los que se incluyen el tejido adiposo, el muscular, óseo, etc. Los cambios en la masa corporal son resultado de cambios en la masa grasa o en la masa libre de grasa y también de cambios en la concentración de agua corporal (Baxter-Jones, 2008). La masa corporal es una medida sensible y por lo tanto fluctuante, en el sentido de que puede cambiar de un día al otro debido a alteraciones menores en la masa corporal. Al igual que el desarrollo de la talla, la masa corporal sigue un patrón de crecimiento de cuatro fases: un rápido crecimiento en la infancia y la niñez temprana, una ganancia relativamente estable durante la niñez, una rápida ganancia durante la pubertad (Figura 3) y un incremento más lento durante la adultez. Si se observan las Figuras 2 y 3 se puede observar que hay una ligera diferencia entre el momento en que se produce el PHV y el momento en que se produce el pico de velocidad de crecimiento en peso (PWV, peak weight velocity) y se ha estimado que el PWV se produce normalmente entre 0.2-0.4 años después del PHV en los hombres y entre 0.3-0.9 años después del PHV en las mujeres (Iuliano-Burns et al., 2001). En los varones, el crecimiento puberal en la masa corporal se debe principalmente a ganancias en la masa muscular, siendo el incremento en la masa grasa relativamente estable (Baxter-Jones, 2008), mientras que las niñas experimentan un incremento menos dramático en la masa muscular pero experimentan un continuo incremento en la masa grasa durante la adolescencia (Baxter-Jones, 2008). Una cuestión importante que se debería considerar es la siguiente: ¿afecta la actividad física y/o el entrenamiento deportivo el crecimiento lineal y la maduración puberal?

En primer lugar, es importante señalar que la literatura científica está repleta de reportes que indican que el entrenamiento deportivo tiene efectos saludables, deletéreos o no existentes sobre el crecimiento y el desarrollo puberal (Malina, 1994a). Sin embargo, una evaluación cuidadosa de estos reportes con frecuencia revela fallos metodológicos severos tal como la falta de consideración de la variación interindividual en la madurez biológica y la selección de sujetos (Rogol et al., 2000). Ciertos deportes han mostrado ventajas para aquellos con maduración temprana, especialmente para los hombres, y otros, especialmente la gimnasia y danza, favorecen a las mujeres con desarrollo tardío (Rogol et al., 2000).

En el caso de las mujeres, está bien documentado el retraso en el crecimiento y la maduración sexual de ciertos grupos de atletas de elite, entre estos la gimnasia, la danza y las corredoras de larga distancia (Malina, 1994b). Sin embargo, los mecanismos subyacentes no son claros debido a la falta de datos longitudinales. Las investigaciones sobre los parámetros de crecimiento en gimnastas femeninas consistentemente han hallado que estas son más bajas, más livianas y con un menor porcentaje de grasa corporal que niñas de control o atletas que participan en deportes de menor impacto, tal como la natación. Las niñas que participan en este último tipo de deportes son generalmente más altas y maduran antes que lo normal (Constantini and Warren, 1995, Malina, 1994b, Theintz, 1994, Theintz et al., 1993). Diversos estudios también han comparado la edad de la menarca de mujeres atletas de diferentes deportes con los de la población general. Por ejemplo, Claessens et al (1992) hallaron que la media de edad a la menarca era de 15.6 ± 2.1 años en un grupo de gimnastas y de 13.2 ± 1.2 años en el grupo de control (Claessens et al., 1992). Thintz et al (1993) observaron que entre un grupo de gimnastas y nadadoras de 12.7 ± 1.1 años de edad, solo el 7.4% de las gimnastas habían experimentado la menarca, mientras que entre las nadadoras el 50% había tenido su menarca.

Es interesante señalar que en este estudio las gimnastas exhibieron un retraso en su edad esquelética (1.42 ± 0.99 años) mientras que las nadadoras tenían una edad esquelética y cronológica comparable. Esto enfatiza la importancia de la interacción entre el crecimiento somático y la maduración sexual y la interpretación entre el

retraso puberal fisiológico y patológico. Baxter-Jones et al (1994) reportaron que las edades medias de la menarca en grupos de adolescentes que entrenaban en gimnasia, natación y tenis eran de 14.3, 13.3 y 13.2 años, respectivamente, con un valor de referencia para la población general de 13.0 años. Los datos para la gimnasia son replicados en un menor grado en bailarinas y corredoras (Rogol et al., 2000). Al parecer, los deportes tales como la natación, el patinaje de velocidad y el tenis tienen un efecto mínimo sobre el crecimiento o la edad a la que se produce la menarca (Baxter-Jones et al., 1994, Malina, 1994a, Malina, 1994b). Sin embargo, es importante señalar que, si bien estos datos sugieren una relación entre el entrenamiento deportivo intenso y el crecimiento y desarrollo puberal en las gimnastas, estos no son concluyentes. Al interpretar datos de crecimiento y desarrollo en atletas, se deben considerar otras variables.

La predisposición genética es una de estas variables, ya que se ha observado que la baja estatura de las gimnastas con frecuencia es familiar (Malina, 1994b) y tiene una correlación positiva entre la edad a la que se produce la menarca en madres e hijas (Baxter-Jones et al., 1994). Los estresores psicológicos y emocionales asociados con la acumulación de años de entrenamiento, competencias frecuentes, el mantenimiento de un bajo peso corporal y las demandas de los entrenadores también puede influenciar el crecimiento y el momento de la pubertad (Malina, 1994b). La nutrición, especialmente los hábitos relacionados con las dietas, pueden ser un factor muy importante que afecte el crecimiento, particularmente en deportes donde hay un estricto control del peso, ya que aparentemente el balance energético es crucial para el crecimiento y el desarrollo (Rogol et al., 2000). La ingesta energética, así como también de nutrientes tales como calcio, puede ser sub-óptima en atletas que tienen una ingesta dietaria estricta durante el período en que se incrementa la demanda metabólica. Varios investigadores, han resaltado que el entrenamiento físico vigoroso antes de la edad de la menarca podría provocar un desorden en el crecimiento y el desarrollo puberal (Warren, 1980). Las irregularidades menstruales previas parecen ser un factor de riesgo de oligomenorrea o amenorrea en adolescentes que comienzan a entrenar luego de la menarca. Las alteraciones en el crecimiento y la maduración

puberal no son comunes entre mujeres jóvenes que realizan ejercicio en forma recreacional o que entrenan menos de 15 horas semanales (Bonen, 1992).

Se ha observado que la incidencia de oligomenorrea o amenorrea y de amenorrea secundaria es del 10-40% entre atletas y del 2-5% en la población general. La distinción entre atletas de elite y no elite es importante ya que está asociado con el tiempo y la intensidad de entrenamiento. Las atletas olímpicas han mostrado tener una menarca tardía que las mujeres atletas de colegios secundarios, universitarios y que compiten a nivel local (Malina, 1994a). No obstante, una de las variables más importantes (quizás la única variable importante) a tener en cuenta es el sesgo de selección ya que para cada deporte se seleccionan los tipos de cuerpos que mejor rendimiento pueden lograr. El retraso en la menarca favorece la continuación en ciertos deportes tales como la gimnasia, lo cual sugiere que las gimnastas de elite son seleccionadas, al menos en parte, por este atributo (Rogol et al., 2000).

En cuanto a los varones, estos tienden a participar en deportes que requieren de un crecimiento normal y tienen un estatus de maduración sexual y esquelética normal o avanzado (precoces) (Malina, 1994b). Un estado de maduración avanzado en los atletas hombres puede atribuirse a las ventajas en el rendimiento de potencia asociadas con la maduración (Roemmich and Rogol, 1995). Sin embargo, los efectos de aquellos deportes que provocan un gasto energético significativo sobre el crecimiento y la maduración continúan siendo inconcluyentes. Por ejemplo, Seefeldt et al (1988) reportaron que la velocidad de crecimiento en talla de corredores de fondo varones era igual a la observada en un grupo de control durante un año de entrenamiento (Seefeldt et al., 1988), mientras que otros investigadores han reportado que el crecimiento lineal de corredores de distancia se ve enlentecido o incrementado en relación con los datos de referencia.

II.II.I.VII *Patrones de crecimiento en otras dimensiones corporales.*

La mayoría de las dimensiones corporales, con excepción de la grasa subcutánea y de las dimensiones de la cabeza y de la cara, siguen el mismo patrón general de crecimiento en tamaño y la misma tasa de crecimiento que la talla y el

peso (Malina and Bouchard, 1991g). En general, el crecimiento en las diversas dimensiones corporales es bastante rápido durante la infancia y la niñez temprana, se produce una estabilización de la tasa durante la niñez media, se incrementa marcadamente durante el estallido puberal y eventualmente finaliza cuando se alcanzan las dimensiones adultas. Para las diferentes dimensiones corporales se pueden utilizar los mismos procedimientos para estimar la velocidad de crecimiento, que los utilizados para la talla y el peso (Malina and Bouchard, 1991g).

En general, las diferencias sexuales respecto del tamaño de las diversas dimensiones corporales son pequeñas durante los años pre-puberales (Malina and Bouchard, 1991g). Durante la adolescencia, las niñas tienen una ventaja temporal en el tamaño debido a su más temprano estallido puberal. Sin embargo, posteriormente los niños sobrepasan a las niñas en la mayoría de las dimensiones corporales.

Tabla 1. Momento en que se producen las velocidades máximas de crecimiento en diversas dimensiones antropométricas en relación con el PHV (pico de velocidad de crecimiento en talla) y el PWV (pico de velocidad de crecimiento en peso), y valores medios de crecimiento.

Dimensión	PHV			PWV			Velocidad Máxima Media
	Antes	Coincide	Después	Antes	Coincide	Depues	
Talla		-		X			8.9 cm·año ⁻¹
Peso			X		-		7.9 kg·año ⁻¹
Talla Sentada			X	X			4.4 cm·año ⁻¹
Longitud de las Piernas	X			X			4.3 cm·año ⁻¹
Diámetro Biacromial			X			X	2.3 cm·año ⁻¹
Diámetro Pectoral			X			X	1.7 cm·año ⁻¹
Diámetro Biepicondilar del Húmero			X	X			3.1 mm·año ⁻¹
Diámetro Biepicondilar del Fémur	X			X			3.0 mm·año ⁻¹
Circunferencia del Pecho en Inspiración			X	X			5.2 cm·año ⁻¹
Circunferencia del Brazo en Flexión			X			X	2.0 cm·año ⁻¹
Circunferencia del Muslo	X					X	3.0 cm·año ⁻¹
Circunferencia de la Pantorrilla	X				X		1.7 cm·año ⁻¹

II.II.I.VIII Cambios en la composición corporal con el crecimiento.

Durante el crecimiento y la maduración se producen cambios significativos en la composición corporal, especialmente durante la infancia y la pubertad (Baxter-Jones, 2008). Este es un punto importante e indica porque la valoración de la composición corporal es más difícil en niños que en adultos (Zemel and Barden, 2004). En la sección “crecimiento en talla y masa corporal” se mostraron los cambios que se producían en la masa corporal con el crecimiento y la maduración. Ahora bien, los cambios en la masa corporal son resultado de los cambios en la masa grasa o en la masa libre de grasa y también cambios en el agua corporal total y en la masa ósea. Las proporciones relativas y las distribuciones de la masa grasa y de la masa libre de grasa dependen de la edad, el sexo y otros factores ambientales y genéticos (Baxter-Jones, 2008).

En los niños, el crecimiento puberal en la masa corporal se debe principalmente a ganancias en la masa muscular y el tejido esquelético, mientras que la masa grasa se mantiene relativamente estable. En las niñas, sin embargo, se observa un incremento menos pronunciado en la masa muscular, pero experimentan un continuo incremento en la masa grasa durante la adolescencia. Específicamente,

antes de la adolescencia, los varones tienen una masa magra ligeramente mayor que las niñas; sin embargo, durante el estallido de crecimiento puberal la magnitud de la velocidad de cambio es mayor y más prolongada. Una de las consecuencias de este patrón de crecimiento es que cuando los varones alcanzan la adultez joven tienen un 50% más de masa magra corporal que las mujeres. Si bien se pueden presentar diferencias sexuales en el tejido músculo-esquelético durante la infancia y la niñez (Rupich et al., 1996), estas se hacen más pronunciadas durante la adolescencia.

Dos parámetros de utilidad para la estimación de la composición corporal son el agua corporal total y la densidad corporal (la densidad corporal se utiliza para estimar el porcentaje de grasa y este último para estimar la composición corporal). Los datos del patrón de crecimiento del agua corporal total se han extraído de estudios transversales con poblaciones heterogéneas, aunque proveen una indicación de los patrones de crecimiento y las diferencias sexuales en la composición corporal. El agua corporal total sigue un patrón de crecimiento similar al de la talla y el peso, esto es, un incremento relativamente rápido en la infancia y luego un incremento más gradual durante la niñez. Durante el estallido de crecimiento puberal, el incremento en el agua corporal total es mayor en los varones que en las mujeres. El agua corporal total alcanza una meseta a los aproximadamente 15-16 años en las mujeres, pero en los hombres continúa incrementándose hasta los 20 años. Las diferencias sexuales son menores durante la infancia y la niñez, aunque los varones tienden a tener un contenido ligeramente mayor de agua que las mujeres.

La densidad corporal exhibe una declinación en los varones, entre los 8-10 años de edad para incrementarse más o menos linealmente a los 16-17 años. Por otra parte, en las mujeres, la densidad corporal se reduce entre los 8-11 años de edad, luego se incrementa ligeramente y alcanza una meseta a aproximadamente los 14 años. Adicionalmente, ambos sexos muestran una ligera reducción en la densidad corporal hacia el final de la adolescencia y la adultez joven.

Tabla 2. Estimaciones de la composición de la masa libre de grasa durante el crecimiento (Malina and Bouchard, 1991e).

Edad	Componentes de la Masa Libre de Grasa (%)			Potasio (g/kg)	Densidad (g/cm ³)
	Agua	Proteínas	Minerales		
Varones					
Nacimiento	80.6	15.0	3.7	1.92	1.063
1	79.0	16.6	3.7	2.21	1.068
3	77.5	17.8	4.0	2.39	1.074
5	76.6	18.5	4.3	2.49	1.078
7-9	76.8	18.1	5.1	2.40	1.081
9-11	76.2	18.4	5.4	2.45	1.084
11-13	75.4	18.9	5.7	2.52	1.087
13-15	74.7	19.1	6.2	2.56	1.094
15-17	74.2	19.3	6.5	2.61	1.096
17-20	74.0	19.4	6.6	2.63	1.099
Mujeres					
Nacimiento	80.6	15.0	3.7	1.92	1.064
1	78.8	16.9	3.7	2.24	1.069
3	77.9	17.7	3.7	2.38	1.071
5	77.6	18.0	3.7	2.42	1.073
7-9	77.6	17.5	4.9	2.32	1.079
9-11	77.0	17.8	5.2	2.34	1.082
11-13	76.6	17.9	5.5	2.36	1.086
13-15	75.5	18.6	5.9	2.38	1.092
15-17	75.0	18.9	6.1	2.40	1.094
17-20	74.8	19.2	6.0	2.41	1.095

II.II.IX Desarrollo Óseo Durante el Crecimiento

El establecimiento de un nivel óptimo de mineral óseo durante los años de crecimiento, cuando se produce una superposición del remodelamiento óseo con el crecimiento, es una importante consideración en términos de integridad esquelética a largo plazo (Bailey et al., 2003). El estatus del contenido mineral óseo en cualquier momento de la vida es una función de la cantidad acumulada durante los años de crecimiento y durante la vida adulta (Bailey et al., 2003). Debido a que la acumulación de mineral óseo está asociada con el riesgo de fracturas (Melton et al., 1993), es claro que debería optimizarse la acumulación de mineral óseo durante los años de crecimiento. Si bien la masa ósea pico está determinada mayormente por factores hereditarios (Bailey et al., 2003), los patrones en el estilo de vida también se ven implicados en un estado multifactorial que es un requisito para la acumulación de mineral óseo durante los años de crecimiento.

Específicamente, las actividades físicas vigorosas en las que se debe soportar el peso corporal representan la mejor posibilidad para alcanzar los niveles óptimos de mineral óseo dentro de los límites genéticos (Krall and Dawson-Hughes, 1993).

El hueso es un tejido dinámico que continuamente se adapta a las necesidades funcionales para producir una estructura lo suficientemente fuerte como para evitar fracturas en la mayoría de las actividades (Faulkner and Bailey, 2007). La niñez y la adolescencia es un momento particularmente importante dado que el esqueleto sufre un rápido cambio debido al proceso de crecimiento, modelación y remodelación. Tanto en varones como en mujeres, la masa ósea se incrementa substancialmente durante las dos primeras décadas de vida, alcanzando una meseta (denominada pico de masa ósea) hacia el final de la adolescencia o en los primeros años de la adultez.

II.II.I.X Células óseas.

Los osteocitos son las células óseas definitivas. Se encuentran incrustadas en capas concéntricas de matriz ósea alrededor de un canal central que forma lo que se denomina sistema Haversiano (Figura 4).

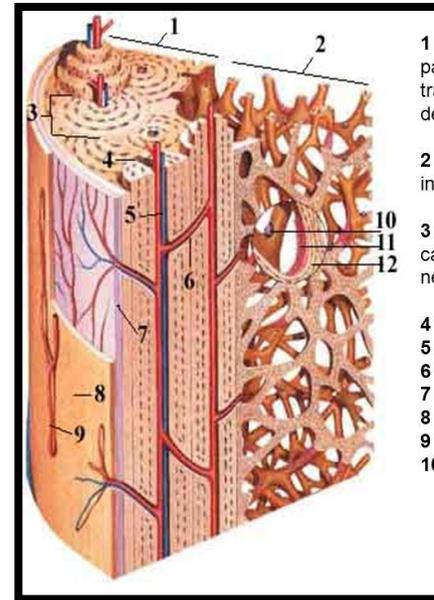


Figura 4. Representación esquemática del tejido óseo.

(1) El hueso cortical se encuentra en la parte externa y rodea la parte trabecular. Aproximadamente el 80% del esqueleto es hueso cortical. (2) hueso trabecular, se encuentra en interior del tejido

La matriz ósea es la sustancia dura del hueso. Posee componentes orgánicos (principalmente fibras de colágeno) y componentes inorgánicos (pequeños cristales de mineral [hidroxiapatita] derivada principalmente de calcio y fósforo). Los osteocitos se encuentran incrustados en la matriz y presumiblemente regulan el flujo de minerales y nutrientes entre la matriz y la sangre (Malina and Bouchard, 1991b). Existen otros tipos de células implicadas en los procesos de deposición y reabsorción ósea, estas son, respectivamente, los osteoblastos y los osteoclastos (Figura 4). Los osteoblastos son células formadoras de hueso, se encuentran en la superficie ósea y en las cavidades óseas. Los osteoblastos depositan hueso sobre la superficie, particularmente sobre la superficie más externa del hueso. La deposición ósea implica la producción de colágeno y de sustancia basal. En este proceso, un osteoblasto queda atrapado en el colágeno y la sustancia basal y se transforma en un osteocito. Los osteocitos subsiguientemente mineralizan el colágeno con cristales de calcio y fósforo. Los osteoclastos son células que reabsorben hueso (Malina and Bouchard, 1991b). Siempre se hallan en las áreas óseas que sufren reabsorción (remoción de la matriz y la liberación de minerales a la circulación). La reabsorción de matriz ósea se produce durante el crecimiento de los huesos y es esencial para el mantenimiento de la forma.

Durante el crecimiento, la deposición ósea se produce más rápidamente que la reabsorción. En los adultos jóvenes y de mediana edad, las tasas de deposición y reabsorción están en equilibrio, mientras que, en la vejez, la reabsorción ósea se produce más rápidamente que la deposición.

II.II.I.XI *Formación ósea.*

Durante la vida pre-natal, los huesos individuales se forman a partir de dos procesos: la formación de hueso intramembranoso y de hueso endocranal. El primero se desarrolla entre las membranas embriónicas y el segundo se desarrolla a partir de cartílago. En la Figura 5 se muestran las etapas de la formación de hueso endocranal. El hueso se forma, luego del nacimiento, como un modelo de cartílago (Roche, 1986), es decir como un modelo a escala del hueso.

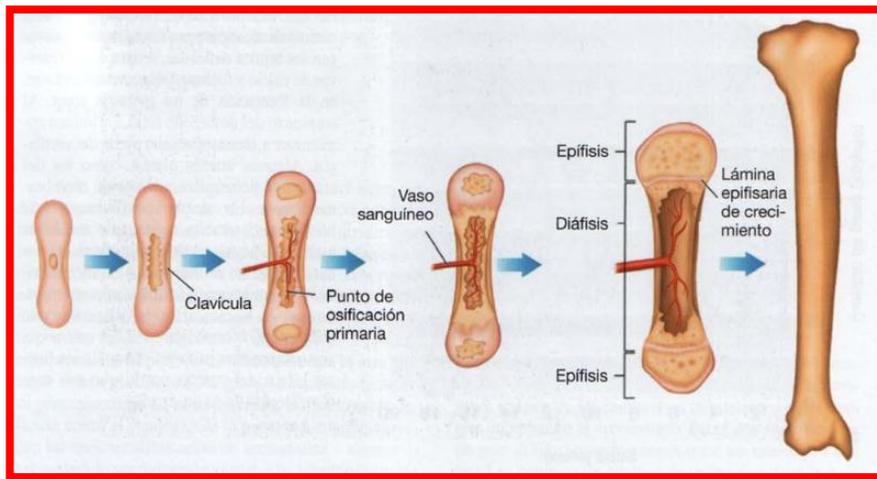


Figura 5. Secuencia de cambios en la formación y crecimiento de un hueso largo. Wilmore, Jack H; Costill, W; Kenney L. 2009. *Physiology of Sport and Exercise*. 4th Ed.

Posteriormente este es rodeado por una membrana, el pericondrio. A medida que el cartílago progresa, las células cartilaginosas en el centro se ordenan en columnas y se hipertrofian (Figura 5). Aparecen fibras de colágeno entre las células que posteriormente las separan. Las células hipertrofiadas de cartílago eventualmente se calcificarán. Al mismo tiempo, los osteoblastos forman la membrana externa del cartílago cerca de su centro.

Los osteoblastos comienzan a depositar matriz ósea sobre la superficie de las células cartilaginosas calcificadas. El sitio de deposición ósea en el cartílago se denomina centro de osificación. En el hueso largo ilustrado en la (Figura 5), el centro de osificación se ubica en la porción media y se denomina centro de osificación primario (Roche, 1986). Esta deriva en el eje del hueso, la diáfisis. El continuo desarrollo de la diáfisis implica el establecimiento de la cavidad de la médula y de la placa de crecimiento. La membrana externa de la diáfisis es cubierta por una membrana, el periostio. La superficie de la cavidad de la médula es cubierta por una membrana vascularizada denominada endostio. La placa de crecimiento tiene una fina capa de células cartilaginosas (condrocitos) adyacentes a las células de cartílago hipertrofiadas. A medida que se produce la formación ósea en la región central, las células de cartílago proliferan rápidamente en ambos extremos.

La osificación de las diáfisis de todos los huesos largos y cortos del cuerpo comienza en la vida pre-natal. Estos huesos además tienen uno o más centros de osificación secundarios. Estos centros forman cartílago en los extremos de la diáfisis. Los centros secundarios se desarrollan gradualmente en las epífisis. La ubicación de los centros de osificación secundarios varía en cada hueso. Los huesos principales de las extremidades poseen centros de osificación secundarios en ambos extremos, mientras que los huesos cortos de la mano y los pies solo tienen un centro secundario en uno de sus extremos. El proceso de osificación en los centros de osificación secundarios se produce de la misma manera que, e independientemente del proceso de osificación de los centros primarios.

A medida que crecen los centros de osificación primarios y secundarios de los huesos largos, el cartílago que los separa sufre una progresiva reducción en su grosor, de manera que solo permanece una fina capa de cartílago. Esta capa de cartílago es la placa de crecimiento. La función principal de la placa de crecimiento es el incremento de la longitud del hueso. La finalización del crecimiento óseo se produce cuando se reduce la tasa de proliferación de las células de cartílago en la placa de crecimiento y se incrementa la tasa de osificación. Esto eventualmente resulta en la unión de la diáfisis con su correspondiente epífisis (Figura 5).

II.II.I.XII *Crecimiento óseo.*

Los huesos largos crecen en tamaño y redistribuyen su masa más allá de los ejes naturales, mediante un proceso denominado modelación (Kontulainen et al., 2007a). El incremento en el grosor óseo es el resultado de la formación de periostio óseo. En la superficie externa de los huesos largos, los osteoblastos forman lamelas circunferenciales alrededor de la superficie cortical del hueso. Al mismo tiempo, los osteoclastos en el endostio reabsorben hueso de la superficie endostia alrededor de la cavidad medular (Kontulainen et al., 2007a). Estos dos procesos conjuntamente, incrementan el tamaño óseo y la posición del cortex más allá de los ejes naturales, lo cual incrementará la resistencia del hueso a la flexión. El ritmo y la tasa de incremento de hueso cortical está asociada con el desarrollo puberal y con el sexo (Kontulainen et al., 2007a). En promedio, el incremento en el tamaño del hueso

cortical de la diáfisis tibial es un 10% mayor en los niños que en las niñas (Beck et al., 1990). Los estudios primeros que han descrito diferencias sexuales en el tamaño óseo utilizando técnicas radiográficas del segundo metacarpiano y del fémur (Garn, 1970, Ruff and Hayes, 1983) sugirieron que las diferencias sexuales en el tamaño óseo se establecen durante el período peripuberal, cuando la deposición del periostio incrementa el área de sección cruzada ósea en mayor medida en los niños que en las niñas. En estudios recientes se ha provisto evidencia de que el grosor de la pared cortical (estimado a partir de absorciometría de rayos X de energía dual [DXA]) se incrementa en la diáfisis como resultado de la aposición del endostio en las niñas (Bass et al., 1999) pero no en los niños (Bradney et al., 2000). En contraste, recientes comparaciones transversales de la estructura del hueso cortical mediante tomografía computada cuantitativa (Gilsanz et al., 1997) y resonancia magnética (Hogler et al., 2003) sugirieron que la cavidad medula se incrementa con la maduración y la edad en ambos sexos.

Un aspecto muy importante del crecimiento óseo es la acumulación de mineral óseo debido a su relación con la osteoporosis. En este aspecto, el estudio longitudinal de la Universidad de Saskatchewan sobre Acumulación de Mineral Óseo en Poblaciones Pediátricas, fue el primero en describir las tasas de acumulación de mineral óseo, velocidad de crecimiento linear y las diferencias sexuales en el ritmo y magnitud del desarrollo óseo (Seeman, 2001). En este estudio, la acumulación de mineral óseo fue medida en aproximadamente 200 niños durante 7 años. Un aspecto particular de estos datos es que los investigadores controlaron las diferencias madurativas que son inevitables durante el crecimiento, separando a los niños en grupos de diferente madurez biológica a través del pico de velocidad de crecimiento en talla.

Habiendo controlado las diferencias en la maduración entre los sexos, las curvas de velocidad de la Figura 6 muestran claramente las diferencias sexuales en el ritmo de acumulación de mineral óseo (Khan et al., 2001). El pico de acumulación mineral corporal total se produce 1.4 años antes en las mujeres que en los hombres y además es de menor magnitud (318 ± 58 g/año para las niñas vs 404 ± 96 g para los

niños). Cuando las tasas de acumulación mineral fueron controladas por las diferencias en la maduración, los niños exhibieron una ganancia significativamente mayor durante los dos años circundantes al pico de ganancia ósea en comparación con las niñas y alcanzaron la madurez con un tejido óseo significativamente mayor que las niñas (Bailey et al., 2000). Tanto para los niños como para las niñas, más del 27% del contenido óseo del cuello femoral se estableció durante los dos años que circundan el pico de velocidad de crecimiento en talla y, en promedio, el 26% de la acumulación mineral ósea corporal total del hueso adulto se produjo durante estos dos años críticos (Bailey et al., 2000). Interessantemente, el pico de velocidad de crecimiento en talla se produjo un año antes del pico de velocidad de acumulación mineral ósea tanto en niños como en niñas. Se ha observado que este período de un año coindice con el incremento en fracturas del antebrazo en niños (Bailey et al., 1989). Por esta razón, se ha sugerido que este es el período de fragilidad relativa del esqueleto, cuando hay un alto crecimiento lineal con una “falta” de mineralización ósea (Kontulainen et al., 2007b). Sin embargo, ninguna de las técnicas de imágenes disponibles puede medir con precisión la mineralización ósea y es por ello que se utiliza la densidad de los huesos trabeculares y corticales.

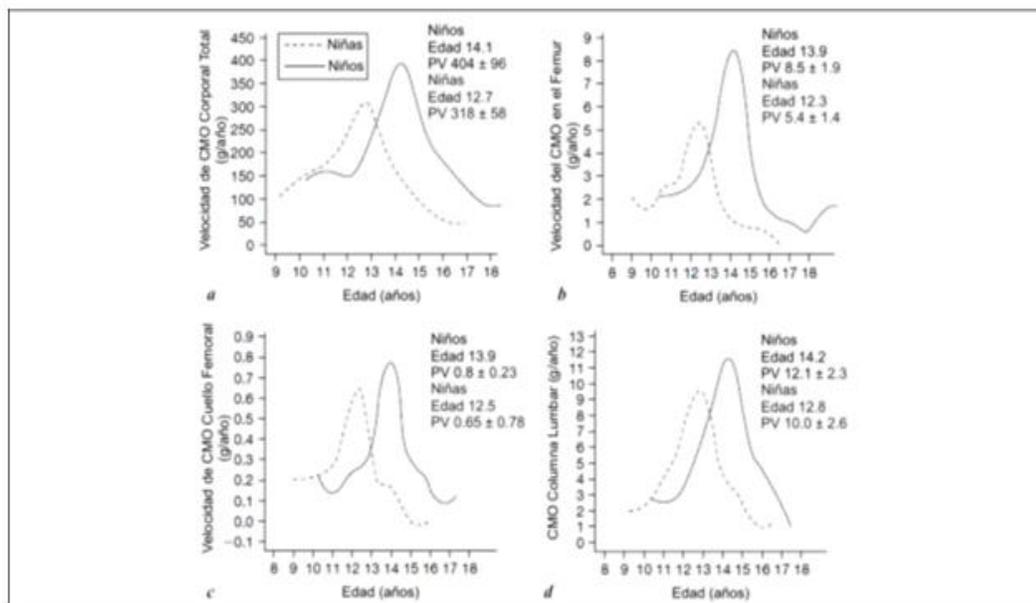


Figura 6. Curvas de velocidad de la acumulación de mineral óseo (CMO) corporal total, para el fémur proximal, el cuello femoral y la columna lumbar en niños y niñas. Obsérvese la diferencia en la magnitud de ganancia de mineral óseo en el pico de la curva entrenamiento.

Un aspecto importante a discutir (y que también se discutirá en la asignatura “Entrenamiento de Capacidades Condicionales en Niños) es si el ejercicio y el deporte tienen el potencial de modificar el crecimiento óseo. En relación con esto se ha observado que la participación deportiva incrementa la densidad mineral ósea (DMO) de las extremidades que soportan el peso corporal de niños pre-púberes en un 10-20% (Bass et al., 1998), lo cual era mayor si el ejercicio precedía el crecimiento puberal (Bradney et al., 1998, Calbet et al., 1998, Vicente-Rodriguez et al., 2003). Por ejemplo, Vicente-Rodriguez et al (2003) valoraron los efectos del ejercicio moderado durante el crecimiento sobre los cambios en la DMO en un período de 8 meses en niños pre-púberes y hallaron un incremento del 2.6% en la DMO corporal total, del 4.3% en la DMO de la columna lumbar y del 9.3% en la diáfisis femoral del grupo que realizó ejercicio, en comparación con el grupo control. En general, los diversos estudios han observado, con diferentes protocolos de ejercicio (de moderada y alta intensidad) y duraciones del estudio, incrementos en la DMO corporal total del 0.6-2.6%, en la DMO de la columna lumbar del 3.8-11.6%, en la DMO de la epífisis femoral del 9.3% y de la DMO del cuello femoral del 4.3-4.5% (Bradney et al., 1998, Fuchs et al., 2001, Laing et al., 2005, Linden et al., 2006, MacKelvie et al., 2002, Mackelvie et al., 2001, MacKelvie et al., 2004, McKay et al., 2000, Petit et al., 2002, Valdimarsson et al., 2006, Van Langendonck et al., 2003). Estos hallazgos indicarían que los niños pre-púberes (tanto varones como mujeres) son capaces de participar en programas de ejercicio vigoroso y exhibir una respuesta positiva por parte de su tejido óseo a través del crecimiento pre-puberal. Previamente hemos definido el estallido de crecimiento puberal como el período de rápido incremento en la talla y el peso. Este estallido de crecimiento puberal está asociado con el cambio en la actividad del hipotálamo con un incremento gradual en la secreción de hormonas gonadotróficas.

La testosterona, la hormona del crecimiento y los factores de crecimiento de tipo insulínico se incrementan durante el período puberal (Bailey et al., 1996)

incrementando el crecimiento y la reabsorción ósea mediante la estimulación de los osteoblastos (Hock et al., 1988). En el caso de las niñas, la producción de estrógenos es baja en las niñas pre-menárquicas lo cual puede hacer que sus huesos exhiban una mayor respuesta a la carga del ejercicio (Jarvinen et al., 2003) e incrementando su tamaño (Seeman, 2001, Zhang et al., 1999). En el caso de los niños púberes se han hallado desde incrementos no significativos a incrementos de la DMO corporal total del 0.8 al 12%, de la DMO de la columna lumbar desde un 0.6-1.8% a 7-16.5% y hasta un 41.7%, y de la DMO del cuello femoral que van desde 2.2% a un 10.4-11.3% y hasta un 24.8% (Blimkie et al., 1996, Iuliano-Burns et al., 2003, Kontulainen et al., 2002, MacKelvie et al., 2003, Mackelvie et al., 2001, Matthews et al., 2006, McKay et al., 2005, Morris et al., 1997, Nichols et al., 2001, Petit et al., 2002, Stear et al., 2003, Witzke and Snow, 2000). La mayoría de estos estudios han reportado efectos positivos del ejercicio sobre el esqueleto, pero debe mencionarse que la magnitud del efecto varió de acuerdo con el sitio medido. Esta evidencia sugiere que la pubertad temprana puede ser particularmente óptima para la adaptación ósea a la carga externa. Las razones de por qué este período puede ser una oportunidad para la adaptación ósea al ejercicio podrían estar relacionadas con la velocidad del crecimiento óseo y con los cambios endócrinos que se producen durante esta etapa.

II.II.I.XIII *Desarrollo del Tejido Muscular Durante el Crecimiento*

El tejido muscular representa la mayor masa de tejido del cuerpo. Existen tres tipos de músculos: los voluntarios (o esqueléticos), los involuntarios (o lisos) y el músculo cardíaco. El músculo esquelético (el centro de esta sección) es el principal tejido que consume energía y provee la fuerza de propulsión para el movimiento y para la actividad física. Jones y Round (2000) sugirieron que la niñez es el período en que los individuos se vuelven progresivamente menos independientes, a nivel físico, de sus padres, hasta la pubertad, momento en el cual los individuos jóvenes igualan o desafían las habilidades físicas de sus parientes (Jones and Round, 2000). El crecimiento de la masa muscular y de la fuerza es esencial para este proceso. Existen tres razones principales para estudiar el crecimiento del músculo humano. Primero,

para complementar el conocimiento acerca de los patrones de crecimiento y el desarrollo de la fuerza en los niños. Segundo, para proveer datos normativos con los cuales juzgar el progreso o el potencial de los niños para el entrenamiento, para la recuperación de lesiones o por cuestiones de discapacidad y, tercero, porque la niñez ofrece una oportunidad única para observar como el tejido muscular sufre el proceso de rápido crecimiento, maduración y desarrollo (Jones and Round, 2000).

II.II.I.XIV El músculo como tejido – desarrollo del tejido muscular

En el feto, las fibras musculares son pequeñas, su número es pequeño y se encuentran separadas por material extracelular (Malina and Bouchard, 1991f). En el momento del nacimiento, las fibras continúan siendo pequeñas, pero se incrementa su número y están empaquetadas más próximamente en los músculos. En los adultos, las fibras musculares poseen un gran diámetro, con poco espacio entre estas. Estos cambios reflejan las alteraciones en la composición química del tejido muscular la cual se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición de agua y electrolitos en el músculo esquelético de humanos, pre y post nacimiento.

	Feto		Infante		Adulto
	13-14 semanas	20-22 semanas	Recién nacido	4-7 meses	
Agua (g/100g)	91	89	80	79	79
Na (meq/kg)	101	91	60	50	36
Cl (meq/kg)	76	66	43	35	22
K (meq/kg)	56	58	58	89	92
P (mmol/kg)	37	40	47	65	59

Con el crecimiento las concentraciones extracelulares de sodio y cloro decrecen y la concentración de constituyentes intracelulares (potasio y fósforo) se

incrementan; el porcentaje de agua también se reduce. La reducción en el contenido relativo de agua (que se aprecia en la Tabla 3) está acompañada por un incremento en el contenido total de nitrógeno. Tanto el nitrógeno no proteico como el nitrógeno contenido en las proteínas sarcoplasmáticas y fibrilares se incrementa como resultado del crecimiento pre natal, lo cual continúa hasta la adultez.

Las proteínas sarcoplasmáticas se reducen durante el desarrollo fetal y luego del nacimiento vuelven a incrementarse. Por otra parte, la contribución de las proteínas fibrilares no sufre mayores cambios durante el desarrollo prenatal, pero se incrementa luego del nacimiento. La tasa a la cual las proteínas fibrilares se acumulan, luego del nacimiento, puede estar influenciada por la actividad funcional del músculo. La cantidad absoluta de nitrógeno extracelular en el tejido muscular se incrementa durante la infancia para luego decrecer hasta alcanzar los valores observados en adultos.

Tabla 4. Concentración de nitrógeno (N) en diversas fracciones del músculo esquelético humano antes y después del nacimiento (g/100g de peso húmedo).

	Feto		Infante		Adulto
	13-14 semanas	20-22 semanas	Recién nacido	4-7 meses	
Nº Total	1.1	1.5	2.1	2.9	3.1
N no Proteico	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
N en Proteínas Sarcoplasmáticas	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
% de N Total	33.0	24.3	18.7	17.2	22.0
N en las Proteínas Fibrilares	0.6	0.9	1.1	1.7	2.0
% de N Total	52.3	57.2	52.2	58.6	65.1
N en Proteínas Extracelulares	0.1	0.2	0.4	0.5	0.1
% de N Total	5.5	11.8	18.2	15.9	4.6

Como porcentaje del contenido total de nitrógeno muscular, la fracción extracelular se incrementa hasta alcanzar un máximo en el momento del nacimiento para luego reducirse hasta un menor nivel en la adultez. En general, el incremento en la contribución relativa del nitrógeno proteico extracelular parece equiparar el incremento pre natal en el número de fibras musculares, y su reducción en la

contribución relativa (luego del nacimiento) parece ocurrir debido al incremento en el tamaño de las fibras.

La diferenciación de una célula muscular es un proceso complejo. En la Tabla 5 se muestran los principales eventos involucrados en la biogénesis desde la célula mesodérmica hasta la célula muscular madura. La división celular (mitosis) no se produce en el desarrollo de los músculos esqueléticos a partir de la etapa de mioblasto. El crecimiento del tejido muscular luego del período embriónico puede dividirse en dos etapas:

- a. Una etapa temprana post embriónica durante la cual los miotubos se desarrollan en fibras musculares e incrementan su longitud y tamaño.
- b. Un período subsiguiente de crecimiento en tamaño y longitud. Esta última etapa puede continuar por un corto período de tiempo luego del nacimiento a medida que las características bioquímicas y fisiológicas del músculo esquelético se desarrollan en la vida post natal.

El número de fibras musculares (tema controversial) se incrementa durante las etapas pre natales y quizás por un corto período de tiempo luego del nacimiento. El número de fibras se duplica entre el último trimestre de gestación y los 4 meses de edad. La extensión del incremento post natal en el número de fibras musculares parece depender del tamaño del niño y de sus estatus de maduración al momento del nacimiento. En general se considera que el incremento post natal en el número de fibras es una extensión de la diferenciación pre natal en el tejido muscular.

Tabla 5. Secuencia de eventos en la miogénesis.

Evento	Definición de la Característica
Célula Mesodérmica	Uno de los tipos de células germinativas
Presunto Mioblasto	Célula mitogénica, mononucleada incapaz de fusionarse o de sintetizar proteínas
Mioblasto	Célula mononucleada no mitogénica, capaz de fusionarse y de sintetizar proteínas miofibrilares
Miotubo	Célula multinucleada resultante de la fusión de mioblastos, puede contener sarcómeros dependiendo de la etapa madurativa de la célula
Fibra Muscular	Célula multinucleada madura con miofibrillas

El desarrollo del tejido muscular es un proceso complejo que implica varias etapas. Las estructuras primitivas de las células musculares se forman a partir de células denominadas miotubos. En el proceso, la formación de nuevas fibras musculares, cada miotubo es rodeado por una capa extracelular. Los mioblastos continúan dividiéndose durante la maduración de las células, y algunos mioblastos quedan atrapados entre la capa y la membrana celular. Estos mioblastos, que se encuentran dentro de la membrana basal son denominados células satélites. Las fibras de los músculos esqueléticos pueden ser reemplazadas individualmente por nuevas fibras musculares derivadas de las células satélites. Estas desempeñan un papel principal en el proceso de hipertrofia (Cerny and Burton, 2001, Moore and Dalley II, 1999, Vierck et al., 2000).

El crecimiento y la maduración inducen incrementos en la masa muscular (Boisseau and Delamarche, 2000). Este incremento en la masa muscular es resultado de la hipertrofia de las fibras musculares. El incremento en la masa muscular con el desarrollo parece ser resultado de la hipertrofia, y este incremento en el tamaño de las fibras es resultado del incremento en las miofibrillas y miofilamentos.

II.III Crecimiento, Maduración y Desarrollo ligado a la Actividad Física y los Deportes

II.III.I Concepto y Valoración de la Maduración Biológica

El concepto de maduración implica el progreso hacia el estado maduro. Cada individuo posee un reloj biológico interno que regula su progreso hacia la madurez. La definición de madurez depende del sistema en estudio, pero el punto importante es que los individuos varían en su nivel de madurez que alcanzan en determinado punto del tiempo (estatus madurativo a una determinada edad) y en el ritmo o la tasa de maduración a través del tiempo. El concepto de tiempo biológico se relaciona con el de tiempo calendario. El crecimiento biológico de un niño y la maduración no necesariamente proceden en concierto con el calendario o con la edad cronológica. Por lo tanto, dentro de un grupo de niños de la misma edad biológica, habrá variación en la edad biológica o en el nivel de madurez biológica alcanzado. Esto es especialmente aparente durante los primeros años de la pubertad, pero también es aparente durante la niñez. Dentro de un grupo de niños habrá algunos que estén biológicamente avanzados respecto de su edad cronológica y otros estarán retrasados. En otras palabras, que dos niños posean la misma edad cronológica no significa que ambos hayan alcanzado el mismo estado de maduración.

En esta sección veremos algunas de las técnicas más comunes empleadas para valorar el estatus madurativo. Está más allá de los propósitos de esta asignatura realizar una descripción detallada de cada una de estas técnicas, lo cual se ampliará en un material de especialización, por lo que aquí solo se mencionarán y explicarán algunos de los métodos utilizados para valorar el estatus madurativo.

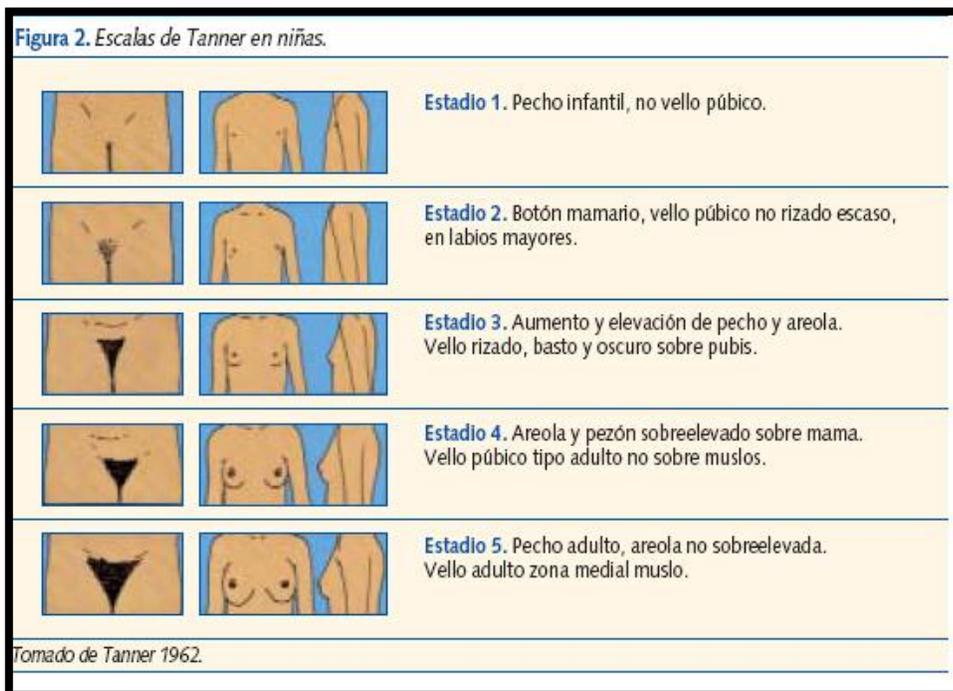


Figura 7. (A) Etapas del desarrollo de los senos en niñas. (B) Etapas del desarrollo genital en niños. (C) Etapas del desarrollo del vello púbico en niñas. (D) Etapas del desarrollo del vello púbico en niños. (Tanner, 1962).

II.III.II Valoración de la madurez sexual.

La valoración de la madurez sexual se basa en el desarrollo de las características sexuales secundarias (desarrollo de los senos y la menarca en las mujeres, del pene y los testículos en los varones y del vello púbico y facial en ambos sexos). La utilización de las características secundarias como indicadores del estatus de maduración es limitada a la fase puberal o adolescente del crecimiento y la maduración. Por lo tanto, estos indicadores tienen limitada aplicabilidad a lo largo del todo el período de crecimiento, en contraste con la madurez esquelética que puede ser monitoreada desde la niñez a la adultez.

El desarrollo de las características sexuales secundarias se resume en cinco escalas para cada sexo. Los criterios más utilizados son el vello púbico, el desarrollo de los senos y la maduración genital descrita por Tanner (1962). En la escala de cinco etapas, la etapa 1 indica el estado de desarrollo pre-puberal (ausencia de desarrollo de las características sexuales secundarias). La etapa 2 indica el desarrollo inicial de las

características sexuales secundarias. Las etapas 3 y 4 indican la continuación de la maduración de cada característica y son algo más difícil de evaluar. La etapa 5 indica la madurez o adultez de cada característica. Las Figuras 10 a-d muestran los criterios para la valoración del desarrollo genital, de los senos y del vello púbico.

II.III.III *Valoración de la madurez somática.*

La utilización de mediciones corporales como indicadores de la madurez requiere de datos longitudinales. Si los datos abarcan los años adolescentes, entonces el momento en que se produce el estallido de crecimiento puberal en dimensiones corporales específicas puede ser utilizado como indicador de la madurez somática. Si se ha predicho la talla adulta, entonces se puede utilizar el porcentaje de la talla adulta alcanzado a diferentes edades durante el crecimiento como indicador del crecimiento.

La edad al pico de velocidad de crecimiento en talla (PHV) es el indicador más utilizado de madurez somática en adolescentes. Como hemos visto previamente, la edad al PHV es la edad a la cual se produce la máxima tasa de crecimiento en talla durante la pubertad. La edad al PHV se deriva mediante el ajuste gráfico o matemático de las curvas de crecimiento a los datos individuales. Dichas curvas son formas convenientes de comparar y caracterizar diferencias individuales o grupales en el crecimiento.

La edad al PHV es un indicador de maduración muy útil para determinar cuándo se produce el máximo crecimiento durante la pubertad. La edad al PHV también sirve de punto de referencia a partir del cual se pueden expresar el tamaño y la velocidad de crecimiento en otras dimensiones corporales y el desarrollo de las características sexuales secundarias. Por ejemplo, en las niñas, la menarca se produce luego del PHV.

II.III.IV *Valoración de la madurez dental.*

La calificación de los dientes permanentes se utiliza para estimar la etapa de maduración dental de la misma manera que la valoración de la madurez esquelética. Los criterios para la valoración de siete dientes permanentes en un cuadrante de la

boca han sido desarrollados por Demirjian en el Centro de Investigación del Crecimiento Humano de la Universidad de Montreal. Al igual que con la definición de etapas específicas de la maduración ósea en el método de Tanner-Whitehouse para la valoración de la madurez esquelética, se describen etapas específicas para cada diente a medida que pasa desde el comienzo de la calcificación hasta la formación de la raíz y el cierre eventual del ápex de la raíz. En este caso, se le asignan valores a cada etapa y la suma de los valores provee una indicación de la maduración dental que puede ser convertida en edad dental de manera similar a lo que se realiza con la edad esquelética.

II.III.V Interrelaciones entre los indicadores de la madurez.

A esta altura podríamos preguntarnos si los indicadores de la maduración esquelética, sexual, somática y dental de los niños miden la misma clase de madurez biológica. En general, los indicadores de la madurez esquelética, sexual y somática descritos están relacionados unos con otros. La madurez dental, por otro lado, no está tan estrechamente relacionado con estos indicadores y tiende a proceder independientemente de la maduración esquelética, sexual y somática (Malina and Bouchard, 1991a). La madurez esquelética está relacionada con el desarrollo de las características sexuales secundarias y con el pico de velocidad de crecimiento en talla. Si bien la edad esquelética puede variar tanto como la edad cronológica, a medida que avanza la maduración sexual y comienza el estallido de crecimiento puberal, la maduración esquelética se relaciona más estrechamente con estos eventos de la maduración. La madurez esquelética en los primeros años de la pubertad, 9-10 años en las niñas y 11-12 años en los niños, no está altamente relacionado con los índices de la maduración sexual y somática. Sin embargo, a medida que progresa la adolescencia, la madurez esquelética se relaciona cada vez más con estos índices, probablemente debido al control hormonal que se produce en las fases pre-puberales y puberales del desarrollo (Malina and Bouchard, 1991a). El crecimiento pre-puberal y la maduración esquelética dependen principalmente de la estimulación de la hormona del crecimiento, mientras que la maduración sexual, el estallido de

crecimiento puberal en la talla y las etapas finales de la maduración esquelética (unión de la epífisis) se encuentran bajo la influencia tanto de la hormona del crecimiento como de las hormonas esteroides. Por lo tanto, si bien la valoración de algunos indicadores de la madurez de un sistema (por ejemplo, el esquelético o el sexual) puede darnos una indicación del estatus de maduración de los otros sistemas, se debe tener precaución en la interpretación de los datos.

II.III.VI Variabilidad en los Estados Madurativos: Maduración Precoz, Tardía y Clásica.

La variación en el crecimiento asociada con la maduración es más aparente en los extremos del continuum de maduración. Los niños comúnmente son agrupados en las categorías de maduración precoz, promedio (clásica) y tardía en base a la edad esquelética, edad de la menarca, de las características sexuales secundarias o de su estatus de crecimiento.

Si se utiliza la edad esquelética como criterio, un niño cuya edad esquelética se encuentra dentro de ± 1 año de su edad cronológica será clasificado como promedio. Un niño cuya edad esquelética sea más de un año mayor que la edad cronológica será clasificada como precoz y un niño cuya edad esquelética sea más de un año menor que la edad cronológica será clasificada como tardío. Si se dispone de la edad de la menarca en niñas, estas pueden dividirse en las mismas categorías de acuerdo con este parámetro. Por ejemplo, asumiendo que la edad promedio de la menarca en este grupo de niñas es de 13 años, aquellas que hayan tenido su menarca dentro del período de ± 1 año de este suceso (es decir, entre los 12-14 años) serán clasificadas como promedios. Las niñas que hayan tenido su menarca antes de los 12 años serán clasificadas como precoces y las que hayan tenido su menarca luego de los 14 serán clasificadas como tardías. Este procedimiento puede repetirse con cualquiera de los indicadores de la maduración, ya sea el pico de velocidad de crecimiento en talla o las características sexuales secundarias. Claramente, estos procedimientos tienen sus limitaciones y un cierto grado de arbitrariedad, no obstante, sirven para ilustrar las variaciones en el crecimiento asociadas con la maduración.

II.IV Edad Cronológica y Edad Biológica

II.IV.I Diferencias.

De lo que se ha venido exponiendo debería quedar claro qué edad cronológica no es lo mismo que edad biológica. A lo largo de todo el manuscrito hemos visto que la edad cronológica no es un buen parámetro para estimar el estatus de maduración de un niño o niña. Este es un punto muy importante a tener en cuenta, ya que generalmente se suele dividir a los niños en grupos de edades para el entrenamiento y la competición en lugar de tener en cuenta la maduración biológica. También hemos visto que es difícil hablar de una única edad biológica ya que podríamos hablar de edad esquelética, edad de la menarca, edad al pico de velocidad de crecimiento en talla, etc. Lo importante es comprender qué edad biológica \neq edad cronológica. Los entrenadores, docentes, preparadores físicos, padres y dirigentes deportivos deberían estar al tanto de esta situación y establecer calendarios competitivos y de entrenamiento en base al desarrollo madurativo de los niños y no en base a su edad cronológica.

II.V Desarrollo de Capacidades Condicionales en Niños y Adolescentes

Entrenamiento de la Fuerza en Niños y Adolescentes. Entrenamiento con Sobrecarga en Niños ¿es Seguro?

A pesar de las dudas expresadas por los padres, entrenadores preparadores físicos, que naturalmente desean proteger a los niños ante cualquier potencia riesgo de lesión, es importante señalar que el entrenamiento con sobrecarga puede ser una actividad segura para niños y adolescentes. Si bien existen reportes de lesiones en niños que realizaron entrenamientos con sobrecarga (Risser et al., 1990, Risser, 1991, Mazur et al., 1993), una inspección más cercana a estos estudios revela que la

mayoría de las lesiones se produjeron cuando los niños o adolescentes intentaron utilizar técnicas de levantamiento para las que tenían insuficiente destreza o fuerza (Tolfrey, 2008). Sin embargo, la principal causa de lesiones parece ser la ausencia de una supervisión apropiada durante la utilización de pesos libres. Otra de las causas relacionadas con el temor al riesgo de lesión que podría inducir este tipo de ejercicio fueron los datos generados por la Consumer Product Safety Commission del Electronic Injury Surveillance System (NEISS) de los Estados Unidos. El NEISS utiliza datos de diferentes centros de emergencias para hacer proyecciones a nivel nacional del total de lesiones asociadas con ejercicio y equipamientos. Sin embargo, los datos del NEISS se basan en lesiones que, según los pacientes, estuvieron relacionadas con ejercicios con sobrecarga o el equipamiento, y por lo tanto, es incorrecto concluir que las lesiones fueron causadas por dichas actividades o dispositivos (Faigenbaum et al., 2009).

Como se mencionó previamente, muchas de las lesiones reportadas fueron en realidad provocadas por técnicas de entrenamiento inapropiadas, carga excesiva, mal estado del equipamiento, o falta de supervisión adecuada. Además, en estudios científicos bien controlados diseñados para incrementar la fuerza muscular utilizando programas de entrenamiento no se han reportado lesiones de ningún tipo. Es importante señalar que este potencial riesgo de lesiones con el entrenamiento con sobrecarga no es una característica única de los niños, sino que en los adultos se da la misma situación. En tres estudios publicados se han reportado lesiones asociadas al entrenamiento con sobrecarga en niños: Una contractura del hombro resuelta con una semana de reposo (Rians et al., 1987), una contractura en los músculos del hombro que resultó en la pérdida de una sesión de entrenamiento (Lillegard et al., 1997) y la aparición de un dolor inespecífico en la parte anterior del muslo resuelto con 5 minutos de reposo (Sadres et al., 2001).

El entrenamiento con sobrecarga, al igual que la mayoría de las actividades físicas, acarrea cierto riesgo inherente de lesiones músculo-esqueléticas, aunque debe destacarse que este riesgo no es mayor que el observado en otros deportes y actividades recreacionales en las que participan niños y adolescentes (Faigenbaum et

al., 2009). Por ejemplo, en un estudio prospectivo en el que se evaluó la incidencia de lesiones asociadas al deporte en jóvenes de edad escolar durante un período de un año (Zaricznyj et al., 1980), se observó que el entrenamiento con sobrecarga resultó en el 0.7% de 1576 lesiones, mientras que el fútbol americano, el básquetbol y el fútbol resultaron en aproximadamente un 19%, 15% y 2% del total de lesiones. En general, las lesiones asociadas con el entrenamiento de la fuerza en atletas de colegios secundarios parecen implicar una muy rápida progresión de las cargas de entrenamiento o una técnica inadecuada de los ejercicios (Brady et al., 1982, Brown and Kimball, 1983, Gumbs et al., 1982, Ryan and Saliccioli, 1976). Si bien los datos que comparan la seguridad relativa del entrenamiento de la fuerza, la halterofilia y otros deportes son limitados, la evaluación retrospectiva de las tasas de lesiones en adolescentes revela que el entrenamiento de la fuerza y la halterofilia son actividades marcadamente más seguras que otros deportes y actividades físicas (Hamill, 1994).

En este estudio llevado a cabo por Hamill (1994), la tasa total de lesiones por cada 100 horas de participación deportiva fue de 0.800 para el rugby, del 0.012 para el entrenamiento con sobrecarga y 0.013 para la halterofilia. Con instrucción calificada y una progresión adecuada del programa de entrenamiento, diversos investigadores han reportado ganancias significativas en la fuerza muscular sin reportar lesiones provocadas por movimientos de la halterofilia (arranque, envión y derivados de estos ejercicios) en niños y adolescentes (Faigenbaum et al., 2007b, Gonzalez-Badillo et al., 2005, Sadres et al., 2001). En respaldo a estas observaciones, otros investigadores han evaluado la incidencia de lesiones en halterófilos jóvenes y concluyeron que la halterofilia competitiva puede ser un deporte relativamente seguro para niños y adolescentes siempre y cuando se sigan las normas de entrenamiento adecuadas para la edad y se provea de entrenadores calificados para el trabajo con niños y adolescentes (Byrd et al., 2003). Debido a que los movimientos de la halterofilia implican patrones de activación neural más complejos que otros ejercicios con sobrecarga, la niñez puede ser el momento ideal para desarrollar la coordinación y las destrezas técnicas para realizar estos movimientos en forma correcta (Dimitrov, 1993).

Una preocupación tradicional relacionada con el entrenamiento de la fuerza en niños es el potencial daño inducido por el entrenamiento a los cartílagos de crecimiento, el cual se halla en tres sitios principales del cuerpo de un niño en crecimiento: en las placas de crecimiento cerca de los extremos de los huesos largos; los cartílagos que recubren las superficies articulares (cartílago articular) y los puntos en donde los tendones se unen a los huesos (apófisis) (Micheli, 2006). Debido a que el cartílago es hueso en crecimiento, es más débil que el tejido conectivo adyacente y por lo tanto puede dañarse más fácilmente por microtraumas repetidos (Micheli, 2006). En algunos casos, el daño de esta área del hueso puede resultar en la pérdida de tiempo de entrenamiento, en una incomodidad significativa y en alteraciones del crecimiento (Caine et al., 2006). Si bien algunos reportes retrospectivos de casos publicados en las décadas de 1970 y 1980 observaron lesiones de los cartílagos de crecimiento durante la pre adolescencia (Gumbs et al., 1982) y la adolescencia (Brady et al., 1982, Gumbs et al., 1982, Jenkins and Mintowt-Czyz, 1986, Rowe, 1979, Ryan and Saliccioli, 1976), la mayoría de estas lesiones se debieron a técnicas inapropiadas de levantamiento, esfuerzos máximos o la falta de supervisión adulta calificada (Faigenbaum et al., 2009). Sin embargo, hasta la fecha no se han reportado lesiones en el cartílago de crecimiento en ningún estudio prospectivo de entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes. Además, no existe evidencia para sugerir que el entrenamiento con sobrecarga pueda impactar negativamente el crecimiento y la maduración durante la niñez y la adolescencia (Falk and Eliakim, 2003, Malina, 2006). Las potenciales lesiones por uso repetido de los tejidos blandos es otra de las preocupaciones asociadas con el entrenamiento de sobrecarga en niños y adolescentes.

En este sentido, si bien existen algunos reportes que indican que se ha incrementado la tasa de dolor lumbar en adolescentes (Andersen et al., 2006, Jeffries et al., 2007), se deben tener en cuenta diversos factores cuando se evalúan estos datos tales como la técnica de ejercicio y la progresión del entrenamiento, la importancia de la aptitud física general y la salud de la columna lumbar. En conclusión, cualquier ejercicio o actividad física para niños y adolescentes tiene sus riesgos y beneficios. El

riesgo de lesión asociada con el entrenamiento de sobrecarga o la halterofilia puede minimizarse proveyendo supervisión calificada, un diseño apropiado del programa de entrenamiento, una progresión lógica y la cuidadosa selección del equipamiento para el entrenamiento. Además, los riesgos de lesiones pueden minimizarse limitando el número de levantamientos con cargas pesadas durante una sesión, permitiendo la adecuada recuperación entre las sesiones de entrenamiento, y escuchando las preguntas y preocupaciones de los niños. No existen razones de seguridad justificadas que eviten que los niños o adolescentes participen de un buen programa de entrenamiento con sobrecarga. Es decir, los hallazgos actuales provenientes de estudios prospectivos sobre entrenamiento con sobrecarga indican un bajo riesgo de lesión en niños y adolescentes siempre y cuando se sigan las guías de entrenamiento adecuadas para la edad. La actual posición de la NSCA (National Strength and Conditioning Association) es que:

- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado es seguro para los niños y adolescentes.
- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado puede mejorar la fuerza y la potencia en niños y adolescentes
- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado puede reducir los riesgos de enfermedades cardiovasculares en los jóvenes
- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado puede mejorar el rendimiento motor y contribuir a la mejora del rendimiento deportivo de niños y adolescentes
- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado puede reducir los riesgos de lesiones asociadas a la participación deportiva en niños y adolescentes
- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado puede ayudar a mejorar el bienestar psico-social de los niños y adolescentes

- Un programa de entrenamiento con sobrecarga apropiadamente diseñado y supervisado puede promover hábitos saludables y desarrollar hábitos de ejercicio durante la niñez y la adolescencia.

II.VI Entrenamiento con Sobrecarga en Relación con el Crecimiento y la Maduración

Es difícil juzgar si la maduración física o la edad influyen la entrenabilidad de la fuerza debido a la falta de uniformidad en las características de los entrenamientos, los métodos de evaluación, y las características demográficas de los participantes que han sido comparados en diferentes estudios (Tolfrey, 2008). El estudio llevado a cabo por Vrijens (1978) con frecuencia es citado en diferentes revisiones, comentarios y artículos de investigación ya este autor sugirió que antes del comienzo de la pubertad (al menos en niños) no era posible incrementar la fuerza muscular mediante el entrenamiento con sobrecarga (Vrijens, 1978). Vrijens (1978) sugirió que el aparente efecto de la maduración se debía a la diferencia en las hormonas androgénicas. Desde su publicación original, este estudio ha ganado cierta notoriedad debido a muchos estudios con niños pre púberes (y también con niñas) han provisto evidencia de lo contrario (Tolfrey, 2008). Hasta la fecha solo un estudio ha utilizado métodos reconocidos para estimar la maduración física en grupos experimentales que completaron un programa idéntico de entrenamiento con sobrecarga de volumen suficiente como para inducir ganancias de fuerza (Pfeiffer and Francis, 1986). Sin embargo, la comparación entre 9 adultos jóvenes, 14 niños pre púberes y 10 niños púberes es un tanto difícil de descifrar a pesar de indicación de los autores de que solo 3 de los 16 test de fuerza resultaron en mayores ganancias para el último grupo de maduración (Pfeiffer and Francis, 1986).

Los cambios fisiológicos de crecimiento muscular en los varones durante las primeras etapas de la pubertad son atribuidos principalmente al incremento de los niveles de andrógenos de los jóvenes. Estos cambios son observados usualmente después de la edad de 11 años, correlacionando con los cambios en los estadios de

desarrollo, y son considerados significativos en el crecimiento funcional del tejido muscular.

El máximo incremento de fuerza parece establecerse entre los 13 y 15 años, bajo la influencia de las hormonas masculinas por lo que respecta a los niños. La diferencia entre sexos aumenta en el último estadio de la adolescencia (Navarro, 1997). Una cuestión interesante en el estudio del desarrollo de la fuerza se refiere a la relación entre el pico de desarrollo de la fuerza y el pico de desarrollo del crecimiento en estatura y peso.

La secuencia indicada parece confirmar la teoría de que el músculo se desarrolla primero en tamaño y unos cuantos meses después en fuerza. Puede ocurrir (Tanner, 1962), que el crecimiento en tamaño muscular y en fuerza coincidan, pero de no coincidir se formula que primero crece la masa muscular y después la fuerza. Ello sugiere, de acuerdo a Tanner (1962), que las ganancias de fuerza no dependen exclusivamente del desarrollo de la masa muscular, que es el factor que más contribuye en la ganancia de fuerza, como pueden ser resultado de la influencia de terceros factores en la maduración de fuerza, citándose como probables los efectos adrenocorticales y de hormonas sexuales en la estructura de la proteína y el sistema enzimático de las fibras musculares, además de otros factores neurales (Serrano y López, 2005), como podría ser: el proceso de mielinización; el incremento de la coordinación de los músculos sinergistas y antagonistas; el incremento de la habilidad para activar completamente los músculos, aunque solo esta última hipótesis parece haber sido adecuadamente evaluada (Kraemer et al., 1989, Van Praagh and Dore, 2002).

Los niños tienden a ser más fuertes que las niñas, especialmente con los miembros superiores. Jones (1949) en Tanner (1978) y las diferencias son mayores con la edad. Las ganancias extra de fuerza durante la pubertad sobre los varones se deben al aumento de las hormonas masculinas que influyen en el aumento de la musculatura (Navarro, 1997). Sin embargo, los valores medios de las mujeres no aumentan después de la pubertad Parece existir (Navarro, 1997) un acuerdo casi general de que la mejora de la fuerza en cualquier edad es por medio de un

entrenamiento de fuerza sistemático y progresivo. La mayoría de las investigaciones científicas indican que los niños pueden incrementar su fuerza muscular por encima y más allá del crecimiento y la maduración, si el programa de entrenamiento de la fuerza es suficiente en duración e intensidad (Faigenbaum et al., 1996, Faigenbaum et al., 2001, Falk and Tenenbaum, 1996). Además, los programas de entrenamiento de la fuerza para jóvenes pueden influenciar favorablemente las habilidades de rendimiento motor y la evidencia preliminar sugiere que el entrenamiento de la fuerza en jóvenes puede aumentar el rendimiento en los deportes y disminuir el riesgo de lesiones (ACSM, 1993, Faigenbaum et al., 1996, Faigenbaum et al., 2001).

Las ganancias de fuerza, en términos relativos (o de porcentaje) son similares en niños pre, peri y postpuberales, e incluso superiores para los niños prepuberales (Malina and Bouchard, 1991). No obstante, se sabe que los mecanismos y adaptaciones al entrenamiento contra-resistencia son distintos en las diferentes edades (Beunen, 2000; Kanehisa et al., 1995; Ramsay et al., 1990; Ozmun et al., 1994; Payne et al., 1997; Blimkie, 1992). Numerosas investigaciones experimentales con niños y niñas prepuberales (Bennell et al., 2001; O’Nam et al., 2000; Witzke and Snow, 2000; Faigenbaum y col., 1997; Hetzler et al., 1997; Faigenbaum et al., 1996; Falk and Mor, 1996; Katic, 1995; Ozmun et al., 1994; Faigenbaum et al., 1993; Ramsay et al., 1990), así como diversos estudios meta-analíticos (Payne et al., 1997; Falk and Tenenbaum., 1996), son coincidentes en similares resultados: el entrenamiento de fuerza en la edad prepuberal es efectivo, esto es, que se alcanzan mejoras significativas en el desarrollo de la fuerza, sin que existan por lo demás riesgos asociados cuando se hace una correcta supervisión y prescripción. Tal y como ya se ha expuesto, con el acontecer de la pubertad se produce un incremento natural de los niveles de hormonas sexuales que incrementan la actividad anabólica de los músculos. Las ganancias de fuerza debidas al entrenamiento en estas edades se logran fundamentalmente por un efecto hipertrófico del área de sección muscular, mucho más acentuado en el género masculino que en el femenino. Los estudios experimentales realizados con grupo de control constatan un efecto diferencial del entrenamiento de resistencia muscular en la actividad anabólica y andrónica de

niños peripuberales y postpuberales, en los cuales el entrenamiento genera una mayor actividad anabólica que en los niños prepúberales (Tsolakis et al., 2000). Asimismo, se ha encontrado una fuerte correlación de las ganancias de fuerza con el área de sección muscular (Kanehisa, et al.).

II.VII Adaptaciones al Entrenamiento con Sobrecarga en Niños y Adolescentes

Las mejoras de la fuerza y en la hipertrofia muscular en adultos están relacionadas con una interacción entre mecanismos hormonales y neurales. Sin embargo, en los niños pre-púberes, la hipertrofia muscular no es considerada como uno de los principales factores que promuevan el incremento de la fuerza. Cuando un adulto lleva a cabo un entrenamiento con sobrecarga, las ganancias en la fuerza, en las primeras tres a cinco semanas, se producen principalmente a través de mecanismos neurales, y luego de este período a través del incremento en el tamaño de las fibras musculares (Morse et al., 2008).

Las adaptaciones morfológicas luego del entrenamiento con sobrecarga incluyen el incremento en el tamaño muscular, principalmente al incremento del tamaño de las fibras musculares y a cambios en la composición del tipo de fibras musculares y en el tejido conectivo, así como también debido a cambios estructurales en los músculos (Behm et al., 2008). Comúnmente los cambios morfológicos implican que la masa muscular se ha incrementado o que se ha producido hipertrofia. Esta ha sido una observación común en adultos, pero no en niños o adolescentes. Si bien hemos visto que el entrenamiento con sobrecarga es efectivo para incrementar la fuerza muscular en niños y adolescentes, los cambios reportados en la masa muscular han sido relativamente pequeños entre los estudios (Behm et al., 2008).

Los programas de entrenamiento con sobrecarga no parecen influenciar el crecimiento en talla o peso de los niños pre púberes o de los niños que recién se encuentran en la pubertad, mientras que los cambios en la composición corporal, considerando la masa muscular y grasa, son mínimos (Falk and Eliakim, 2003, Malina, 2006, Sadres et al., 2001). Los estudios que han examinado la hipertrofia muscular en niños y adolescentes, generalmente han utilizado técnicas

antropométricas y han provisto limitada evidencia de hipertrofia en adolescentes (Lillegard et al., 1997) y no han provisto evidencia de hipertrofia muscular en niños (McGovern, 1984, Ozmun et al., 1994, Ramsay et al., 1990, Sailors and Berg, 1987, Siegel et al., 1989) como consecuencia del entrenamiento con sobrecarga. Si bien, dos estudios que utilizaron métodos sensibles de medición (resonancia magnética y ultrasonido) han sugerido que es posible que se pueda producir hipertrofia en los niños (Fukunaga et al., 1992, Mersh and Stoboy, 1989) podría ser prematuro concluir que el entrenamiento con sobrecarga induce hipertrofia en los niños. Sin embargo, estos dos estudios presentan el prospecto de que la hipertrofia muscular es posible entre los niños, aunque estos pequeños cambios potenciales pueden ser difíciles de medir (Behm et al., 2008). Es interesante señalar que, si se produjera hipertrofia muscular en los niños, esta se debería principalmente a la hipertrofia de las fibras musculares y esto es resultado del crecimiento (incremento en las proteínas contráctiles) y proliferación (incremento en el número) de miofibrillas, así como también de la activación de las células satélite al comienzo del entrenamiento con sobrecarga (Folland and Williams, 2007), aunque estos mecanismos no han sido estudiados en niños.

Diversos estudios han reportado un incremento en el número de fibras tipo IIa y la concomitante reducción de fibras tipo IIx en adultos (Campos et al., 2002, Hather et al., 1991, Staron et al., 1990), sugiriendo cambios sutiles en los tipos de fibras, pero esto no ha sido examinado en niños y adolescentes. Por último, recientes estudios han provisto fuerte evidencia del incremento en el ángulo de penación luego del entrenamiento con sobrecarga (Aagaard et al., 2001, Kanehisa et al., 2002, Kawakami et al., 1995) permitiendo un mayor empaquetamiento miofibrilar e incrementando el área de sección cruzada fisiológica; no obstante, aún no se han examinado los efectos del entrenamiento con sobrecarga sobre estas características musculares en los niños. Por lo tanto, a pesar de su potencial existencia en los niños, adolescentes y adultos, las adaptaciones morfológicas descritas previamente solo explican una pequeña porción de los incrementos observados en la fuerza muscular entre niños y adolescentes.

En relación con las adaptaciones neurales, los datos sugieren que desempeñan un rol significativo (Ozmun et al., 1994, Ramsay et al., 1990). Solo en base a la falta de evidencia de hipertrofia muscular observada en algunos estudios, las ganancias de fuerza han sido atribuidas a adaptaciones neurológicas y neuromotoras (Blimkie, 1992, Blimkie et al., 1996, Sailors and Berg, 1987). Esto ha sido respaldado por las observaciones realizadas en diversos estudios. Por ejemplo, Ozmun et al (1994) observaron que, luego de un programa de entrenamiento de 8 semanas en 8 niños pre-púberes, se produjo una mejora del 27.8% y del 22.6% en la fuerza isocinética e isotónica de los brazos, respectivamente (Figuras 8a y 8b). Al mismo tiempo se observó un incremento en la amplitud del EMG del 16.8% lo que muestra la posibilidad de una mejora de la actividad neural con el entrenamiento de la fuerza en niños. Ramsay et al (1990) trató de identificar si los cambios en la fuerza muscular se debieron a la hipertrofia y/o a la actividad neurológica. Para ello 13 niños realizaron un programa de entrenamiento con sobrecarga de 20 semanas de duración. En este estudio el entrenamiento resultó en un incremento del 13.2% y del 17.4% en la actividad de las unidades motoras de los flexores del codo y de los extensores de la rodilla, respectivamente.

II.XIII *Valoración de la madurez esquelética.*

La maduración esquelética es quizás uno de los mejores métodos para valorar la edad biológica o el estatus madurativo. El esqueleto es un indicador de madurez debido a que su desarrollo cubre todo el período de crecimiento. En la vida pre-natal el esqueleto se desarrolla a partir de cartílago y llega a su completo desarrollo óseo en la adultez joven. Por lo tanto, se conoce el punto inicial y final del proceso de maduración, debido a que la estructura esquelética de todos los individuos progresa de cartílago a hueso. El progreso de maduración del esqueleto se puede monitorear con el uso cuidadoso y juicioso de radiografías estandarizadas. Los huesos de la mano y la muñeca son los principales huesos para valorar la madurez del niño en desarrollo (Malina and Bouchard, 1991a). La valoración de la madurez esquelética a partir de radiografías de la muñeca y de la mano se basa en cambios observables en

el esqueleto en desarrollo que pueden ser fácilmente evaluadas en una radiografía estandarizada. Tradicionalmente se utilizan radiografías de la mano-muñeca de la extremidad izquierda. Una simple lectura de la edad esquelética informa acerca de la madurez relativa de un individuo en un momento particular de su vida y, en forma integrada con otras variables clínicas, permite determinar si el crecimiento es avanzado, normal o retardado. En niños normales, la edad esquelética esta aproximadamente dentro del 10% de la edad cronológica (Gilsanz and Ratib, 2005). La mayor discordancia entre la edad esquelética y la edad cronológica se observa en niños que son obesos o en aquellos que comienzan la pubertad a una edad cronológica temprana. Entre las aplicaciones clínicas de la valoración de la madurez esquelética se encuentran el diagnóstico de desórdenes de crecimiento y la predicción de la talla adulta.

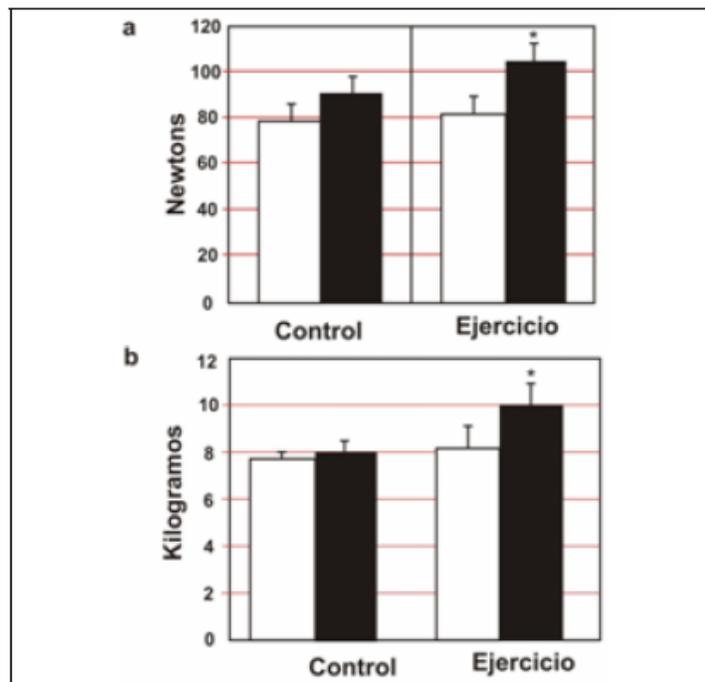


Figura 8. Fuerza isocinética de los flexores del codo.
(b) Fuerza isotónica de los flexores del codo. Las barras blancas representan los valores pre ejercicio y las barras negras las barras post ejercicio.

Dado que no se observaron incrementos correspondientes en el tamaño muscular, los datos resultantes sugieren una mejora en la tensión específica de

contracción (fuerza por área de sección cruzada muscular) (Ramsay et al., 1990). Se cree que las adaptaciones neurológicas se producen predominantemente en las primeras fases del entrenamiento. Esto es respaldado por los hallazgos de Ramsay et al (1990) quienes observaron un mayor incremento en la activación de las unidades motoras en niños en las primeras 10 semanas de entrenamiento que en las segundas 10 semanas. Folland y Williams (2007) sugirieron que la magnitud de este aprendizaje depende del nivel de actividad física previo y de la experiencia en la tarea específica. Esto podría sugerir que los niños que comienzan más temprano con el entrenamiento de la fuerza y que son menos experimentados que los adultos, exhibirán mayores adaptaciones neurológicas en respuesta al entrenamiento con sobrecarga.

La especificidad del entrenamiento no ha sido investigada en niños. En adultos, generalmente se recomienda un programa con altas cargas y bajas repeticiones para incrementar la fuerza máxima. Sin embargo, Faigenbaum et al (1999) observaron, en niños de 5-12 años, incrementos similares en la fuerza máxima con programas de entrenamiento de cargas altas y bajas repeticiones y con un entrenamiento de cargas bajas y altas repeticiones. Por lo tanto, las adaptaciones al entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes podrían ser explicadas, en parte por la hipertrofia muscular (teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas), pero especialmente en niños, se explican principalmente por adaptaciones neurológicas tales como el incremento en la activación de las unidades motoras. Esta última probablemente tiene una mayor contribución relativa en acciones musculares multiarticulares que en contracciones isométricas.

II.IX Adaptación Funcional de la Estructura Esquelética al Estrés del Ejercicio con Sobrecarga

A pesar de los temores tradicionales de que el entrenamiento con sobrecarga podría dañar la estructura ósea de los niños, las observaciones actuales sugieren que la niñez y la adolescencia pueden ser el momento oportuno para que los procesos de modelación y remodelación ósea respondan a las fuerzas de tensión y compresión

asociadas con actividades en las que se debe soportar peso (Bass, 2000, Hind and Burrows, 2007, Turner and Robling, 2003). Si se siguen las guías específicas para la edad del entrenamiento con sobrecarga, así como también las recomendaciones nutricionales (ejemplo, una adecuada ingesta de calcio), la participación regular en un programa de entrenamiento con sobrecarga puede maximizar la densidad mineral ósea durante la niñez y la adolescencia (Turner and Robling, 2003, Volek et al., 2003, Vicente-Rodriguez, 2006). Además, no existen efectos adversos del entrenamiento con sobrecarga sobre el crecimiento lineal de niños y adolescentes. Los resultados de diversos estudios de investigación indican que la participación regular en el deporte y en programas especializados para la mejora de la aptitud física que incluyan un programa de entrenamiento con sobrecarga puede ser un potente estímulo osteogénico en los jóvenes (Bass et al., 1998, Benson et al., 2006, Conroy et al., 1993, MacKelvie et al., 2004, McKay et al., 2005, Morris et al., 1997, Nichols et al., 2001, Virvidakis et al., 1990, Ward et al., 2005). Se ha reportado que los levantadores de pesas adolescentes exhiben niveles de densidad mineral ósea y contenido mineral óseo mucho mayor que los niños de control de la misma edad (Conroy et al., 1993, Virvidakis et al., 1990). La exposición repetida a la carga física en deportes tales como la gimnasia también ha mostrado inducir mayores densidades minerales óseas en los atletas jóvenes en comparación con los atletas de control (Bass et al., 1998, Ward et al., 2005).

Un estudio mostró que las actividades físicas realizadas en la escuela y que incluían entrenamientos pliométricos mejoraron la masa ósea del fémur proximal en niños. Si bien, la masa ósea pico está influenciada por la genética, la participación regular en deportes de alto impacto y en ejercicios especializados, tales como los realizados durante el entrenamiento con sobrecarga, pueden tener un efecto deseable sobre la salud ósea de los niños y adolescentes (Behm et al., 2008). Aparentemente la respuesta osteogénica al ejercicio en los niños puede mejorarse prescribiendo, de forma lógica, ejercicios con sobrecarga múltiarticulares de intensidad moderada a alta (e.g., press de banca, sentadillas y movimientos de la halterofilia) y ejercicios pliométricos (e.g., saltos y rebotes).

II.X Pautas Metodológicas para el Entrenamiento con Sobrecarga en Niños

Si bien no existe una edad mínima requerida para que los niños comiencen con el entrenamiento de sobrecarga, todos los participantes deben estar mental y físicamente listos para cumplir con las instrucciones del entrenador y para soportar el estrés de un programa de entrenamiento. En general, si un niño está listo para participar en el deporte (comúnmente a los 7-8 años) entonces está listo para participar de un programa de entrenamiento con sobrecarga. La instrucción y supervisión debería ser dada por adultos calificados que comprendan las normas del entrenamiento con sobrecarga y reconozcan la singularidad física y psicosocial de los niños y adolescentes.

Tabla 6. *Guía práctica para el entrenamiento con sobrecarga en niños.*

- Proveer instrucción y supervisión calificada
- Asegurar un ambiente de entrenamiento seguro y libre de peligros
- Comenzar cada sesión de entrenamiento con una entrada en calor dinámica de 5-10 minutos
- Comenzar con cargas relativamente bajas y siempre enfocarse en la correcta ejecución técnica de los ejercicios
- Realizar 1-3 series de 6-15 repeticiones en diversos ejercicios para el tren superior e inferior
- Incluir ejercicios específicos que fortalezcan la región abdominal y lumbar
- Enfocarse en el desarrollo muscular simétrico y en el equilibrio apropiado entre las articulaciones
- Realizar 1-3 series de 3-6 repeticiones en diversos ejercicios para el tren superior e inferior
- Realizar una progresión lógica del programa de entrenamiento dependiente de las necesidades, objetivos y capacidades de los niños
- Incrementar la carga en forma gradual (5-10%) a medida que mejora la fuerza
- Realizar la vuelta la calma con ejercicios de estiramientos estáticos
- Escuchar las necesidades y preocupaciones de los niños durante la sesión de entrenamiento
- Comenzar con el entrenamiento de sobrecarga 2-3 veces por semana en días no consecutivos
- Utilizar diarios de entrenamiento individualizados para monitorear el progreso en el entrenamiento
- Variar continuamente el entrenamiento para que este sea divertido y desafiante
- Optimizar el rendimiento y la recuperación mediante una nutrición saludable, una hidratación adecuada y las horas de sueño necesarias

- Proveer instrucción y supervisión calificada
- Asegurar un ambiente de entrenamiento seguro y libre de peligros
- Comenzar cada sesión de entrenamiento con una entrada en calor dinámica de 5-10 minutos
- Comenzar con cargas relativamente bajas y siempre enfocarse en la correcta ejecución técnica de los ejercicios
- Realizar 1-3 series de 6-15 repeticiones en diversos ejercicios para el tren superior e inferior
- Incluir ejercicios específicos que fortalezcan la región abdominal y lumbar
- Enfocarse en el desarrollo muscular simétrico y en el equilibrio apropiado entre las articulaciones
- Realizar 1-3 series de 3-6 repeticiones en diversos ejercicios para el tren superior e inferior
- Realizar una progresión lógica del programa de entrenamiento dependiente de las necesidades, objetivos y capacidades de los niños
- Incrementar la carga en forma gradual (5-10%) a medida que mejora la fuerza
- Realizar la vuelta a la calma con ejercicios de estiramientos estáticos
- Escuchar las necesidades y preocupaciones de los niños durante la sesión de entrenamiento
- Comenzar con el entrenamiento de sobrecarga 2-3 veces por semana en días no consecutivos
- Utilizar diarios de entrenamiento individualizados para monitorear el progreso en el entrenamiento
- Variar continuamente el entrenamiento para que este sea divertido y desafiante
- Optimizar el rendimiento y la recuperación mediante una nutrición saludable, una hidratación adecuada y las horas de sueño necesarias

Si no se dispone de supervisión calificada, y de un ambiente seguro de entrenamiento, entonces los niños no deberían llevar a cabo el entrenamiento de la fuerza debido al incremento del riesgo de lesión.

Las variables del programa de entrenamiento a ser consideradas cuando se diseña un programa de entrenamiento con sobrecarga para niños y adolescentes son: (a) entrada en calor y vuelta a la calma, (b) elección y orden de los ejercicios, (c) intensidad y volumen de entrenamiento, (d) intervalos de recuperación entre series y ejercicio, (e) velocidad de repetición, (f) frecuencia de entrenamiento y (g) variación del programa.

Tabla 7. Recomendaciones para la progresión durante el entrenamiento con sobrecarga en niños y adolescentes.

ECC = Excéntrico; CON = Concéntrico, SJ = Monoarticulares; MJ = Multiarticulares; 1RM = 1 Repetición Máxima; REPS = Repeticiones.

	PRINCIPIANTES	INTERMEDIOS	AVANZADOS
Acción Muscular	ECC y CON	ECC y CON	ECC y CON
Elección de Ejercicios	SJ y MJ	SJ y MJ	SJ y MJ
Intensidad	50-70% de 1RM	60-80% de 1RM	70-85% de 1RM
Volumen	1-2 series de 10-15 reps	2-3 series de 8-12 reps	>3 series de 6-10 reps
Pausa (min)	1	1-2	2-3
Velocidad de Ejecución	Moderada	Moderada	Moderada
Frecuencia (días/semana)	2-3	2-3	3-4

II.XI Consideraciones sobre la Fuerza y la Potencia Muscular

II.XI.I La Fuerza Aplicada

La fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, así como la causa capaz de deformar los cuerpos, bien por presión (compresión o intento de unir las moléculas de un cuerpo) o por estiramiento o tensión (intento de separar las moléculas de un cuerpo).

Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. Teóricamente, esta capacidad está en relación con una serie de factores, como son: el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina (Goldspink,1992), el número de sarcómeras en paralelo, la tensión específica o fuerza que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal ($N \cdot cm^{-2}$) (Semmler y Enoka, 2000), la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular. Otras cuestiones, relacionadas con las anteriores, como el ángulo articular donde se genera la tensión muscular, el

tipo de activación y la velocidad del movimiento son también determinantes en la producción de tensión en el músculo (Harman, 1993).

La tensión se produce durante la activación del músculo, la cual tiene lugar cuando el músculo recibe un impulso eléctrico y se libera la energía necesaria, lo que dará lugar a la unión y desplazamiento de los filamentos de actina y miosina en el sentido de acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa. Por tanto, el término "activación" puede ser definido como el estado del músculo cuando es generada la tensión a través de algunos filamentos de actina y miosina (Komi, 1986). La mayor o menor rapidez en la activación depende de la tensión producida en la unidad de tiempo, sin tener en cuenta la velocidad del movimiento e incluso ni siquiera si existe movimiento o no.

Existen dos fuentes de fuerzas en permanente interacción: las fuerzas internas, producidas por los músculos esqueléticos, y las fuerzas externas, producidas por la resistencia (fuerza) de los cuerpos a modificar su inercia (estado de reposo o movimiento). Como resultado de esta interacción entre fuerzas internas y externas surge el concepto de fuerza aplicada. La fuerza en el deporte es la fuerza aplicada. La fuerza aplicada es el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas, que pueden ser el propio peso corporal o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al sujeto.

Por tanto, la fuerza aplicada es la manifestación externa de la tensión interna generada en el músculo. Lo que interesa en el deporte es saber en qué medida la fuerza interna generada en los músculos se traduce en fuerza aplicada sobre las resistencias externas. Dado que en un mismo sujeto, la fuerza aplicada depende del tiempo disponible para aplicar fuerza o de la velocidad a la que se desplaza la resistencia, la fuerza aplicada se puede definir como la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos a una velocidad determinada (adaptada de Knuttgen y Kraemer, 1987), y también como la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos en un tiempo determinado (González-Badillo, 2000, 2002). Si la fuerza aplicada se realiza en las condiciones

específicas de tiempo y velocidad propias del ejercicio de competición, estaremos ante la fuerza útil del sujeto. De estas definiciones se desprende que un sujeto tiene tantos valores de fuerza máxima como resistencias se le opongan para expresar la fuerza, porque las distintas resistencias (pesos) a vencer darán lugar a distintas velocidades y a distintos tiempos en los que se aplicará la fuerza.

La magnitud de la tensión generada en el músculo no se corresponde con la magnitud de la fuerza medida externamente (fuerza aplicada). Es bien conocido que, si se estimula eléctricamente un músculo aislado, la máxima tensión estática se produce a una longitud ligeramente superior a la de reposo.

Por otra parte, la resistencia que ofrece la fuerza externa (peso) a la musculatura agonista no es la misma durante todo el recorrido de la articulación o articulaciones que intervienen en el movimiento. La mayor resistencia ofrecida coincide con el máximo momento de fuerza que se origina a través del recorrido articular. Por ejemplo, al hacer una flexión de codo en posición vertical con un peso libre, el máximo momento de fuerza se produce a un ángulo aproximado de 90°. En esa longitud del músculo es precisamente cuando éste puede desarrollar su mayor tensión (mayor fuerza), que será la máxima posible si la resistencia es máxima, pero también es precisamente en ese momento, debido a la desventaja mecánica, cuando más lento es el movimiento en todo el recorrido. Esto significa que en el momento de máxima tensión (máxima fuerza interna), la fuerza aplicada será pequeña, ya que la velocidad disminuye claramente sin cambios notables de aceleración, y la fuerza aplicada, por tanto, será equivalente o ligeramente superior a la fuerza que corresponde al propio peso de la resistencia a desplazar. En la **figura 1** se puede apreciar que la fuerza aplicada en una sentadilla cuando el ángulo de la rodilla es aproximadamente de 90° es muy pequeña en relación con la fuerza que representa la resistencia desplazada.

La fuerza aplicada a mitad del recorrido de la fase concéntrica es equivalente, e incluso inferior, a la fuerza que representa la propia carga. En la **Figura 1** se puede observar que la fuerza que representa la carga es la que aparece antes de la línea discontinua que marca el “inicio del movimiento”.

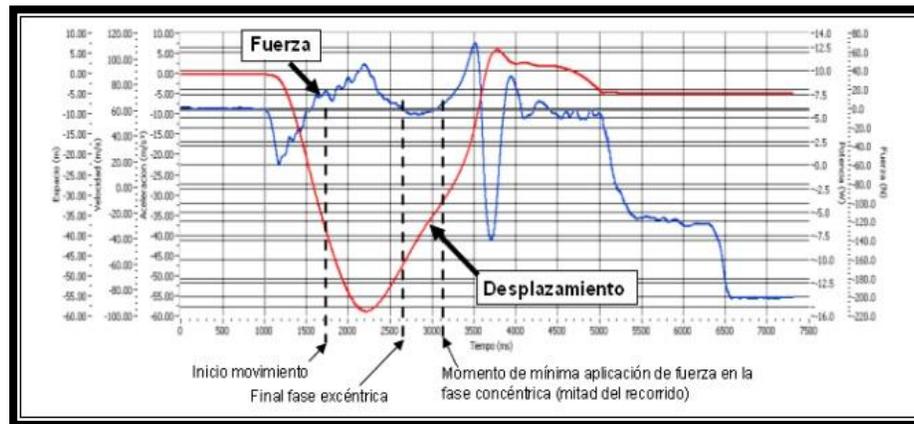


Figura 9. Medición directa de la fuerza a aplic

ada (línea azul) en una sentadilla completa en relación con el desplazamiento (línea roja). (Datos de nuestro laboratorio no publicados).

II.XI.II Relación entre la Fuerza y el Tiempo

Cuanto mayor es el tiempo disponible para aplicar fuerza, dentro de ciertos límites (hasta 3-4 s), mayor es la posibilidad de aplicar fuerza. El aumento del tiempo depende de que podamos o queramos medir más o menos tiempo en una acción estática (isométrica) o de que la carga a desplazar (acción dinámica) se eleve progresivamente. Por el contrario, y esto se deduce de lo anterior, cuanto mayor sea la velocidad del desplazamiento (menor carga) menos tiempo tendremos para aplicar fuerza, y, por tanto, la velocidad a la que hay que aplicar fuerza aumenta a medida que se mejora el rendimiento. Dado que en un gran número de acciones deportivas el rendimiento se decide por la mejora de la velocidad con la que se realizan dichas acciones, hemos de convenir que a medida que mejora el rendimiento deportivo empeoran las condiciones para aplicar fuerza: el sujeto cada vez tendrá menos tiempo para aplicar fuerza, ya que la misma acción ha de realizarse a mayor velocidad si se quiere mejorar el rendimiento. Por tanto, a medida que mejora el rendimiento se reduce el tiempo para aplicar fuerza, y la única solución para mejorar el rendimiento es mejorar la relación fuerza-tiempo, es decir, aplicar más fuerza en menos tiempo.

La relación fuerza tiempo se expresa a través de la curva fuerza-tiempo (C f-t). La C f-t puede utilizarse tanto para mediciones estáticas como dinámicas. Las modificaciones positivas en la C f-t se producen cuando la curva se desplaza hacia la izquierda y arriba, lo que significa que para producir la misma fuerza se tarda menos tiempo o que en el mismo tiempo se alcanza más fuerza. Cualquier modificación que se produzca en la C f-t vendrá reflejada también en la curva fuerza-velocidad (C f-v) y viceversa. Si los resultados de una medición de fuerza se expresan a través de la C f-v, las modificaciones positivas se producen cuando la curva se desplaza hacia arriba y a la derecha, y esto significa que la misma resistencia se desplaza a mayor velocidad o que a la misma velocidad se desplaza más resistencia. Producir la misma fuerza en menos tiempo (C f-t) es lo mismo que desplazar la misma resistencia a mayor velocidad (C f-v). De la misma manera, alcanzar más fuerza en el mismo tiempo (misma velocidad) es lo mismo que desplazar una resistencia mayor a la misma velocidad.

Al hablar de la C f-t podemos considerar el pico o valor de fuerza que se alcanza y el tiempo empleado para alcanzarlo. Más importante que el pico máximo de fuerza que se pueda alcanzar es el resultado de la relación entre la fuerza producida (fuerza manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Cuanto mayor sea esta relación, mayor será la pendiente de la C f-t. Esta relación nos indica cuál ha sido la producción de fuerza en la unidad de tiempo, y, por tanto, viene expresada en $N \cdot s^{-1}$. En el argot del entrenamiento deportivo, a esta relación se le denomina –o se le debería denominar– fuerza explosiva. Si la medición de la fuerza se ha hecho de forma estática, los valores que resulten serán de fuerza explosiva estática, si se ha hecho en acción dinámica, lo que obtenemos es la fuerza explosiva dinámica, y si hemos podido medir la producción de fuerza durante la fase estática y la dinámica en la misma ejecución, tendremos ambos valores de fuerza explosiva y la relación entre ambos. En la literatura internacional considerada como "científica", la expresión de fuerza explosiva es la denominada "rate of force development" (RFD), que expresa la "proporción, tasa o rapidez de desarrollo o producción de fuerza en relación con el tiempo", y se expresa en $N \cdot s^{-1}$. Este término está muy generalizado, y se utiliza tanto

en los estudios sobre la fisiología de la activación muscular como en la medición de la fuerza y en la metodología del entrenamiento (Hakkinen y col., 1984; Aagaard y Andersen; 1998; Sale, 1991; Schmidbleicher, 1992; Wilson y col., 1995; Young, 1993; Young y Bilby, 1993; Siff, 2000...). Con frecuencia, esta RFD se expresa como la pendiente de la C f-t.

Si hiciéramos infinitas medidas de la producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva) entre dos puntos de la C f-t, nos encontraríamos que existe un momento en el que la producción de fuerza por unidad de tiempo es la más alta de toda la curva. El tiempo en el que se mide esta producción de fuerza es en la práctica de 1 a 10 ms. Cuando en la literatura internacional se necesita utilizar este término, la "rate of force development" se expresa con RFD máxima (RFDmax o MRFD). A este valor de fuerza explosiva se le llama, lógicamente, fuerza explosiva máxima (FEmáx), y se define como la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo en toda la producción de fuerza, o la mejor relación fuerza tiempo de toda la curva. Sería, por tanto, el punto de máxima pendiente. Si se mide la fuerza estáticamente o si se mide la fase estática de una acción dinámica, la FEmáx casi siempre se habrá producido ya a los 100ms de iniciar la producción de fuerza, coincidiendo, lógicamente, con la fase de máxima pendiente de la curva. Esta expresión de fuerza tiene una característica muy especial: en el momento de alcanzar esta máxima producción de fuerza por unidad de tiempo se está manifestando una fuerza muy próxima al 30% de la fuerza isométrica máxima (FIM) que el sujeto alcanzará en esa misma activación voluntaria máxima que se está ejecutando y midiendo. Este hecho está descrito en la literatura, como por ejemplo en Hakkinen y col. (1984), y lo hemos podido comprobar personalmente en repetidas ocasiones y en varios grupos musculares (González- Badillo, J.J. y Gorostiaga, 1995).

En la **Figura 10** se presenta la medición directa de la FIM y producción de fuerza en la unidad de tiempo en un press de banca. El pico máximo de producción de fuerza se alcanza cuando el sujeto está aplicando 311 N, que representa el 30,4 % del pico máximo de la fuerza isométrica, que es de 1021 N. El tiempo transcurrido hasta el pico máximo de producción de fuerza es de 103 ms.

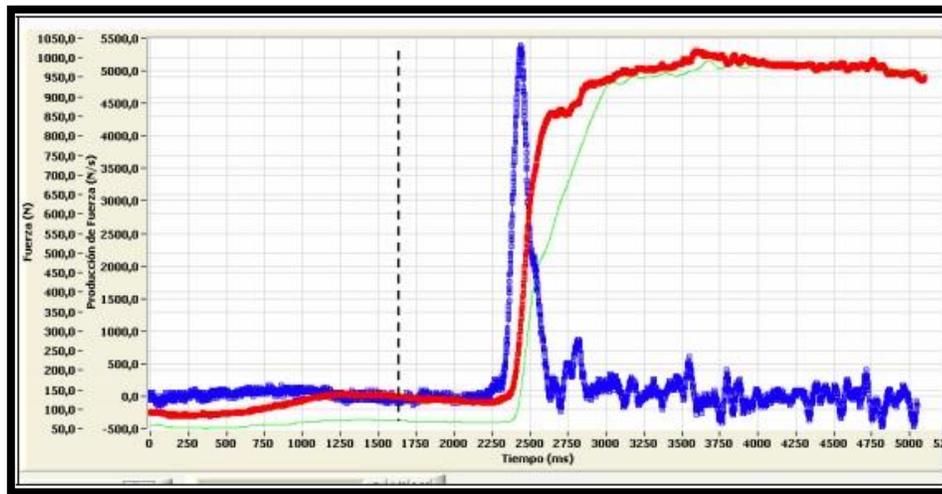
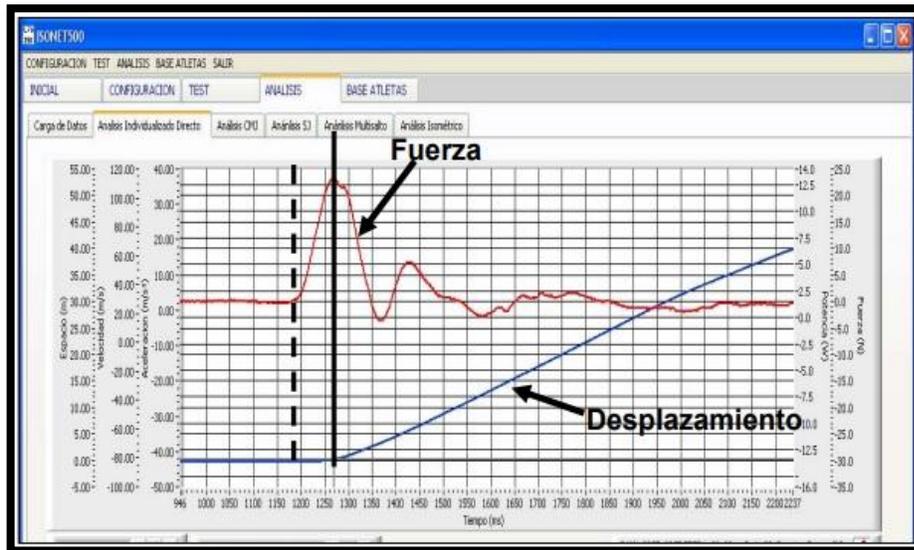


Figura 10. Medición directa de la fuerza isométrica máxima (línea roja) y producción de fuerza en la unidad de tiempo (línea azul) en un press de banca. La línea negra discontinua marca el momento en el que se produce el pico máximo de producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva máxima) y el valor de fuerza que ha alcanzado el sujeto en ese momento (datos de nuestro laboratorio no publicados).

Si consideramos una acción dinámica, es bien sabido que antes de iniciar el desplazamiento de una resistencia tenemos que aplicar, en acción estática o isométrica, una fuerza ligeramente superior a la fuerza que representa la propia resistencia, pues de lo contrario el peso no se movería. Por tanto, si la resistencia es superior al 30% de la FIM del sujeto, antes de que se inicie el desplazamiento ya se habrá podido aplicar la fuerza necesaria como para alcanzar un valor de producción de fuerza por unidad de tiempo equivalente a la FEmáx. Si, por el contrario, la resistencia fuera inferior a dicho 30% de la FIM, el cuerpo empezaría a moverse antes de haber aplicado la fuerza necesaria para producir la máxima FE, por lo que el valor máximo de FE ya no se podría alcanzar, ya que el cuerpo empieza a desplazarse y la fuerza aplicada por unidad de tiempo será menor cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento. De todo esto se deduce fácilmente que la FEmáx se produce en la fase estática de cualquier desplazamiento de una resistencia, y que si la resistencia es muy pequeña no se va a poder alcanzar dicha FEmáx (**Figura11**).



d

irecta de la fuerza y el desplazamiento en un ejercicio de press de hombros.

La máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo (máxima pendiente) se alcanza antes de que se inicie el desplazamiento. La línea vertical discontinua indica el inicio de la aplicación de fuerza y la línea vertical continua el inicio del desplazamiento (datos de nuestro laboratorio no publicados).

El valor y la mejora de la producción de fuerza en la unidad de tiempo son más importantes para el rendimiento deportivo que el pico máximo de fuerza (PMF) alcanzado, aunque también, a su vez, la mejora del PMF puede ser importante para mejorar la FE. En la mayoría de los deportes, cuanto mejor sea el nivel deportivo del sujeto, mayor será el papel que desempeña la FE en el rendimiento deportivo del más alto nivel (Zatsiorsky, 1993), porque cuando mejora el rendimiento, el tiempo disponible para realizar el movimiento, es decir, para aplicar fuerza, disminuye. Luego adquiere mucha relevancia la capacidad de producir fuerza en la unidad de tiempo (Zatsiorsky, 1995). El valor de FE al inicio de la curva es un factor limitante cuando se desplazan resistencias ligeras o, lo que es lo mismo, cuando se dispone de muy poco tiempo para aplicar fuerza (Sale, 1992). En estos casos, la fase concéntrica (dinámica) comenzará muy pronto, por lo que es importante que en ese momento la pendiente de la curva sea muy elevada. Esto va a determinar el valor del impulso ($F \cdot t$) que se genere en dicha fase dinámica, que es lo que marca el rendimiento.

Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo (Fuerza Explosiva), Resistencias (Pesos) y Velocidad del Movimiento.

En términos generales, podemos decir que la capacidad de expresar rápidamente la fuerza está en relación con la composición muscular, sobre todo con el porcentaje de fibras rápidas, la frecuencia de impulso, la sincronización, la coordinación intermuscular (técnica), la fuerza máxima y la velocidad (absoluta, sin cargas) de acortamiento del músculo.

La velocidad máxima de acortamiento del músculo está en relación con la composición muscular. Se define como el índice de acortamiento por sarcómera y por longitud del músculo. La capacidad de acortamiento de un músculo está, en parte, determinada por el número de sarcómeras en serie y también por la velocidad intrínseca de acortamiento de las sarcómeras. Por tanto, la velocidad máxima es proporcional a la longitud de la fibra muscular o número de sarcómeras en serie (Edgerton y col., 1986). Pero hay razones para creer que la velocidad máxima de acortamiento del músculo expresa la máxima tasa de formación de ciclos de puentes cruzados (ciclos de formación y liberación de los puentes cruzados en la unidad de tiempo) (Edman, 1992). Si la velocidad máxima representa la máxima velocidad a la cual pueden producirse los ciclos de puentes cruzados, se puede sugerir que la velocidad es independiente del número de puentes cruzados (Edman, 1992). Esta sugerencia se ha podido comprobar experimentalmente al medir la velocidad de acortamiento de distintas fibras a diferente longitud de las sarcómeras y, por tanto, con distinto número de puentes cruzados formados, comprobándose que la velocidad con cualquiera de las fibras se mantiene constante (cada fibra a su velocidad, según el tipo de fibra) a todas las longitudes de la sarcómera, desde 1,7 a 2,7 μm . Por otra parte, la capacidad para producir puentes cruzados a mayor o menor velocidad depende, a su vez, de factores genéticos (tipo de miosina de las sarcómeras) y de la actividad de la enzima ATPasa para hidrolizar ATP. Por tanto, la velocidad de acortamiento de la sarcómera también está en relación con el tipo de miosina de los puentes cruzados (Goldspink, 1992).

La frecuencia de impulsos nerviosos que llegan al músculo juega un papel decisivo en la producción rápida de fuerza, ya que una vez alcanzada la frecuencia de estímulo mínima para alcanzar la máxima fuerza isométrica (unos 50 Hz), una mayor frecuencia de estímulo no mejorará el pico máximo de fuerza, pero sí permitirá alcanzar dicho pico en menos tiempo, lo cual significa que la producción de fuerza en la unidad de tiempo será mayor (Sale, 1992).

Sin embargo, no se debe confundir o identificar la fuerza explosiva con la velocidad del movimiento, aunque exista relación entre ambas. Si la velocidad del movimiento es muy elevada (resistencias menores que el 25-30% de la FIM), la fuerza explosiva máxima no se puede alcanzar, y si la resistencia es superior al 30% de la FIM, lo que da lugar a una velocidad progresivamente decreciente, la fuerza explosiva máxima no varía, ya que la fuerza mínima necesaria para alcanzar el pico máximo de producción de fuerza en la unidad de tiempo ya se ha alcanzado cuando se aplica dicho 30% de la FIM. Por tanto, no tiene sentido asociar el entrenamiento de la FEmáx únicamente con movimientos muy rápidos. Esto no quiere decir que no haya que entrenar con movimientos de estas características, ni mucho menos, más bien diríamos todo lo contrario, pues estos movimientos serán muy importantes para mejorar muchos aspectos del rendimiento deportivo, pero sí que debemos ser conscientes de que en estos casos vamos a mejorar la FE con resistencias pequeñas, lo cual es muy importante y difícil de conseguir y en muchos casos, además, es lo más específico del entrenamiento, pero no sería la única forma y, quizás, tampoco la más idónea para estimular la FEmáx y la FEmáx específica si no se combina su entrenamiento con otras resistencias más pesadas. La FE y la FEmáx se pueden mejorar con todas las resistencias, siempre que la rapidez en la producción voluntaria de la fuerza sea máxima o casi máxima. La selección de las resistencias prioritarias o la combinación de las más adecuadas dependerá de las necesidades de fuerza máxima y de la resistencia a vencer en el gesto específico (fuerza útil).

II.XI.II Déficit de Fuerza

Suponiendo que en todos los casos el sujeto intente aplicar la máxima fuerza posible, la fuerza que consiga aplicar dependerá de la carga o resistencia a vencer. Por tanto, un sujeto tiene tantos picos de fuerza máxima dinámica como diferentes cargas tenga que superar. Si hay diferentes picos y uno de ellos es el mayor de todos (el correspondiente al de la RM), habrá una diferencia entre éste y los demás. Entonces, si en un mismo ejercicio y con cualquier carga inferior a la RM, un sujeto aplica menos fuerza que con dicha carga máxima, se puede decir que tiene una fuerza que no aplica. A la diferencia entre la fuerza aplicada en condiciones óptimas (cuando se levanta el máximo peso superable en una ocasión) y cualquier otro valor de fuerza se le denomina déficit de fuerza. La fuerza que se aplica cuando la carga no es la máxima posible indica la capacidad muscular para imprimir velocidad a una resistencia inferior a aquella con la que se manifiesta la fuerza dinámica máxima (FDM), que es la que se manifiesta cuando se mide 1RM. La mejora sistemática de esta manifestación de fuerza es un objetivo importante del entrenamiento, ya que la fuerza que se aplica en la competición prácticamente siempre será inferior a la que se puede aplicar en 1RM en cualquier ejercicio. Tanto es así, que, según dos de las definiciones de fuerza expuestas en páginas anteriores, un deportista sólo tendrá la fuerza que sea capaz de aplicar en un tiempo determinado o a una velocidad dada. De nada sirve una FIM o 1RM muy elevadas si el porcentaje de esa fuerza máxima que se aplica a mayores velocidades o en tiempos menores (cuando las resistencias son menores) es muy bajo.

El déficit de fuerza varía a través del ciclo de entrenamiento y de la temporada, según la orientación del trabajo, de la mejora de la FDM y de la forma adquirida. Cuando existe una mejor adaptación/capacidad de activación del sistema nervioso por un trabajo dirigido a la mejora de la manifestación de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva), llevado a cabo a través de la realización del entrenamiento a la máxima velocidad posible con cualquier resistencia y con pocas repeticiones por serie, el déficit se reduce; por el contrario, cuando el entrenamiento ha estado fundamentalmente basado en la mejora de la fuerza por la hipertrofia o se

ha producido un notable aumento de la mejora de la FDM por medio de cualquier entrenamiento o ambas cosas, generalmente se produce un aumento.

Por tanto, la oscilación del déficit indica el efecto del entrenamiento y el "tipo de forma" que se ha adquirido. Una vez alcanzado un valor de FDM suficiente, el objetivo del entrenamiento será reducir en la mayor medida posible el déficit de fuerza cuando se aproxima la competición, manteniendo al menos estable la FDM conseguida. Esto va a suponer una mayor capacidad para aplicar fuerza ante resistencias más ligeras y, sobre todo, conseguir valores de fuerza útil más elevados.

II.XI.III *Relación Fuerza-Velocidad*

Esta relación es de tipo inverso en los músculos esqueléticos, es decir, cuanta más velocidad de acortamiento se le demande a un músculo, menos fuerza podrá ejercer y viceversa. La medición del grado de acortamiento de un músculo respecto al tiempo que consume en ese acortamiento es lo que proporciona el valor de la velocidad que se usa en las curvas fuerza-velocidad.

Cuando un músculo está generando un grado determinado y submáximo de fuerza y se aumenta la velocidad de acortamiento, disminuye la fuerza que puede generar, por lo que cuanto mayor sea la velocidad menor será la fuerza que pueda generar (curva fuerza-velocidad). Esto parece ser debido a que cuando se dan grandes velocidades de deslizamiento entre los miofilamentos de miosina y actina disminuye el número de puentes cruzados disponibles (Edman, 1992).

Por el contrario, la velocidad disminuirá cuanto mayor sea el número de puentes cruzados activos. Es decir, cuando un sujeto trata de desplazar una carga a la mayor velocidad posible, pero aumenta el número de puentes cruzados que se puedan formar, significa que la carga que desplaza ha aumentado y, por tanto, menor será la velocidad. Inversamente, un aumento de la velocidad requerirá un menor número de puentes cruzados activos para poder ejecutar el desplazamiento de la carga. Pero si la velocidad aumenta hasta la velocidad absoluta (máxima velocidad sin una resistencia externa), el número de puentes cruzados deja de ser relevante para la velocidad. De hecho, cuando la carga es cero o se aproxima a cero, la velocidad de acortamiento es

independiente del número de puentes cruzados activos (Edman, 1992). Eso implica, a su vez, que la velocidad absoluta de acortamiento es independiente del grado de acortamiento-elongación del músculo.

Sin embargo, la velocidad de acortamiento sin carga sí está relacionada con la actividad de la ATPasa miofibrilar (**Figura 4**). Uno de los factores limitantes en la producción de fuerza por el músculo es la velocidad de trabajo de la ATPasa miofibrilar de la miosina de cadena pesada (MHC). La expresión genética de un tipo específico de MHC (tipo I, tipo IIA o tipo IIX) condiciona el tiempo que tarda un músculo en generar fuerza y, consecuentemente, también la velocidad de acortamiento. Esto significa que, aunque la fuerza por unidad de área de sección transversal de las fibras rápidas y lentas es aproximadamente la misma, la máxima velocidad de acortamiento es casi el doble en las fibras rápidas. Por tanto, para una velocidad de acortamiento dada, la fuerza ejercida por las fibras rápidas será mayor (**Figura 5**).

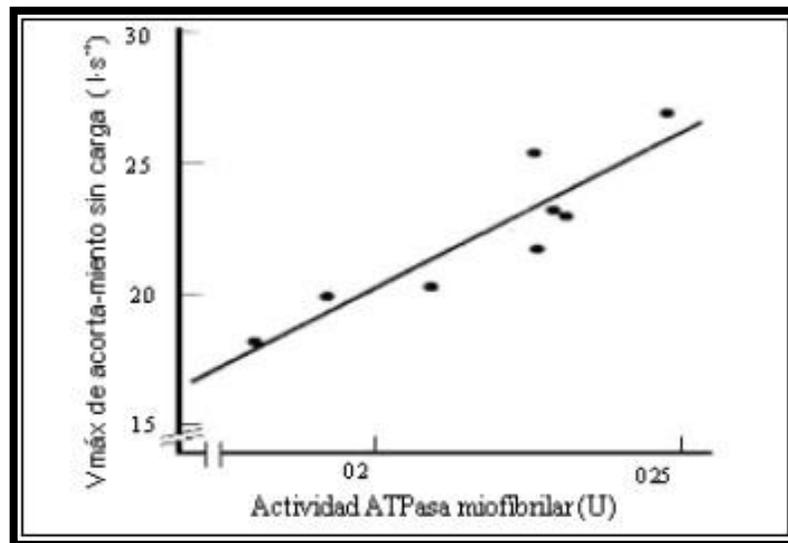


Figura 12. Relación entre la velocidad de acortamiento sin carga y la actividad de la ATPasa miofibrilar en una fibra muscular esquelética (tomado de Gordon y cols., 2000).

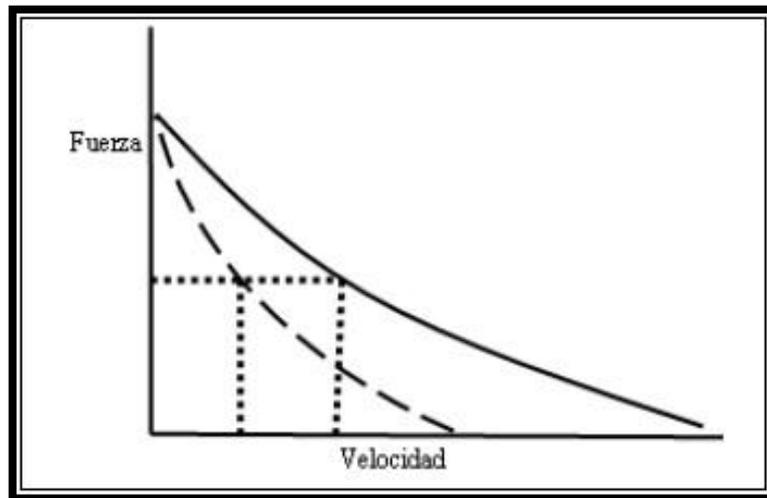


Figura 13. Relación esquemática de la curva fuerza-velocidad en contracciones concéntricas de fibras rápidas (línea continua) y lentas (línea discontinua). La velocidad máxima de las fibras rápidas es aproximadamente el doble que la de las lentas. Para una misma velocidad, la fuerza ejercida por las fibras rápidas es mayor, excepto cuando la velocidad es cero.

Las propiedades contráctiles básicas de un músculo están influidas por la manera en que están organizadas las fibras para formar el músculo. Si tuviéramos un músculo con tres fibras, éstas podrían disponerse en serie (una a continuación de otra) o en paralelo (una al lado de otra) o en un ángulo determinado en relación con la línea de tensión lineal del músculo. Cuando las fibras están en serie, son mayores el rango de movimiento y la velocidad de acortamiento. Cuando se encuentran en paralelo, se alcanza la máxima fuerza que el músculo puede ejercer y menor velocidad. Cuando están organizadas formando un ángulo con la línea de tensión, la tensión neta que puede generar la fibra es menor (Enoka, 2002).

En el músculo que tuviera tres fibras organizadas en serie, cada fibra experimentaría el cambio en longitud en respuesta a la activación, y los cambios de longitud para el músculo sería la suma del cambio de las tres fibras. Igualmente, la máxima velocidad de acortamiento depende del número de fibras en serie. Por el contrario, cuando las fibras estén en serie, la fuerza ejercida es la media de las tres. Mientras que, si están en paralelo, la fuerza será igual a la suma de las tres fibras. Esto último indica que, a mayor sección transversal del músculo, mayor fuerza.

La proporción en la disposición de las fibras musculares influye de manera directa en la relación fuerza-velocidad-potencia. De dos fibras con el mismo volumen, la que presente una mayor proporción de unidades de longitud alcanzará una mayor velocidad y menor fuerza que en la situación contraria (**Figura 14 a, b**). La potencia alcanzada por ambos tipos de fibras será semejante, pero el pico de máxima potencia es alcanzado a mayor velocidad por las fibras que presentan una mayor proporción de unidades en serie (**Figura 14c**).

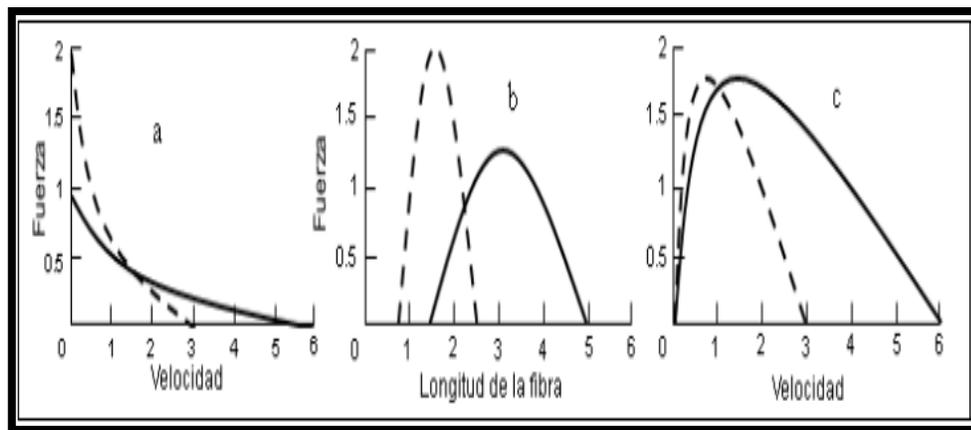


Figura 14. Las líneas continuas representan a fibras con 2 unidades de longitud y 1 de sección transversal. Las líneas discontinuas representan a fibras con 1 unidad de longitud y 2 de sección transversal.

II.XI.IV Relación Fuerza-Velocidad y Potencia

Una característica importante de la curva fuerza- velocidad es que el área bajo la curva indica la potencia muscular (**Figura 15**). Si el entrenamiento es capaz de desviar la curva hacia la derecha y hacia arriba, aumentará el área bajo la curva y, por tanto, la potencia.

Conociendo la potencia necesaria para la ejecución de un ejercicio o una serie de ellos, la curva fuerza-velocidad nos proporcionará un índice muy aproximado a las condiciones óptimas para obtener el máximo rendimiento deportivo.

La potencia por tanto se puede calcular multiplicando la fuerza por la velocidad, pero en realidad como la fuerza no es constante ni la velocidad tampoco, habría que integrar ambas variables para obtener datos más fiables.

La potencia máxima que puede generar un deportista, al margen del tipo de entrenamiento que realice, está en relación directa con el tanto por ciento de fibras rápidas (FT) y lentas (ST) que posea (Faulkner y col., 1986), pero, como término medio, cuando se analiza la curva de potencia se observa que el pico de máxima potencia se obtiene con fuerzas próximas al 30% de la fuerza isométrica máxima, (Edgerton y col., 1986; Faulkner y col., 1986) y velocidades próximas al 30-31% de la máxima velocidad absoluta (Herzog, 2000, Herzog y Ait-Haddou, 2003), es decir, cuando se trabaja en la zona inter- extremos de la curva.

Dadas las variables que condicionan la potencia máxima, la estrategia para aumentar la potencia muscular tiene dos opciones claras: aumentar la fuerza máxima o aumentar la velocidad máxima, o distintas combinaciones de estas dos opciones.

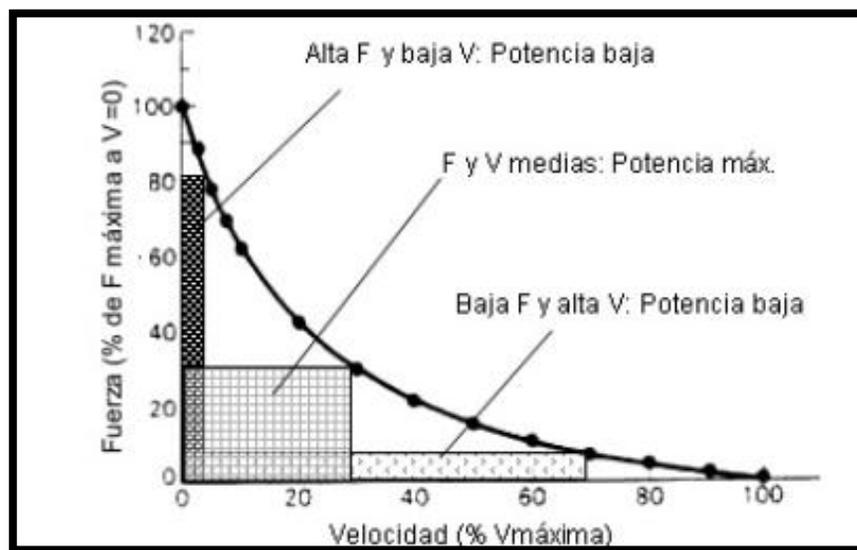


Figura 15. Distintos valores de potencia en el área bajo la curva fuerza-velocidad. Un desplazamiento de la curva F-V a la derecha y arriba en todas las zonas significaría un aumento de cualquiera de los valores de potencia (F = fuerza; V = velocidad).

Si tenemos en cuenta el principio de la especificidad del efecto del entrenamiento, sería lógico pensar que la carga más idónea para desarrollar la máxima potencia mecánica sería el 30 % de la fuerza isométrica máxima. De hecho, así se ha propuesto por algunos autores (Kaneko y col., 1983; Wilson y col., 1993). Pero en vivo y en la práctica del entrenamiento deportivo la fuerza isométrica máxima no se mide con frecuencia, y, sobre todo, presenta el problema de elegir el ángulo de medición de la misma que fuese más representativo de la acción dinámica. Por ello, lo más útil es tomar como referencia el valor de una repetición máxima dinámica (1RM). Pero cuando se toma como referencia la RM, los porcentajes de la misma con los que se alcanza la máxima potencia son muy distintos al 30%. Según distintos autores, la máxima potencia se puede alcanzar con valores que oscilan entre el 10 y el 80% de 1RM, dependiendo del tipo de ejercicio, la experiencia de los sujetos y el tipo de entrenamiento realizado. (Baker, 2001; Baker y col., 2001; Behm y Sale, 1993; Garhammer, 1993; Cronin y col., 2001; Mayhew y col., 1997; Rahmani y col., 2001; Izquierdo y col., 2002; Moss y col., 1997; Siegel y col., 2002; Stone, M.H y col., 2003).

Una de las principales fuentes de discrepancias en cuanto a la carga con la que se alcanza la máxima potencia está en el tipo de ejercicio de que se trate. En los ejercicios monoarticulares los márgenes de intensidades son menores que en los poliarticulares. En los primeros, se establece en el 30% de la fuerza isométrica máxima (Kaneko y col., 1983), y entre el 30 y el 45% de 1RM (Moss y col. 1997), mientras que en los segundos los valores oscilan entre el 10 y el 80% (citas incluidas al final del párrafo anterior). En general, los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia en ejercicios poliarticulares son más altos que en los monoarticulares, y dentro de los poliarticulares, los que presentan porcentajes más altos son los que se realizan con la parte inferior del cuerpo: 50-70 % para la sentadilla y 40-60 % para el press de banca para los mismos sujetos (Siegel y col., 2002). Se proponen una serie de razones para explicar estas diferencias, como el

grado de masa muscular, la longitud del músculo, la arquitectura muscular (grado de peneación), la porción de masa muscular inactiva desplazada en cada ejercicio...pero la realidad es que las causas de estas diferencias no están claras. Estas explicaciones, por tanto, quedan pendientes de investigación.

Dentro de los ejercicios poliarticulares se encuentran unos ejercicios especiales, que son los que tienen las características de los ejercicios olímpicos (ejercicios de competición en el levantamiento de pesas, deporte olímpico), como son, sobre todo, la cargada de fuerza y la arrancada de fuerza. En estos ejercicios se han medido los valores de potencia más altos entre todos los ejercicios utilizados en el entrenamiento deportivo (Garhammer, 1993). Este mismo autor ha encontrado que la máxima potencia en los ejercicios de tipo olímpico se produce con cargas próximas al 80 % de 1RM. No obstante, no se especifica si se producen diferencias entre los propios ejercicios de tipo olímpico ni las diferencias que podrían darse con otros ejercicios poliarticulares de características diferentes.

Una de las carencias que observamos en la literatura en relación con el análisis de los factores relacionados con la carga con la que se consigue la máxima potencia es todo lo relacionado con la velocidad, y concretamente la velocidad con la que se consigue la máxima potencia y la velocidad con la que se consigue la RM en cada ejercicio. Esta problemática ha sido abordada por nosotros en nuestros estudios dentro de esta línea de investigación. Hemos podido observar que, al igual que con cada porcentaje de 1RM se puede hacer un número determinado de repeticiones por serie, también es probable que cada porcentaje tenga "su velocidad" y "su potencia". Pero lo más relevante de nuestras observaciones es que al hablar de velocidad y potencia nos vamos a encontrar con una circunstancia especial, y es que las velocidades y las potencias alcanzadas con un mismo porcentaje van a ser muy distintas en función de un factor, determinante, que es la velocidad a la que se alcanza la RM en cada ejercicio (**Tabla 8**).

Tabla 8. Valores medios de velocidad media acelerativa (Vel. media) y % de 1RM con los que se alcanza la potencia media máxima en distintos ejercicios.

También se incluye la velocidad media con la que se alcanza la RM en cada ejercicio (González- Badillo, JJ., 2000b).

Ejercicios	Vel. media acelerativa (m/s)	% de 1 RM	Vel. media acelerativa (m/s) con 1RM
Arrancada (n = 26)	1,15±0,12	91±5,6	1,04±0,09
Carg. de fza. (n = 25)	1,09±0,1	87±6,7	0,9±0,08
Sentadilla (n = 22)	0,93±0,12	64,3±7,6	0,31±0,05
Press banca (n = 32)	1,15±0,1	40±5,5	0,2±0,05

Según nuestras observaciones, la velocidad a la que se alcanza la RM de un ejercicio determina las características del propio ejercicio con respecto a la velocidad y la potencia desarrolladas con cada porcentaje de su propia RM. Esto tiene una serie de consecuencias.

- La primera es que si, por ejemplo, estamos trabajando con dos ejercicios cuyas RMs se alcanzan a 0,2 y 1 m s⁻¹, respectivamente, para lograr el mismo objetivo de entrenamiento las intensidades óptimas (% de 1RM) a utilizar serían diferentes para cada ejercicio.
- La segunda es que cuando estemos trabajando a una misma velocidad absoluta estaremos entrenando con porcentajes distintos, lo cual puede tener también influencia en la programación del entrenamiento y en sus efectos.
- En tercer lugar, debemos tener en cuenta que cuanto menor sea la velocidad propia de la RM, mayor riesgo de sobrecarga (fatiga) representa un mismo porcentaje.

Esto quiere decir que con algunos ejercicios se podrá utilizar –y será necesario utilizar– con mucha mayor frecuencia las intensidades (porcentajes) altas que con otros. Por ejemplo, el 85-90 % de 1RM en cargada de fuerza hay que utilizarlo en todas las especialidades deportivas en casi todas las sesiones de entrenamiento con este ejercicio, puesto que trabajando con porcentajes próximos a éstos se entrena la máxima potencia, que es, precisamente, el objetivo que se persigue y el efecto fundamental que se produce cuando se utiliza este ejercicio, mientras que el 90 % se emplearía con muy poca frecuencia en el press de banca, e incluso podría no llegar a utilizarse en ningún momento en algunas especialidades.

Como se puede observar en la **Tabla 8**, la velocidad a la que se alcanza la potencia media máxima es muy semejante en todos los ejercicios. Estos resultados sugieren que la máxima potencia puede venir determinada para cualquier ejercicio por una velocidad concreta, que, según hemos indicado en páginas anteriormente, habría de encontrarse aproximadamente entre el 30 y el 40% de la velocidad absoluta (velocidad sin cargas) (Herzog, 2000, Herzog y R. Ait-Haddou 2003). Lo indicado viene a sugerir que para conseguir unos objetivos concretos hay que seleccionar la velocidad adecuada. Por tanto, la velocidad de ejecución es importante y decisiva para el rendimiento deportivo, y por ello es probable que sea muy útil como valor de referencia para expresar y dosificar la intensidad.

Otro dato relevante que se puede observar en la tabla 1 es que para entrenar a la intensidad específica de la máxima potencia habría que hacerlo con porcentajes muy distintos (desde el 40 al 91%, aproximadamente) en función de los ejercicios. Si aceptamos el principio de especificidad, los efectos principales del entrenamiento en la curva de potencia se producirán alrededor de la fase de la curva en la que se trabaja, y esta fase será distinta si son distintos los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia. Según nuestros datos, la variabilidad en estos porcentajes es mediana en los ejercicios más técnicos: un 6 y un 7 % de coeficiente de variación para arrancada y cargada, respectivamente, y algo mayores para la sentadilla (12 %) y el press de banca (13 %). Esta mayor variabilidad puede deberse a las características intrínsecas del ejercicio o al protocolo de medición o a ambas cosas. En relación con

el protocolo, a veces la carga con la que se consigue la máxima potencia no se mide, porque en la progresión de las cargas (generalmente en progresiones de 10 kg) hasta llegar a la repetición máxima, la carga que maximiza la potencia puede quedar entre dos de las cargas utilizadas.

No obstante, puede que esta variabilidad no tenga mucha importancia, porque la mejora de la potencia probablemente se va a producir en gran medida con todos los porcentajes que estén próximos a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia. Por tanto, la potencia, al igual que la velocidad, también se puede considerar como muy útil para expresar y dosificar la intensidad.

Aunque estos porcentajes sobre 1 RM sean muy distintos para cada ejercicio, es probable que todos estén muy próximos al valor de la fuerza isométrica máxima (FIM) con el que se considera que se alcanza la máxima potencia, que, como hemos indicado, es el 30 % de dicha FIM. Este valor de FIM se mediría en las fases claves o críticas de la ejecución de cada uno de los ejercicios de todo el recorrido.

Por último, en la referida **Tabla 8**, también se puede observar cómo cuanto mayor sea la velocidad con la que se alcanza la RM mayor es el porcentaje con el que se alcanza la potencia máxima. La velocidad de la RM explica más del 88 % de la varianza del porcentaje con el que se consigue la potencia máxima, porque existe una altísima correlación entre estas dos variables (0,94). Estas observaciones confirman que, según el ejercicio con el que se entrene, un mismo porcentaje significa una magnitud y un tipo de carga muy diferentes, y que para obtener el mismo efecto hay que emplear porcentajes distintos.

Estos hallazgos probablemente también son aplicables al salto vertical. La máxima potencia en este ejercicio se alcanza cuando se añade alguna carga al propio peso corporal (aunque esto también depende de la fórmula que se utilice para calcularla) para realizar el salto. Las velocidades con las que se consiguen las máximas potencias son muy parecidas en todos los sujetos, aunque existe una tendencia a que los que más saltan sin carga también sean los que más saltan cuando se alcanza la máxima potencia. Las velocidades (velocidad de despegue en el salto) con las que se alcanzan la máxima potencia oscilan, aproximadamente, entre 1,7 y 2

m·s⁻¹, ya que las alturas de los saltos con las que se alcanza la máxima potencia oscilan entre 0,14 m (1,7 m·s⁻¹ de velocidad de despegue) y 0,20 m (2 m·s⁻¹ de velocidad de despegue) para la gran mayoría de los sujetos.

Dado que la velocidad media en el salto vertical es la mitad de la velocidad inicial (velocidad de despegue), la velocidad media con la que se alcanza la máxima potencia podría ser superior a 0,9 m·s⁻¹ si consideramos una muestra amplia de sujetos. Por tanto, se aprecia que en estos ejercicios la velocidad de máxima potencia está también próxima a un 1 m·s⁻¹, que es la velocidad media que hemos encontrado en los ejercicios analizados en la **Tabla 8**.

El tipo de cálculo de la potencia que se utilice podría modificar las relaciones entre estas variables. Los datos de potencia que hemos aportado en este caso se calculan aplicando la fórmula siguiente:

$$P = (Pc + Pb) \cdot g \cdot \sqrt{2gh}$$

Donde **P** = potencia máxima (W); **Pc** = peso corporal (kg); **Pb** = peso de la barra o carga adicional (kg); **g** = aceleración gravedad; **h** = altura (m).

II.VI.V La Carga de Entrenamiento

Se entiende por carga el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento. Y se consideran dos vertientes. La carga real, o conjunto de exigencias biológicas y psicológicas provocadas por las actividades de entrenamiento, lo que supone distintas alteraciones fisiológicas o alteración del equilibrio homeostático. Y la carga propuesta, o conjunto de estímulos expresados en forma de entrenamientos a los que se enfrenta el deportista de manera sistemática, que constituyen la causa de las modificaciones funcionales, bioquímicas, morfológicas y físicas. La interrelación entre ambos tipos de carga constituye la esencia del entrenamiento deportivo.

La carga que se programa es la carga real, que se expresa a través de la carga propuesta. La aplicación de la carga genera una problemática fundamental: ¿la carga real prevista es la correcta?, ¿la carga real prevista está bien representada por la carga propuesta?, ¿cómo medir y cuantificar la carga real y la propuesta? Esto hace que la tarea fundamental del entrenador y de la metodología del entrenamiento sea **a)** definir la carga de manera precisa y exhaustiva, **b)** controlar y analizar la relación entre la carga real y la carga propuesta y entre ambas y el rendimiento y **c)** validar modelos de medición y cuantificación de las cargas.

La programación del entrenamiento no es más que la expresión de una serie o sucesión ordenada de esfuerzos que guardan una relación de dependencia entre sí. Por tanto, la dosificación de las cargas es en sí mismo la programación del entrenamiento. En los últimos años se ha extendido la idea de que “hay que entrenar mucho” para conseguir resultados relevantes, pero esto no se ajusta a la realidad. Es importante tomar conciencia de que la experiencia práctica y los datos derivados de los estudios científicos indican que la máxima carga realizable no proporciona los mejores resultados (González- Badillo y col., 2005; González-Badillo y col., 2006). La máxima carga realizable es una carga elevada o muy elevada que el sujeto realiza sin signos evidentes de que se produzca una fatiga excesiva o nociva para el deportista, pero que no proporciona los mejores resultados.

La dosificación de la carga exige plantearse al menos dos preguntas clave: **a)** ¿cuándo cada nivel de carga es el óptimo?, **b)** ¿cuál es la mínima magnitud de carga que es positiva?

El problema de la carga óptima y el de la efectividad del estímulo dentro del proceso de entrenamiento no están resueltos satisfactoriamente (Pampus y col., 1990). Existen muy pocos datos científicos acerca del entrenamiento óptimo para alcanzar el pico máximo de rendimiento (Kuipers, 1996). Es muy difícil determinar la frecuencia, intensidad y volumen que es óptimo en un momento dado (Hakkinen, K. y Kauhanen H, 89), pero esto es necesario si queremos aproximarnos al programa óptimo de entrenamiento, porque la llave del éxito no está en un volumen extremo de entrenamiento (Smirnov, 98). La conclusión de algunos estudios y revisiones indican

que hay pocas evidencias científicas y ninguna base teórica fisiológica para sugerir que un mayor volumen de práctica proporcione un mayor aumento de la fuerza (Carpinelli y Otto, 1998, Carpinelli 2000). Se propone que la mejora en el rendimiento deportivo parece estar relacionada con la progresión hacia un mayor volumen cuando aumenta la experiencia en el entrenamiento de fuerza (ACSM's position stand, 2002), pero el uso de grandes cargas de entrenamiento no está basado en la idea de que "cuanto más mejor" (Virus, 1993), y la efectividad del volumen de entrenamiento aparentemente se reduce de manera progresiva cuando aumenta el rendimiento del deportista (Matveyer y Gilyasova, 1990). La dosis de la intensidad es igualmente determinante, pues mientras que la rápida o inmediata mejora del rendimiento puede estar directamente relacionada con la intensidad, el nivel final de rendimiento está inversamente relacionado con la intensidad de entrenamiento (Edington y Edgerton, 1976; en Stone y col. 1991).

Si bien el objetivo del entrenamiento será aplicar la dosis adecuada de la carga, dicha dosis está condicionada por una serie de situaciones que conviene plantearse. Por ello es necesario formularse una serie de preguntas clave y consideraciones sobre la relación entre la carga propuesta y la carga real y sobre la relación entre la magnitud de la carga y el rendimiento deportivo. La pregunta clave es: ¿la carga propuesta y cuantificada es realmente la que se pretende proponer? De ella se derivan otra serie de interrogantes y consideraciones:

- ¿El valor de la intensidad relativa propuesta es verdadero o no?: Los porcentajes, la velocidad, el tipo de esfuerzo... puede ser distinto al que se supone.
- La carga propuesta se ajusta al objetivo previsto, ¿pero es ajustada al sujeto o no?: La carga puede producir los efectos deseados, pero no ser la apropiada para todas las situaciones y sujetos.
- ¿El valor de una carga relativa ajustada tiene los efectos deseados o no?: La carga propuesta podría estar bien ajustada, pero para un efecto distinto al que pretendemos.

- ¿La carga realizada es realmente la programada y propuesta? Puede haber gran discrepancia entre el esfuerzo realizado y el esfuerzo programado y propuesto.
- ¿Qué variables debemos controlar? Sólo las relevantes, procurando que las demás no interfieran en el rendimiento. ¿Pero cómo determinar cuáles son esas variables?
- ¿Se deben controlar todos los ejercicios? Se deben controlar sólo aquellos que sean relevantes. ¿Pero cómo determinar cuáles son estos ejercicios?
- ¿Todos los ejercicios cuantificados inciden en la misma medida en el valor de la carga? No todos los ejercicios producen una misma carga ¿Necesitaríamos un coeficiente rectificador de cada ejercicio?
- ¿Cambian la importancia de los ejercicios y los objetivos del entrenamiento con el cambio del nivel deportivo? La relevancia de los ejercicios cambia con la mejora del nivel deportivo.
- ¿Qué intensidad controlar? ¿Desde qué valor (porcentaje) de intensidad cuantificamos? Sólo deberíamos controlar aquellos valores de carga que sean relevantes para el rendimiento deportivo. Aunque esto, obviamente, deja pendiente la determinación de cuál es el valor (porcentaje) mínimo relevante.

II.VI.VI *Dosificación de la Carga*

II.VI.VI.I *La Velocidad y la Potencia en la Dosificación de la Carga de Entrenamiento.*

Si pudiéramos controlar la velocidad de ejecución podríamos avanzar mucho en el control y dosificación del entrenamiento (González-Badillo,1991). En este caso lo que haríamos sería determinar la velocidad a la que se debe hacer el entrenamiento, sin preocuparnos de cuál es la resistencia (peso) que hay que emplear. Se iría aumentando el peso progresivamente en cada serie hasta que la velocidad de ejecución fuera la prevista. El número de repeticiones/serie vendría determinado por la reducción de la velocidad. Si se prescribe que hay que hacer repeticiones hasta que se pierda, por ejemplo, un 10% de la máxima velocidad, cuando ocurra esto la serie

se daría por terminada. El valor de la velocidad se elige en función del objetivo del entrenamiento. Esto exige que haya que tener claro cuál es la velocidad óptima para cada objetivo y qué margen de velocidad sería permitido perder. Por tanto, no se programa ni un porcentaje ni un peso determinado, sino una velocidad concreta a la que se ha de realizar el entrenamiento. Esta forma de controlar la intensidad no es fácil porque exigiría una medición permanente de cada repetición, pero de poder hacerlo, nos aseguraría en la mayor medida que el entrenamiento realizado es el que hemos programado, y, si el entrenamiento está bien programado, que estamos entrenando para obtener los objetivos previstos. La observación permanente del entrenamiento y la experiencia del entrenador podría suplir de manera satisfactoria la falta de instrumentos de medida.

Lo mismo que hemos dicho para la velocidad sería válido para la potencia. Pero en este caso tendríamos que tener en cuenta si la potencia programada hay que conseguirla con pesos que están por debajo de aquel con el que se alcanza la máxima potencia o por encima. Esto significa que trabajando con el mismo valor de potencia se estarían produciendo efectos muy diferentes. Por ejemplo, en un press de banca podríamos obtener la misma potencia con el 10% que con el 80% de 1RM, pero los efectos para el entrenamiento serían, obviamente, muy distintos.

II.VI.VI.II El Carácter del Esfuerzo en la Dosificación de la Carga de Entrenamiento.

Tradicionalmente, la dosificación y expresión del entrenamiento se ha venido haciendo a través de los porcentajes de 1RM. Pero la dosificación del entrenamiento por este procedimiento, aunque tiene algunas ventajas, presenta una serie de inconvenientes que aconsejan no utilizarlo en la programación del entrenamiento.

La expresión de la intensidad a través de porcentajes de 1 RM tiene la ventaja típica de que puede servir para programar el entrenamiento para muchos sujetos al mismo tiempo, ya que un mismo esfuerzo para todos los sujetos se puede

expresar en términos relativos (%1 RM) y cada cual calcular el peso con el que debería realizar el entrenamiento. Pero sobre todo tiene la ventaja de que conociendo los porcentajes máximos a los que se tiene que llegar en cada entrenamiento se puede reflejar muy claramente la dinámica de la evolución de la intensidad (y en el fondo de la carga), lo cual permite obtener una información muy valiosa sobre cuál es la concepción del entrenamiento que tiene el entrenador, el sistema de trabajo y la exigencia de entrenamiento que se está proponiendo.

Pero la expresión de la intensidad a través de porcentajes de 1 RM tiene también importantes inconvenientes como los que indicamos a continuación:

- El primero de ellos es que la RM no se debe medir en sujetos jóvenes o con poca experiencia en el entrenamiento de fuerza. Esto es así por tres razones. Primero porque los resultados no serían fiables: existiría una inhibición por miedo, inseguridad y falta de técnica; segundo porque podría entrañar algún riesgo de lesión; y tercero porque no es necesario, pues hay otras formas de hacer una estimación de la RM que pueden ser totalmente válidas para organizar el entrenamiento sin necesidad de hacer un test máximo.
- El segundo inconveniente se deriva del hecho de que el valor del tanto por ciento que proponemos para entrenar no se corresponda con el valor de la RM real del día de entrenamiento, puesto que el valor de la RM del sujeto puede variar después de varias sesiones de entrenamiento. Esto puede ocurrir tanto por defecto como por exceso. En ambos casos habría que recurrir al ajuste del peso en función del esfuerzo programado.
- También puede ocurrir que no se haya hecho correctamente la medición de la RM. Si, por ejemplo, al medir la RM en un press de banca, la velocidad media del movimiento ha sido igual o superior a $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, la RM medida estará por debajo de la real (González-Badillo, 2000b). Esto va a significar dos cosas: primero que a partir de aquí, y probablemente hasta que se haga un nuevo test, todos los entrenamientos tenderán a realizarse con resistencias inferiores a las que teóricamente están programadas, es decir, los esfuerzos realizados serán sistemáticamente inferiores a los programados; y en segundo lugar que las

posibilidades de mejorar el valor de la RM en el siguiente test serán mucho mayores, puesto que cuando el sujeto realizó el test anterior, su rendimiento ya estaba por encima de lo que se consideró como 1RM en dicho test. Por el contrario, cuando la velocidad media en el test ha sido de $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ o menos, la RM será real o estará muy próxima a su valor real, y esto va a tener unas consecuencias opuestas a las del caso anterior.

Estos pequeños detalles conviene tenerlos en cuenta, pues nos pueden llevar a conclusiones erróneas tanto acerca del efecto del sistema o método de entrenamiento que estamos llevando a cabo, como de las características del mismo: los sujetos con una RM real resultará que teórica y aparentemente han entrenado menos porque habrán conseguido una intensidad media menor, cuando lo cierto es que pueden ser los que mayor esfuerzo hayan realizado. Lo contrario ocurrirá con los que trabajan sobre una RM inferior a la real.

Es importante tener en cuenta también que un mismo porcentaje puede significar dos cargas diferentes si se hace con ejercicios cuya RM se alcance a velocidades muy distintas, como por ejemplo ocurre con un press de banca y una cargada de fuerza.

En el punto anterior acabamos de hacer una propuesta mucho más racional para controlar y ajustar el esfuerzo realizado en el entrenamiento, pero que presenta algunos inconvenientes debido a la dificultad que supone la medición de la velocidad y la potencia en cada repetición. Por ello vamos a proponer que la expresión, control y dosificación del entrenamiento se haga a través del carácter del esfuerzo. Este sistema puede permitir que la precisión con la que se consiga el objetivo de ajustar el esfuerzo sea casi tan buena como la que se consigue a través de la velocidad o la potencia, pero con la ventaja de que puede ser incluso el mismo sujeto el que se controle su propio esfuerzo, y si el entrenador está presente, el ajuste podrá ser aún mayor.

El carácter del esfuerzo viene expresado por la relación entre las repeticiones realizadas y las repeticiones realizables (repeticiones que se podrían realizar con un peso concreto) en una serie. Para definir el carácter del esfuerzo hay que considerar

no sólo la diferencia entre las repeticiones realizadas y las realizables, sino además los valores concretos de dichas repeticiones. No sería, por tanto, el mismo entrenamiento (esfuerzo) hacer 8 repeticiones de 10 posibles que 2 de 4, aunque la diferencia entre las repeticiones realizadas y realizables sea en los dos casos de dos repeticiones.

El entrenamiento expresado a través del carácter del esfuerzo se indica con el número de repeticiones por serie a realizar como entrenamiento y, entre paréntesis, el número de repeticiones por serie que se podría realizar si el sujeto intentara hacer las máximas posibles con el peso indicado. Así, si el entrenamiento es 3x6 (10), queremos decir que hay que hacer tres series de seis repeticiones con un peso con el que se puedan hacer diez. Si, por ejemplo, el entrenamiento consistiera en realizar tres series de cuatro repeticiones con un peso con el que se pudieran realizar seis [4x4 (6)], el sujeto iniciará el entrenamiento realizando series de cuatro repeticiones desde un peso ligero para él –lo cual, además, le sirve de calentamiento– e irá aumentando la resistencia con una progresión lógica, haciendo siempre cuatro repeticiones por serie, hasta que el propio sujeto o su entrenador o ambos consideren que el peso con el que está realizando la serie es con el que podría hacer seis repeticiones.

Una vez conocido este peso, que es el que representa al esfuerzo programado, el sujeto realizará con él el total de las series previstas. Es lógico que después de hacer tres o cuatro series con el mismo peso, sobre todo si éste es relativamente alto, la dificultad de ejecución sea progresivamente mayor y se pueda interpretar que se está entrenando con mayor carga de la prevista. Esto es inevitable y no significa una desviación de la magnitud de la carga programada. Esta progresiva dificultad está prevista, y es necesaria para que se produzca el efecto deseado en la mayoría de las sesiones de entrenamiento. No obstante, cabe la posibilidad de que, si se observa que la dificultad de ejecución es excesiva, se reduzca la resistencia (peso) en la última o las últimas series para ajustarlas a la capacidad del sujeto. De la misma manera, si se observa que la resistencia es demasiado ligera, ésta se aumentará en las últimas series. Una vez conocido el peso de entrenamiento para el ejercicio y la sesión del día, este peso servirá como referencia para posteriores entrenamientos en

los que el esfuerzo propuesto sea el mismo, aunque no necesariamente se vaya a utilizar de nuevo el mismo peso, puesto que la condición física del sujeto puede ser distinta y, por tanto, el peso que represente a dicho esfuerzo también deberá ser distinto. Ésta es precisamente la gran ventaja de este sistema: el sujeto siempre realiza el entrenamiento previsto, porque selecciona cada día la resistencia a través de la cual se ajustará en mayor medida al esfuerzo programado, e incluso la puede ajustar una vez iniciada la sesión, sin preocuparse de con qué porcentaje de 1RM está trabajando.

No cabe duda de que cuanto mayor sea la diferencia entre las repeticiones a realizar y las realizables, menor será el ajuste del esfuerzo. Pero también es cierto –afortunadamente– que en estos casos estaremos hablando de un carácter del esfuerzo relativamente bajo, y cuanto más bajo sea éste menos grave es un ligero desajuste del esfuerzo. Por el contrario, cuando más “peligroso” es alejarse del esfuerzo programado es cuando el carácter del esfuerzo es alto, máximo o casi máximo, y en estos casos el ajuste es verdaderamente bastante preciso y más fácil de obtener.

Para ajustar el entrenamiento cuando el objetivo del mismo sea estimular de manera específica la producción de máxima potencia en el ejercicio entrenado, tendríamos que hacer algunas aclaraciones. Si se trata de ejercicios cuya RM se alcanza a velocidades medias inferiores a $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, lo más apropiado sería medir la potencia desarrollada en la ejecución del ejercicio y trabajar con los pesos en los que se alcance la máxima potencia. Si esto no es posible, se podría medir la velocidad media: la máxima potencia se alcanzaría con velocidades medias próximas a $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Si no se puede hacer ninguna de las dos cosas, habría que entrenar con los porcentajes aproximados a los que se alcanza la máxima potencia en cada ejercicio. El posible desajuste de los porcentajes en estos casos quizá no tenga tanta importancia, pues la máxima potencia se puede estimular de manera suficiente y adecuada con porcentajes próximos –tanto superiores como inferiores– a aquel con el que se alcanza la máxima potencia. Concretamente, en estos ejercicios (velocidad con la RM $<0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) el margen de porcentajes útiles para estimular la máxima potencia oscilaría aproximadamente entre el 35 y el 60 % de 1 RM. En el caso de que se trate de ejercicios en los que la RM se alcance a velocidades medias superiores a

0,5 m · s⁻¹, la utilización del carácter del esfuerzo sería totalmente útil. En estos ejercicios, la máxima potencia se alcanza cuando el peso utilizado sólo permite hacer de dos a cuatro repeticiones por serie.

II.VII *Supuestos Básicos de la Adaptación*

El proceso de adaptación es el marco en el que se han de basar todas las decisiones acerca de la metodología y la investigación del rendimiento deportivo. La investigación acerca del entrenamiento es propiamente una investigación acerca de los mecanismos y leyes que rigen la adaptación. Como en cualquier otra ciencia, los resultados empíricos, derivados de la práctica, han de buscar su explicación científica para llegar a formular los conceptos teóricos, principios y leyes que definan a la propia adaptación y que justifiquen la metodología del entrenamiento.

Tanto los agentes naturales como el entrenamiento actúan como estímulos que provocan un estrés (desgaste, desequilibrio) en el organismo. El estrés se manifiesta a través de un síndrome que se conoce como “síndrome general de adaptación” (H. Selye). La reacción a este estrés es general/inespecífica (producida sobre todo el organismo en general) y específica (producida fundamentalmente sobre algún órgano o sistema concretos). El estrés, como reacción defensiva y adaptativa, crea una sólida base metodológica para revelar la esencia del entrenamiento deportivo como complejo proceso de adaptación (T. Zhelyazkov, 2001).

La teoría clásica de la adaptación ha sido criticada. Es conocida como la teoría de la “supercompensación” o teoría de un factor (Zatsiorsky, 1995). Según este autor, la existencia de una fase real de supercompensación para la mayoría de las sustancias metabólicas no ha sido nunca probada experimentalmente, excepto para el glucógeno. Las concentraciones de sustancias bioquímicas de vital importancia para la contracción muscular como el ATP (adenosin trifosfato) no cambian sustancialmente incluso después de una fuerte sesión de entrenamiento. La restauración a los niveles iniciales de diferentes sustancias metabólicas requiere

tiempos desiguales, y no está nada claro qué criterio se debería seguir para seleccionar el tiempo adecuado entre dos sesiones consecutivas de entrenamiento.

Otras objeciones a la propuesta clásica sostienen que la adaptación refleja la acción consecutiva de los factores únicos: carga – fatiga – recuperación – supercompensación – regreso al nivel normal. Esta teoría propone únicamente la marcha ascendente del proceso adaptativo. Cada carga posterior se debe aplicar solamente en la fase de supercompensación y siempre se espera a la fase de supercompensación. En la práctica deportiva esta secuencia no es realista. La frecuencia de las sesiones es mayor de lo que teóricamente marcaría el tiempo de recuperación y no todas tienen el objetivo de adaptación general. Determinados procesos de adaptación relacionados con la supervivencia se mantienen durante toda la vida.

Para intentar superar estas aparentes deficiencias se propone una teoría bifactorial. Si bien es probable que la propuesta sea correcta, no vemos que realmente sirva para superar la teoría clásica. La exponemos a continuación.

Dicha teoría está basada en la idea de que la preparación del rendimiento del deportista no es estable, sino más bien varía con el tiempo. Reconoce dos componentes en la preparación del deportista:

1. Los que cambian lentamente y no se modifican en espacios pequeños de tiempo: acondicionamiento físico o forma física.
2. Los que cambian rápidamente por la influencia súbita de factores estresantes: fatiga, sobre-estrés psicológico, enfermedad repentina.

De acuerdo con esta teoría, el efecto inmediato de entrenamiento después de una sesión de trabajo es una combinación de dos procesos:

1. La mejora de la condición física provocada por la sesión de trabajo: influencia positiva, tendencia a la mejora.
2. La fatiga: influencia negativa, tendencia a la reducción del rendimiento debido a la fatiga. El efecto final viene determinado por la suma de lo positivo y lo negativo.

La ganancia en condición física en una sesión se supone muy pequeña, pero duradera. El efecto de la fatiga es mayor, pero de corta duración. Se asume que, a groso modo, en una sesión con una carga de entrenamiento media, la duración de la ganancia de condición física es tres veces superior a la duración de la fatiga (relación 3:1). Por ejemplo, si el efecto negativo de la fatiga fuera de 24 horas, el efecto inmediato positivo (la ganancia) duraría 72 horas.

Nosotros hacemos una propuesta personal sobre los supuestos básicos del proceso de adaptación y del entrenamiento aplicables a la práctica deportiva (González-Badillo, J.J., 1994). Esta propuesta está basada en la relación entre una serie de supuestos básicos de la adaptación y del entrenamiento, que son los siguientes: el potencial de adaptación genético, la capacidad de rendimiento máximo, la capacidad de rendimiento actual, el déficit de adaptación, la exigencia de entrenamiento, la reserva de rendimiento actual y la reserva de adaptación inmediata. La relación entre estos condicionantes del entrenamiento determina los resultados deportivos y justifican las decisiones a tomar con respecto a la dosificación de la carga que debe aplicarse.

El Potencial de Adaptación Genético (PAG) indica que cada sujeto nace con unas posibilidades o capacidades de adaptación. Este potencial es el que marca las "posibilidades" del sujeto en un deporte concreto o en el desarrollo de una capacidad física

La Capacidad de Rendimiento Máximo (CRM) es el porcentaje del PAG conseguido o desarrollado hasta la fecha. En nuestro caso se podría expresar como 1RM o como la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo ante una carga concreta, o bien como la máxima fuerza isométrica o excéntrica. La CRM también la entendemos como la máxima carga global (síntesis del estrés producido por el volumen, la intensidad, la densidad y el tipo de ejercicio empleado) que podría soportar un sujeto en una unidad de entrenamiento sin llegar a un estado de fatiga extremo. La unidad de entrenamiento considerada en este caso sería fundamentalmente una sesión.

La Capacidad de Rendimiento Actual (CRA) es el porcentaje de la CRM que se podría alcanzar en un momento concreto. Normalmente, un sujeto no puede alcanzar en todas las sesiones de entrenamiento el máximo resultado o récord personal alcanzado en un test previo. También es cierto lo contrario: en algunos casos o momentos del ciclo el sujeto puede estar en condiciones de superar el resultado obtenido en dicho test previo. La CRA determina la carga de entrenamiento.

El Déficit de Adaptación (DA) es la diferencia entre la CRM y el PAG. No se puede cuantificar con precisión esta diferencia, pero la observación permanente de la evolución del sujeto, la experiencia del entrenador y la referencia de casos anteriores, entre otros detalles, pueden ofrecer información suficiente como para hacer una estimación cualitativa. La carga que mejor se ajusta a las necesidades de entrenamiento del sujeto es distinta en función de esa reserva de adaptación que resta por desarrollar.

La Exigencia de Entrenamiento (EE) es el grado de carga o esfuerzo que significa un entrenamiento con respecto a la CRA. La mayor o menor aproximación a la CRA en cada sesión de entrenamiento determina el valor de carga empleado. La sucesión de "exigencias de entrenamiento" (EsE) a través de un ciclo de trabajo constituye en sí misma la propia programación del entrenamiento.

La Reserva de Rendimiento Actual (RRA) es el porcentaje de la CRA que no es utilizado en una sesión de entrenamiento. Parece razonable pensar que el mejor entrenamiento no es el que agota cada día la máxima CRA. De ser así, no sería necesario programar el entrenamiento. Pero la experiencia y los resultados de los estudios que analizan el efecto del entrenamiento tanto desde el punto de vista neuromuscular como metabólico indican que un trabajo de ese tipo siempre llevaría al sobreentrenamiento.

La Reserva de Adaptación Inmediata (RAI) es el margen de mejora de la adaptación o la posibilidad de progresión que tiene un deportista en un ciclo de entrenamiento (8-16 semanas aproximadamente). Aunque al programar un ciclo de entrenamiento lo normal es que siempre se diseñe con la esperanza de que se produzca una mejora del rendimiento, la experiencia indica que, incluso realizando un

entrenamiento razonable y objetivamente eficaz, una serie de circunstancias personales y fisiológicas, más o menos conocidas, hacen que las posibilidades de mejora durante cada ciclo sean diferentes.

Para que una carga sea efectiva, es necesario que la EE se acerque a la CRA. Tanto si se queda muy lejos, como si se trabaja de forma reiterada en los límites máximos del rendimiento actual, la adaptación positiva no se produce. Por tanto, asegurar una RRA adecuada en cada sesión es necesario en casi todos los entrenamientos. Sólo en algunos ejercicios, y con una frecuencia controlada, es permisible agotar la CRA.

La EE se acerca a la CRA en mayor o menor medida y con mayor o menor frecuencia en función del objetivo del entrenamiento. Por ejemplo, cuando el objetivo es el desarrollo de la fuerza principalmente a través de la vía de la hipertrofia muscular, se llega más cerca del número máximo de repeticiones por serie que puede hacer el sujeto y el grado de fatiga local y general es mucho más alto que cuando el objetivo es el desarrollo de la potencia o la velocidad máximas.

Cualquiera que sea el PAG de un sujeto, durante un ciclo de entrenamiento sólo existen unas posibilidades limitadas de adaptación o mejora en el desarrollo de la fuerza. Este margen de superación (RAI), así como el periodo en el que se agota esta capacidad de mejora, varía en función de distintos factores, que, en su mayoría, están relacionados entre sí. De ellos, podríamos destacar los siguientes:

1. **Edad del sujeto:** cuanto más joven sea el sujeto, mayor será el déficit de adaptación, más tiempo se puede mantener la adaptación dentro de un ciclo, más rápida será la adaptación y menor será el estímulo necesario para progresar.
2. **Tiempo dedicado al entrenamiento:** cuanto más tiempo se haya dedicado al entrenamiento hasta la fecha, menor será el déficit y menor el margen de adaptación dentro de un ciclo.
3. **Nivel deportivo alcanzado:** cuanto mayor sea el nivel deportivo, menor será el déficit, menor el margen de adaptación dentro de un ciclo y mayor la carga necesaria para progresar.

4. **Frecuencia de entrenamiento:** dentro de un mismo nivel deportivo, cuanto mayor haya sido la frecuencia de entrenamiento, menor será el margen de progresión y mayor la carga (y frecuencia) necesaria para progresar.
5. **Objetivo del entrenamiento:** los procesos bioquímicos complejos como los relacionados con la capacidad aeróbica y el desarrollo de la masa muscular necesitan más tiempo que los efectos neurales y la adaptación glucolítica anaeróbica.
6. **La adaptación no guarda una relación lineal con el tiempo:** de los puntos anteriores se deduce que la adaptación no es un proceso que presente una relación lineal entre carga/tiempo y efecto/rendimiento, sino que es una relación logística.

La adaptación se ajusta, como es lógico al principio de la especificidad, o, mejor dicho, el principio de especificidad existe porque la adaptación exige especificidad. El proceso e importancia de la expresión de proteínas y su relación con el tipo de carga constituyen uno de los elementos centrales de este proceso. Su relación con la especificidad, uno de los principios clave del entrenamiento, justifica su estudio. La especificidad se expresa en los siguientes términos:

- El proceso adaptativo se manifiesta en relación con los estímulos de mayor magnitud y relevancia para el estado actual del organismo.
- No es posible reaccionar de manera notable a varios estímulos de características opuestas o dispares y que por tanto van orientados a sistemas funcionales diferentes.
- Las reacciones de “espera” se producen en momentos distintos y con diferente magnitud y tiempo útil según los tipos de estímulos.
- Influyen tanto la magnitud como las características de los estímulos y su periodicidad.
- Si no se atiende a estas características de la reacción, se reprime la actividad funcional y se destruyen las modificaciones estructurales en marcha.

- El potencial genético específico marca la orientación de las cargas que son más efectivas y las que pueden interferir el rendimiento individual.
- De lo anterior se deriva la recomendación de no tratar de conseguir altos rendimientos en cualidades no específicas si con esto se limita el rendimiento global.
- Todos los efectos de entrenamiento se basan en los cambios inducidos por los ejercicios sobre el organismo.
- Estos cambios dependen de la naturaleza, intensidad y duración de la ejecución del ejercicio.
- Cada ejercicio de entrenamiento produce un cambio específico necesario para obtener el objetivo del entrenamiento.
- Los efectos se basan en los cambios adaptativos de proteínas.
- Se ha propuesto que los metabolitos acumulados y los cambios hormonales durante y después del ejercicio son inductores de la síntesis específica de proteínas (Virus, 1995). Esto garantiza el aumento de la actividad de las células estructurales y de los enzimas metabólicos.
- Además, entre las señales más apropiadas están las señales nerviosas y hormonales (extramusculares) y el calcio y el AMPc (adenosín-monofosfato cíclico), como señales intramusculares.
- Aunque la dotación genética de una célula muscular esté completa, sólo se diseñan y montan (expresan) aquellas proteínas para las que se haya recibido la señal correspondiente.
- La señal se forma en función de las características de los ejercicios y del grado de intensidad y volumen de la sesión de entrenamiento.
- La creación de estas señales depende en parte de la voluntad del sujeto y, por supuesto, de las características de la carga.
- Según el tipo de estimulación nerviosa se provocará una mayor o menor presencia de calcio iónico intracelular y un tipo de proteína (un tipo de fibra muscular) u otro.

II.VIII La "Transferencia" en el Entrenamiento de Fuerza

Todas las actividades de entrenamiento que realiza un deportista y que programa su entrenador tienen como único objetivo obtener el mayor efecto positivo sobre el rendimiento específico. Esto significa que se trabaja con la esperanza de que tanto la ejecución de la actividad realizada como la mejora obtenida en la propia actividad vayan a reflejarse en un mayor rendimiento en la actividad de competición. Esta aplicación del efecto del entrenamiento, que no siempre se consigue y que presenta más dificultades cuanto mayor es el nivel de rendimiento del deportista, es un proceso de transferencia. Por tanto, el entrenamiento es un proceso permanente de intentos de transferencia (González-Badillo y Ribas, 2002).

En el entrenamiento deportivo, transferencia es la influencia o efecto que tiene la ejecución de un tipo de entrenamiento, o los cambios en el propio ejercicio realizado o ambas cosas, sobre otra actividad deportiva diferente. El tipo de entrenamiento que supuestamente tiene la facultad de producir transferencia debe ser distinto de aquel sobre el que influye. Esta distinción se expresa tanto por el tipo de ejercicio y la forma de realizarlo, como por la carga de entrenamiento: intensidad y volumen. La realización del mismo ejercicio de competición, pero con algunas variaciones como ligeros cambios en la ejecución, en la distancia o tiempo de ejecución, en la velocidad, en la resistencia utilizada o en otras variables propias del ejercicio de competición, también se pueden considerar como ejercicios dotados de capacidad de transferencia. Cuando el ejercicio es exactamente igual que aquel con el que se van a medir los resultados, no se puede hablar de transferencia.

Metodológicamente, para poder medir si se produce transferencia es necesario que la actividad objeto de la transferencia no se entrene. El grado de transferencia se mide por la relación entre los cambios producidos en la actividad entrenada y los que se producen en la no entrenada (Zatsiorsky, 1995). Para poder afirmar que la actividad A tiene una transferencia sobre la actividad B, durante el entrenamiento de A no se debería realizar ningún otro entrenamiento ni tampoco, por supuesto, practicar la actividad B, puesto que, de lo contrario –y obviamente–, los

cambios en la actividad B podrían estar influidos conjuntamente por su propio entrenamiento y por el efecto de los demás entrenamientos realizados. Esta situación no se da normalmente en la práctica del entrenamiento deportivo, por tanto, para avanzar en el conocimiento de estos procesos habría que crear una situación experimental en la que se controlaran debidamente las variables de interés. Sin embargo, en la práctica se habla con mucha frecuencia y ligereza sobre "transferencia" y, sobre todo, de "ejercicios de transferencia" y "fases de transferencia". La transferencia es un componente de todo el proceso de adaptación y un aspecto importante de la teoría del entrenamiento. Hacemos tal cosa porque es "buena" para el rendimiento. Si una actividad de entrenamiento es "buena", significa que se está produciendo un proceso de adaptación positiva, en la que muchas veces está presente la transferencia. Una de las tareas de la programación del entrenamiento es hacer coincidir los momentos álgidos de adaptación – en los que se incluyen los efectos de la transferencia– con las fechas de competición. Por tanto, este aspecto de la transferencia tiene mucha importancia para el rendimiento en competición.

Cuando hablamos de transferencia, nos podemos referir tanto a efectos positivos como negativos. Si los efectos son positivos estamos ante una transferencia positiva o simplemente transferencia. Si son negativos, lo que se produce es una transferencia negativa o interferencia. Se puede considerar que hay interferencia tanto cuando el entrenamiento realizado reduce el rendimiento en otra actividad como cuando lo estabiliza o disminuye su progresión. Por ejemplo, un entrenamiento de fuerza bien orientado puede producir transferencia (positiva) sobre la resistencia, mientras que otro mal diseñado podría dar lugar a una interferencia. Pero también se puede dar el caso de que algunos ejercicios o entrenamientos sean irrelevantes para el rendimiento, por lo que los podríamos considerar como neutros. Y si esto es así, su utilización para la mejora del rendimiento no tendría ningún sentido.

La transferencia (positiva) que proporciona un determinado entrenamiento o ejercicio no es permanente, aunque las estructuras de los movimientos sigan siendo las mismas. Esto se debe a que los factores determinantes del rendimiento pueden cambiar a medida que se eleva el nivel deportivo.

Por ejemplo, en los primeros años de práctica nos podemos encontrar con una alta relación lineal positiva entre la fuerza máxima y el rendimiento específico, sin embargo, cuando se alcanza un alto nivel de rendimiento esta relación desaparece, e incluso, si nos empeñamos en demasía, podría llegar a ser hasta negativa (interferencia) en casos extremos. Esto podría significar que en determinados niveles de rendimiento la producción de fuerza por unidad de tiempo, por ejemplo, pasa a ser más determinante que el pico máximo de fuerza que se pueda alcanzar en un ejercicio de entrenamiento. Esta falta de transferencia también podría deberse a la "acomodación" o "adaptación negativa" provocada por la utilización inadecuada de los ejercicios y, sobre todo, de las cargas de entrenamiento. Si ésta es la causa, la falta de transferencia probablemente sería transitoria, recuperándose después de aplicar cambios en las cargas, que podrían, incluso, incluir un descanso especial, prolongado, que en muchos casos es la mejor solución a la mayoría de los estancamientos en la mejora del rendimiento deportivo (González- Badillo, 1991).

Hasta aquí hemos hablado sobre qué es la transferencia, pero también es importante saber qué no es. A continuación, comentamos algunas de las actividades que suelen considerarse como transferencia y que realmente no lo son. Los siguientes son ejemplos de no transferencia:

La ejecución de un ejercicio diferente inmediatamente después del entrenamiento o del ejercicio de fuerza. Éste es uno de los errores más comunes. Con mucha frecuencia se dice –y se realiza en la práctica– que inmediatamente después del ejercicio de fuerza hay que hacer otro ejercicio –supuestamente más específico– para "transferirle la fuerza", supuestamente desarrollada, en el en el primer ejercicio, aunque realmente no sabemos qué es lo que quieren "transferir". Esta actividad no sólo no es una transferencia, sino que puede ser incluso negativo para el rendimiento (entrenamiento erróneo). Y esto es así por las siguientes razones:

- En primer lugar, porque cuando se hace un ejercicio, dicho ejercicio no se está transfiriendo nada a sí mismo, sino que lo que se hace es, simplemente, entrenar el propio ejercicio. El ejercicio que supuestamente genera la transferencia ya se ha realizado previamente, y su efecto

(transferencia) se habrá producido o no, pero ya no se puede hacer nada. Incluso, si siempre hacemos esta misma secuencia de "primero fuerza e inmediatamente después el ejercicio para transferir", pasará el tiempo y nunca sabremos si ha habido transferencia o no, puesto que nunca sabremos si los resultados obtenidos al final en el segundo ejercicio se deben a una transferencia o a la práctica del propio ejercicio.

- Cabe la posibilidad de que la combinación de ambos ejercicios o la utilización de distintas cargas en el mismo ejercicio (intensidad- volumen) pudiera producir un efecto sinérgico –sobre el ejercicio de competición o sobre cualquier otro– superior al que se podría obtener si se hiciera solamente uno de ellos. Esto puede ocurrir y, de hecho, se ha comprobado experimentalmente (Adams y col. 1992; Harris y col. 2000), pero no significa que, necesariamente, haya habido transferencia del primer ejercicio sobre el segundo, sino que esta secuencia de ejercicios permite un mayor rendimiento sobre un tercero o sobre uno de los dos ejercicios realizados.
- Si el entrenamiento de fuerza no produce fatiga notable y el ejercicio que se realiza en segundo lugar es intenso (realizado a alta velocidad) y de muy corta duración, el trabajo de fuerza realizado previamente no quedaría, probablemente, afectado por la realización del segundo ejercicio, con lo que al menos se obtendría algún beneficio del entrenamiento, que sería, en este caso, al menos, la mejora de la fuerza. Pero si el entrenamiento de fuerza es muy pesado, con cargas (resistencias) muy altas y numerosas repeticiones, y el ejercicio realizado en segundo lugar pretende ser intenso y de muy corta duración, éste ni siquiera se realizaría en las mejores condiciones, puesto que después de una sesión prolongada de entrenamiento de fuerza máxima la fatiga neuromuscular afectaría a la velocidad de acortamiento del músculo. El ejercicio resultará "torpe" y realizado a menor velocidad de la que sería necesaria para producir los efectos deseados.

- La situación puede empeorar si después del ejercicio o entrenamiento de fuerza lo que se realiza inmediatamente es un entrenamiento de resistencia. Puesto que no sólo no se producirá ninguna transferencia, sino que el entrenamiento de fuerza quedaría "mutilado", ya que los efectos de dicho entrenamiento se verían muy reducidos, si no totalmente eliminados, puesto que en las horas posteriores al entrenamiento de fuerza lo correcto sería descansar para permitir la recuperación funcional y estructural, y especialmente que se facilitara la síntesis y recambio de proteínas, que están en la base de la adaptación del entrenamiento de fuerza. Pero además de este efecto negativo para la fuerza, es posible que también se perjudicara la técnica del ejercicio de resistencia, y, por tanto, difícilmente se produciría, no ya una transferencia, que está descartada, sino cualquier beneficio técnico cuando se está entrenando con una fatiga producida por una actividad muy diferente a la de competición.
- El desarrollo sucesivo en el tiempo de dos expresiones de fuerza distintas. Esto sería una generalización del caso comentado sobre "la ejecución de un ejercicio diferente inmediatamente después del entrenamiento o del ejercicio de fuerza", pero con más separación en el tiempo. Se suele decir que en una fase de un ciclo de entrenamiento se pone el énfasis en el entrenamiento de una determinada manifestación de fuerza, generalmente de la fuerza "máxima", y después de varias semanas de entrenamiento se realiza (programa) una fase de "transferencia". Si tenemos en cuenta lo que hemos expuesto hasta ahora, se puede deducir que esto no tiene nada que ver con la transferencia. Con el entrenamiento realizado en la primera fase se ha podido obtener alguna mejora en los ejercicios con los que se ha entrenado, y, además, ha podido producirse cierta transferencia sobre otros ejercicios y expresiones de fuerza no entrenados específicamente. Y esta transferencia está ahí, ya se ha producido. Tendrá como consecuencia que estos otros ejercicios y manifestaciones de fuerza habrán mejorado sin haberlos entrenado especialmente. El nuevo tipo de entrenamiento, que

pone el énfasis sobre otros ejercicios o formas de realización del entrenamiento, y que comienza en la nueva fase, producirá su propio efecto y, a su vez, podrá producir su transferencia a otros rendimientos deportivos.

Lo que sí puede ocurrir, y esto sí tiene sentido, es que después de haber mejorado, por ejemplo, los valores de fuerza máxima, la situación es más favorable, por ejemplo, para mejorar la potencia, puesto que una mayor fuerza máxima es un elemento necesario – aunque no siempre suficiente– para mejorar la potencia (potencia = fuerza · velocidad). Si una vez mejorada la fuerza –y mantenida, pues no se puede volver a los valores iniciales de fuerza–, damos mayor énfasis a las cargas más próximas a los valores (porcentajes) que producen la máxima potencia, intentamos mejorar la velocidad y reducimos –pero no eliminamos– la proporción de entrenamiento orientado a la fuerza máxima, es probable que obtengamos el máximo beneficio de la fuerza máxima desarrollada en la primera fase.

Esta secuencia en el énfasis de las distintas formas de entrenar puede llevar a mejores resultados, pero las posibles transferencias están fluyendo permanentemente de los entrenamientos precedentes a los rendimientos posteriores, y, por tanto, no se producen en el momento de entrenar los ejercicios que supuestamente han de beneficiarse de la transferencia, sino que ya están presentes y no podemos influir sobre ellas si los ejercicios precedentes ya no se realizan.

Por tanto, las transferencias no se "reciben", precisamente, en el momento de entrenar, ni mucho menos cuando nosotros "damos la orden de que empiece la transferencia", luego no tiene sentido "hacer una fase de transferencia". Las fases de transferencias son todas las del ciclo y cada uno de los entrenamientos, hasta que se compite. Muchas veces el sujeto está en mejor forma antes de empezar la supuesta fase de "transferencia" que cuando ha terminado ésta.

Como decíamos al principio, todo lo que hacemos como entrenamiento tiene como objetivo alcanzar el máximo efecto sobre el ejercicio de competición, es decir, la máxima transferencia.

Obviamente, en la práctica del entrenamiento las cosas son bastante complejas. Siempre se están produciendo una serie de transferencias, positivas y negativas, que se mezclan, se potencian y se atenúan mutuamente. No todas esas transferencias se pueden controlar. Por eso a veces creemos que el efecto del entrenamiento se debe a "una cosa" y realmente se debe a "otra".

II.IX Entrenamiento de la Fuerza

Exponemos a continuación las características fundamentales del entrenamiento de distintas expresiones de fuerza y potencia.

II.IX.I Entrenamiento de la Fuerza Máxima

La fuerza máxima en este caso la entendemos como la fuerza dinámica máxima (1RM), aunque con el entrenamiento propuesto se mejorarán también todos los valores de fuerza con cargas inferiores a la máxima. Las características básicas del entrenamiento para la mejora de la fuerza máxima son las siguientes:

Tabla 9. Fuerza Máxima

• <i>Objetivo:</i> mejorar la fuerza dinámica máxima en los ejercicios que se consideren más relevantes para la mejora del rendimiento específico.	
• <i>Resistencias</i>	cualquiera, desde el mínimo porcentaje individual hasta el 100% de 1RM
<i>Repeticiones por serie</i>	desde 10 a 1
<i>Carácter del esfuerzo</i>	desde 10 (16) a 1 (1)
<i>Recuperación entre series:</i>	2-5 minutos
<i>Velocidad de ejecución:</i>	máxima o próxima a la máxima posible ante cada resistencia

<i>Frecuencia semanal:</i>	desde 1 a 3-4 veces, pero no más de 2-3 veces el mismo ejercicio con cargas importantes
<i>Duración de este tipo de entrenamiento como objetivo prioritario</i>	3-8 semanas
<i>Ejercicios fundamentales:</i> todos	los ejercicios relevantes para la mejora de fuerza en la especialidad deportiva concreta.

Con relación a las resistencias, debemos tener en cuenta que cuando hablamos de porcentajes nos referimos a porcentajes reales de la RM que podría alcanzar el sujeto en un momento concreto. Cualquier resistencia que supere a la que se utiliza habitualmente es suficiente para producir un aumento de la fuerza máxima. Por ello, el porcentaje mínimo que sería útil para un sujeto no se puede determinar. Es decir, la fuerza máxima se desarrolla con cualquier carga, y la carga concreta en cada caso depende de la situación inicial del sujeto.

Los márgenes de frecuencia semanal son aplicables a todos los deportes excepto a algunos especializados en fuerza como la Halterofilia. La frecuencia será mayor cuanto mayores sean las necesidades de fuerza de un deporte. La frecuencia está limitada tanto por la menor necesidad de fuerza como por las exigencias de entrenamiento de otras cualidades.

La duración de este tipo de entrenamiento como objetivo prioritario dentro de un ciclo completo de entrenamiento (8-14 semanas aproximadamente) viene determinada por los siguientes factores:

Tabla 10. *Fuerza Máxima*

<i>Necesidades de fuerza:</i>	La tendencia será a que esta fase dure más, cuanto mayor sean las necesidades de fuerza.
<i>Duración total del ciclo:</i>	cuanto más dure el ciclo, más se prolongará este tipo de entrenamiento.

<i>Momento en el que se realiza el ciclo</i>	generalmente, los primeros ciclos de la temporada deberán llevar un porcentaje mayor de este tipo de entrenamiento, por lo que será en ellos cuando más dure.
<i>Tiempo dedicado en ciclos anteriores inmediatos</i>	se tenderá a que no en más de un ciclo se dedique muy poco tiempo a este objetivo. Por tanto, el tiempo dedicado depende en parte de lo realizado en los dos ciclos anteriores

Los ejercicios fundamentales utilizados estarán en función de las características técnicas de los deportes. Algunos ejercicios localizados pueden ser especialmente idóneos en algunos deportes, por lo que será en ellos en los que se trabajará con mayor énfasis y control. Cuando no sea éste el caso, estos ejercicios serán generalmente un complemento del entrenamiento que no exigirá grandes cargas. Ejercicios como la cargada de fuerza son de más utilidad, su efecto es múltiple y su aportación a los resultados en el rendimiento deportivo es mayor. La sentadilla completa constituye, en la mayoría de los casos, el ejercicio de técnica no compleja más útil de todos los que se pueden utilizar.

II.IX.III *Entrenamiento de la Fuerza Útil*

Todos los entrenamientos que realicemos, y sobre todo los de fuerza, deben ir encaminados a conseguir o mantener los valores óptimos de fuerza útil o fuerza aplicada en el gesto o los gestos de competición. Todo debe contribuir de manera más o menos directa a la mejora de esta manifestación de la fuerza. No obstante, pueden realizarse algunas sesiones especiales orientadas específicamente a este objetivo. Las características de estas sesiones serían las siguientes:

Tabla 11. *Entrenamiento de la Fuerza Útil.*

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • <i>Objetivo:</i> mejorar u optimizar la fuerza aplicada en el gesto o en los gestos de competición |
|--|

• <i>Resistencias</i>	Próximas a las resistencias específicas o resistencias (fuerzas) de competición
<i>Repeticiones por serie</i>	Determinadas por la velocidad específica (velocidad de competición)
<i>Carácter del esfuerzo</i>	Determinado por la velocidad específica
<i>Recuperación entre series:</i>	Amplia, de 3 a 5 minutos, tanto tiempo como sea necesario para que la ejecución se realice a la velocidad específica
<i>Velocidad de ejecución:</i>	La propia de competición o muy próxima a ella
<i>Frecuencia semanal:</i>	Desde 1 a 3 veces
<i>Duración de este tipo de entrenamiento como objetivo prioritario</i>	Siempre
<i>Ejercicios fundamentales:</i>	Específicos o de características semejantes, siempre que garanticen al menos una transferencia media

Todos los entrenamientos realizados con este objetivo han de considerarse como entrenamientos de aplicación, en los que se pretende sacar el máximo rendimiento al potencial de fuerza alcanzado con otros entrenamientos. La eficacia de este tipo de trabajo depende de los niveles de fuerza máxima y potencia alcanzados en los movimientos de mayor transferencia al ejercicio de competición, del tipo de entrenamiento utilizado para alcanzar dichos niveles de fuerza y potencia y de la forma de realizar el propio entrenamiento de fuerza útil.

Las características del entrenamiento deben circunscribirse a la utilización de resistencias iguales o muy próximas a las de competición (iguales, algo superiores o algo inferiores), realizarse a una velocidad próxima a la de competición, siendo precisamente la velocidad (conjuntamente con la potencia, la fluidez y la ejecución técnica) el principal punto de referencia para decidir si ha de continuarse el entrenamiento o interrumpirse y, por tanto, también determina el carácter del esfuerzo. El carácter del esfuerzo debe ser máximo o casi máximo en relación con la velocidad máxima de ejecución. Es decir, la velocidad deberá ser próxima o igual a la máxima de la competición. Pero el carácter del esfuerzo ha de ser medio o bajo en cuanto al número de repeticiones posibles. Es decir, se deja un amplio margen de

repeticiones por realizar, porque de lo contrario la velocidad de realización se alejaría mucho de la velocidad óptima o velocidad de competición. Por tanto, el número de repeticiones por serie viene determinado por la reducción de la velocidad de ejecución y por el deterioro de la técnica. Es decir, la serie se interrumpe cuando la velocidad de realización caiga –quizá no más del 10%– por debajo de la de competición y tanto el deportista como el entrenador perciban que la técnica no se ajusta a la mejor ejecución del deportista.

Aunque el objetivo de mejorar la fuerza útil ha de estar siempre presente en el entrenamiento, el trabajo específico en situación semejante a la de competición puede producir mucho estrés, por lo que, por muy positivo que sea este tipo de entrenamiento, realizar más de tres sesiones a la semana podría ser en la mayoría de los casos contraproducente.

El hecho de que siempre se considere como objetivo prioritario no quiere decir que en todas las semanas del ciclo se realicen entrenamientos de este tipo. La mejora de la fuerza útil se va preparando a través de otros ejercicios, los cuales han de poseer unas características tales que o bien permitan una transferencia notable al ejercicio de competición o que al menos sirvan de base para otros entrenamientos posteriores más específicos.

II.IX.IV Entrenamiento de la Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo (Fuerza Explosiva)

Para poder entender el entrenamiento de la fuerza explosiva hay que tener previamente bien claro el concepto de esta expresión de fuerza. Recordemos que la fuerza explosiva no es más que la relación entre la fuerza producida y el tiempo necesitado para ello. Por tanto, la fuerza explosiva se expresa a través de un cociente entre las magnitudes de fuerza y tiempo. Dicho cociente, lógicamente, viene expresado en $N \cdot s^{-1}$. También debemos recordar que la fuerza explosiva se puede manifestar en su máxima expresión sin necesidad de que exista movimiento. Lo que a su vez nos recuerda que no se puede identificar –exclusivamente– entrenamiento de fuerza explosiva con el empleo de cargas muy ligeras o con movimientos muy rápidos. La mejora de la fuerza explosiva está más en relación con la intencionalidad

de producir la máxima fuerza en la unidad de tiempo (Behm y Sale, 1993) que con la resistencia contra la que se actúa. La fuerza explosiva, por otra parte, puede ser un componente importante de la fuerza útil, porque en algunos casos no se trata sólo de que se alcance un determinado pico de fuerza, sino que la producción de la fuerza por unidad de tiempo hasta llegar a ese pico sea la adecuada.

Las características básicas del entrenamiento para la mejora de la fuerza explosiva son las siguientes:

Tabla 12. *Entrenamiento de la Producción de Fuerza en la Unidad de Tiempo (Fuerza Explosiva)*

• <i>Objetivo:</i> Mejorar la capacidad de producir fuerza en la unidad de tiempo en las condiciones específicas de competición: tiempo, carga (resistencia) y modo de ejecución (ejercicio)	
<i>Resistencias</i>	cualquier resistencia
<i>Repeticiones por serie</i>	de 1 a 6
<i>Carácter del esfuerzo</i>	desde el más pequeño: 5-6 repeticiones ante una resistencia mínima, hasta el más elevado: una repetición contra una resistencia insalvable (acción isométrica)
<i>Recuperación entre series:</i>	3-5 minutos, la suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo en cada serie
<i>Velocidad de ejecución:</i>	Máxima posible ante cada resistencia
<i>Frecuencia semanal:</i>	siempre que la activación muscular se hace a la máxima velocidad de acortamiento muscular
<i>Ejercicios:</i>	todos los ejercicios, aunque los de mayor aplicación al rendimiento son la cargada de fuerza y similares, los saltos y los movimientos específicos

El objetivo de mejorar la fuerza explosiva máxima puede no ser prioritario en algunos deportes (pocos) o en algunos gestos o acciones concretas de algunos deportes, como, por ejemplo, en un lanzamiento a canasta en baloncesto. En estos

casos el objetivo prioritario será mejorar la fuerza útil, con su correspondiente velocidad específica.

La fuerza explosiva puede entrenarse con cualquier carga siempre que la producción de fuerza por unidad de tiempo sea la máxima posible. En este caso, si las activaciones musculares son dinámicas, la velocidad de desplazamiento ha de ser la máxima. Mientras que el uso de grandes cargas incrementa la velocidad (consecuencia de una mayor fuerza explosiva) a través de una mayor fuerza máxima, el entrenamiento con cargas ligeras también contribuye al aumento de la velocidad por una adaptación cualitativa, el aumento de la velocidad de activación de la miosina ATPasa (Duchateau, 2001). Si la velocidad es la máxima, tanto el entrenamiento con cargas ligeras como altas produce una gran activación neural, mejorando la frecuencia de estímulo en ambos casos (Van Cutsem y col., 1998), lo que da lugar a una mayor producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva). Por tanto, las adaptaciones musculares que favorecen la fuerza explosiva se alcanzan tanto con cargas ligeras como con altas. Probablemente, la utilización de ambos tipos de cargas sea lo más efectivo, y esto, de hecho, se ha observado experimentalmente, por ejemplo, en el entrenamiento del salto vertical (Adams y col. 1992; Fatouros y col., 2000).

No obstante, cuando la mejora de la fuerza explosiva es un factor determinante o al menos importante para el rendimiento, lo que hay que tener presente es que la mayor mejora debe producirse ante resistencias que permitan velocidades próximas a la velocidad de competición. Aunque la fuerza explosiva se puede mejorar con cualquier carga, el efecto sobre la mejora de la producción de fuerza será más acentuado en las condiciones de entrenamiento. Esto significa que, si se entrena y mejora la fuerza explosiva ante grandes cargas, el efecto positivo ante cargas muy ligeras será mucho menor o incluso puede no producirse. Esto está en relación con el tiempo disponible para producir fuerza. La mejora de la fuerza explosiva cuando se dispone de mucho tiempo (más de 500ms) para producir fuerza no se manifiesta necesariamente cuando el tiempo disponible es muy pequeño (menos de 200ms).

Las repeticiones por serie no deberían ser superiores a seis, y éstas se harían sólo cuando las resistencias fueran muy ligeras. La justificación de esta propuesta está en que es muy probable que incluso con cargas ligeras la velocidad de ejecución y la producción de fuerza decayeran y no se produciría el efecto deseado.

La velocidad de ejecución siempre debe ser la máxima posible. Aquí no caben matizaciones. Si la velocidad no es máxima, nunca se producirá la máxima fuerza explosiva que el sujeto pueda alcanzar ante la resistencia contra la que actúa.

Si la fuerza explosiva se mejora siempre que la velocidad de ejecución sea la máxima posible, no tiene sentido hablar de frecuencia semanal para el entrenamiento de esta manifestación de fuerza, ya que en todas las sesiones de entrenamiento de fuerza se puede estimular su mejora, de la misma manera que tampoco tiene sentido hablar de una fase del ciclo de entrenamiento en el que se entrene la fuerza explosiva, ya que se entrena siempre que se cumplan las condiciones indicadas.

II.IX.V *Entrenamiento de la Potencia Máxima y la Potencia Específica*

Se ha observado que la combinación de algunos ejercicios es más positiva para la mejora de la máxima potencia –expresada a través de la mejora del salto vertical– que emplear sólo uno de ellos, como la combinación de sentadillas y ejercicios de ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) intenso (Adams y col. 1992). Para objetivos de este tipo (salto vertical), la utilización de las resistencias (porcentajes de 1RM) que permiten alcanzar la máxima potencia parecen ser más efectivos que el entrenamiento con pesos o los ejercicios de CEA intenso por separado (Wilson y col. 1993). Otros autores proponen que la utilización de un método mixto con la combinación de estímulos diversos y complementarios como intensidades (%) altas, velocidad máxima (con cargas ligeras), fuerza explosiva, ciclo estiramiento-acortamiento y coordinación intermuscular (técnica) son determinantes para alcanzar los mejores resultados (Newton y Kraemer, 1994). El entrenamiento con los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia en cualquier ejercicio parece ser el estímulo más adecuado para mejorar la potencia (Kaneko y col. 1983; Moss y col. 1997). Pero no en todos los ejercicios se alcanza la máxima potencia con

los mismos porcentajes. En la tabla 1 se expresan los porcentajes con los que se alcanza la máxima potencia en algunos de los ejercicios más usados en el entrenamiento de fuerza.

La potencia máxima se ha considerado como el umbral de rendimiento muscular (URM), ya que es el óptimo producto de fuerza y velocidad, es decir, es la situación en la que se obtiene el máximo rendimiento mecánico. La aplicación de más fuerza sólo se podría conseguir si la velocidad es menor, y un aumento de la velocidad siempre vendría acompañado de una menor aplicación de fuerza. Por tanto, cualquier cambio en una de estas variables que le alejara de los valores óptimos daría lugar a una reducción de la potencia manifestada.

La mejora de la potencia máxima en algunos ejercicios puede ser positiva, e incluso necesaria, para la mejora del rendimiento específico en algunos casos, pero lo determinante es que se mejore la potencia que se manifiesta en el gesto de competición, es decir, la potencia específica. Por ello, aquí no nos podemos limitar al entrenamiento de la máxima potencia, sino que también debemos tratar de mejorar de la potencia específica. Las características del entrenamiento de la potencia máxima con cualquier ejercicio serán las mismas que las de la potencia específica, pero adaptándolas al ejercicio correspondiente. Por tanto, las características básicas del entrenamiento para la mejora de la potencia máxima y específica son las siguientes:

Tabla 13. *Entrenamiento de la Potencia Máxima y la Potencia Específica*

<ul style="list-style-type: none"> • <i>Objetivo:</i> mejorar la potencia en el gesto de competición o en la realización de cualquier ejercicio. 	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Resistencias</i> 	Las propias de cada especialidad para el desarrollo de la potencia específica, aquellas con las que se alcanza la máxima potencia en el ejercicio que se utiliza para entrenar cuando éste no es el específico y las orientadas a la mejora de las distintas expresiones de fuerza máxima.
<i>Repeticiones por serie</i>	determinadas por el valor de la potencia desarrollada en cada repetición.

<i>Carácter del esfuerzo</i>	determinado por el valor de la potencia desarrollada en cada repetición.
<i>Recuperación entre series:</i>	3-5 minutos, la suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo y la máxima potencia para la carga utilizada en cada serie
<i>Velocidad de ejecución:</i>	Máxima posible
<i>Frecuencia semanal:</i>	Siempre que se utilicen ejercicios específicos o de transferencia media o alta que tengan como objetivo el desarrollo de la potencia específica y cuando se entrena la máxima potencia en un ejercicio concreto.
<i>•Ejercicios:</i>	Ejercicios específicos y de transferencia media o alta para la potencia específica y ejercicios de transferencia media o alta para la máxima potencia.

La mejora de la potencia específica no es incompatible con la mejora de la potencia máxima. De hecho, la mejora de la potencia específica se estima a través de la mejora de la potencia máxima en algunos ejercicios, que son los que normalmente se pueden medir. La confirmación de que ha mejorado la potencia específica se obtiene si mejora el rendimiento. Por tanto, el entrenamiento debe orientarse tanto a la mejora de la potencia específica como a la potencia máxima.

Las resistencias más idóneas serán preferentemente resistencias próximas a aquellas que permiten alcanzar la máxima potencia en cada ejercicio. Pero la mejora de la potencia también tiene un componente de fuerza importante. No podemos olvidar que la potencia es el producto de la fuerza por el espacio (trabajo) dividido por el tiempo, o lo que es lo mismo, es el producto de la fuerza y la velocidad (espacio dividido por el tiempo). Por tanto, para la mejora de la potencia hay que buscar también la mejora de la fuerza. Cuando la resistencia a vencer es ligera, la fuerza máxima tiene poca importancia en la producción de potencia, pero su influencia aumenta a medida que aumenta la resistencia. De igual modo, la fuerza

máxima presenta una relación significativa con la producción de potencia cuando ésta se mide en el inicio de la fase concéntrica de un CEA intenso (Cronin y col. 2000).

El valor máximo de potencia depende de la velocidad del movimiento y de la fuerza aplicada. Si cualquiera de ellas es muy pequeña, la potencia será siempre baja. Pero si tenemos en cuenta que sujetos con valores de potencia máxima muy diferentes la alcanzan a velocidades idénticas o muy próximas (ver Tabla 1), debemos concluir que el factor diferenciador en la potencia es la fuerza aplicada. Esto quiere decir que, para mejorar la potencia máxima, la vía que tiene más posibilidades es la mejora de la fuerza. Esta afirmación viene reforzada si, además, tenemos en cuenta que la velocidad de contracción muscular tiene un margen pequeño de mejora, y en cualquier caso mucho menor que el de la fuerza. Quizás sea ésta la razón por la que se ha observado que cuando se entrena con porcentajes superiores a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia se obtiene un mayor efecto sobre la mejora de toda la curva de potencia que cuando se entrena con movimientos que permiten una gran velocidad, pero que, necesariamente, han de realizarse con porcentajes inferiores a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia (Kaneko y col. 1983; Moss y col. 1997; Kanehisa y Miyashita 1983, en Behm y Sale, 1993). Por tanto, la evolución de la potencia se producirá por un aumento progresivo de la fuerza aplicada a la misma velocidad.

La fuerza explosiva tiene también una intervención decisiva en la mejora de la potencia, puesto que la mayor producción de fuerza a la misma velocidad sólo se puede alcanzar si mejora la producción de fuerza en la unidad de tiempo, aunque, generalmente, lo más importante para el rendimiento es aumentar la velocidad ante la misma carga (situación de la que depende el rendimiento específico en, prácticamente, todos los deportes menos uno, la halterofilia), y esto, que significa una mejora de la potencia, depende directamente de la producción de fuerza en la unidad de tiempo. La fuerza que se aplica al alcanzar la máxima potencia es un valor de fuerza dinámica máxima relativa (FDMR), es decir, un valor de fuerza inferior al de la fuerza dinámica máxima (FDM), que es la fuerza aplicada en 1RM. Por tanto, la mejora de la potencia no depende directamente de la mejora de la FDM, sino de la

mejora de la FDMR con la que se alcanza la máxima potencia. Si la FDM no se ha modificado, alcanzar una mayor FDMR significa que ha disminuido el déficit de fuerza, y esto sólo se puede conseguir si se aplica más fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva), que se traduce en aplicar más fuerza a la misma velocidad o alcanzar más velocidad ante la misma carga. No obstante, la FDMR no mejorará permanentemente si nunca mejora la FDM. Por tanto, para seguir mejorando la potencia será necesario aumentar también en mayor o menor medida la FDM en algunos momentos.

Aunque la fuerza en sus distintas expresiones tiene importancia en la manifestación de potencia, no debemos olvidar que, si las resistencias a vencer son pequeñas, también la velocidad es determinante. El efecto del entrenamiento es fundamentalmente específico, es decir, se produce en las condiciones de entrenamiento. Por ello, aunque se estimule el desarrollo de la fuerza como requisito previo para mejorar la potencia, la utilización de las resistencias próximas a la de competición e incluso inferiores es necesaria. En definitiva, se alcanzan mayores efectos si se combinan los entrenamientos que estimulan la fuerza máxima (entrenada a la máxima o casi máxima velocidad posible ante cualquier carga), la máxima potencia y la velocidad superior a la de máxima potencia, que si se entrena estimulando sólo una de estas capacidades. El grado de estimulación de cada una de estas capacidades dependerá de las características de cada deporte o especialidad, y el objetivo será mejorar la potencia específica, que sólo se puede valorar por la mejora del rendimiento.

Cuando el objetivo específico del entrenamiento es la mejora de la potencia, tanto el número de repeticiones por serie como el carácter del esfuerzo deberían dosificarse tomando como referencia los valores de potencia alcanzados en cada repetición. Las repeticiones por serie se mantienen mientras que la potencia no baje en un porcentaje determinado. Si el objetivo específico es la mejora de la fuerza, los criterios serán los propios de esta capacidad. Por otra parte, la velocidad de ejecución siempre será la máxima posible en todos los casos. No tendría sentido intentar

mejorar la potencia sin aplicar la máxima velocidad en cada repetición, dado que la velocidad es uno de los componentes de la potencia.

En cuanto a los ejercicios, debemos considerar que, aunque la máxima potencia se puede entrenar en cualquier ejercicio, sólo se deberían utilizar con este objetivo los ejercicios específicos y aquellos que presenten la posibilidad de transferir, al menos medianamente, sus efectos sobre la potencia específica. En este grupo se encuentran los ejercicios multiarticulares que generan valores altos de potencia, como pueden ser los ejercicios de levantamiento olímpico o sus parciales, los ejercicios de salto y los de lanzamientos.

II.XX Métodos de Entrenamiento: Fuerza Muscular

II.XX.I Variables de Programación

Son las herramientas que debe considerar el entrenador para organizar el programa de entrenamiento, de modo de cumplir con los objetivos específicos de cada sesión trabajando de forma adecuada cada zona de entrenamiento de la fuerza: fuerza máxima, fuerza velocidad, fuerza resistencia (Naclerio, 2005). Dentro de estas variables, se distinguen dos tipos, que, aunque están íntimamente relacionadas son independientes entre sí: a) Las variables mecánicas, b) Las variables fisiológicas.

II.XX.II Variables mecánicas.

Comprenden la selección de los medios de entrenamiento (barras, bandas elásticas, etc.), el tipo de ejercicio a realizar y el orden en que se realizaran cada uno de estos ejercicios en las diferentes sesiones de entrenamiento.

1. **Medios de entrenamiento.** Son los dispositivos utilizados para determinar las sobrecargas u ofrecer resistencias a las acciones realizadas por los sujetos. Las diferencias entre las formas en que cada medio actúa para transmitir las fuerzas sobre cuerpo humano van a determinar acciones cinética y dilemáticamente diferentes (Naclerio,

2005). De acuerdo con esto, podemos distinguir hasta 13 medios de entrenamiento diferentes cada uno de los cuales presenta unas características específicas que condicionan su aplicación en el entrenamiento de fuerza.

- Medios gravitatorios (pesos libres y máquinas de acción directa y de palanca).
- Máquinas de poleas cilíndricas (radio constante).
- Medios que utilizan energía cinética.
- Medios que actúan por momentos de inercia.
- Medios que combinan momentos de inercia y energía cinética (polea cónica o sistema yo yo).
- Medios que ofrecen momentos de fuerza variable (CAM).
- Isotónicos.
- Medios de fricción.
- Fluidos y gases.
- Deformación de estructuras (elásticos, muelles).
- Medios isocinéticos (controlan la velocidad)
- Estimulación vibratoria.
- Electroestimulación.

El análisis pormenorizado de las características de cada uno de estos medios, así como sus diferencias y aplicaciones específicas en la preparación deportiva, excede los objetivos de este artículo y por lo tanto se remite al lector a otras fuentes (Naclerio, 2005 Entrenamiento de fuerza y prescripción del ejercicio en Jiménez G.A. pp 87-133).

2. ***Tipos de ejercicios.*** Según el grado de similitud con el gesto deportivo y su utilidad para mejorar el rendimiento, los ejercicios utilizados a lo largo de un periodo de entrenamiento pueden clasificarse en:

- **Ejercicio deportivo:** Implican la realización del mismo gesto o acción motora realizada durante la competición o la práctica deportiva habitual. En estos gestos no sólo se respetan las características mecánicas (cinéticas y cinemáticas de los ejercicios, sino también las condiciones de espacio, situacionales y de reglamento que pueden influir durante la competición.
- **Ejercicios especiales o específicos:** Implican la realización de gestos propios del deporte, en donde, si bien existen diferencias respecto al gesto específico de competición, se mantienen similitudes cinéticas o cinemáticas con los aspectos mecánicos más importantes de los gestos específicos. Dentro de estos ejercicios, se incluyen a los realizados en situaciones diferentes a las de competición, como por ejemplo al ensayar lanzamientos de balones sin adversarios, o la práctica de jugadas preparadas desarrolladas en espacios limitados, los lanzamientos con pelotas más ligeras o más pesadas respecto de las utilizadas en competición, etc. (Verchoshansky, 2001).
- **Ejercicios auxiliares:** Comprenden aquellos ejercicios destinados a mejorar el rendimiento físico general, sin contemplar específicamente la mecánica los gestos deportivos (Bompa, 1995).

Según Bompa (1995), los ejercicios auxiliares pueden clasificarse de acuerdo al grado de importancia que cada entrenador les otorga para mejorar el rendimiento en cada disciplina específica. De esta forma se distinguen tres tipos de ejercicios auxiliares: 1) Motores principales, 2) Suplementarios, 3) Asistentes.

Los ejercicios motores principales, son los que más impacto tienen sobre el rendimiento deportivo, suelen aplicarse durante la mayor parte del año, incluso durante el periodo competitivo, ya que comprenden a las zonas musculares más

solicitadas en los gestos específicos (Kenn, 1997). En general, son ejercicios multiarticulares que demandan una elevada participación de la musculatura central vinculada a la estabilidad de la columna vertebral y la pelvis. Un ejemplo de este tipo de movimientos son los ejercicios realizados con pesos libres como la sentadilla, el split con barra o incluso los ejercicios de levantamiento olímpico o sus variantes como la cargada en un tiempo, o la arrancada (Bompa, 1995).

Los ejercicios suplementarios, son mecánicamente similares a los anteriores, aunque según el criterio del entrenador tendrían una importancia menor para mejorar el rendimiento y por lo tanto se aplican en algunos momentos para reforzar el efecto de los entrenamientos, especialmente durante las fases preparatorias, cuando los niveles de fuerza son escasos. En este tipo de ejercicios se abordan ángulos de trabajo diferentes respecto a los ejercicios motores, de modo de desarrollar adaptaciones complementarias que apoyen el rendimiento específico (Kenn, 1997).

Muchos ejercicios, podrían pasar de ser motores a suplementarios y viceversa, no sólo por las similitudes mecánicas que mantengan con los gestos específicos del deporte, sino también con respecto a las necesidades que muestre cada deportista en cada etapa o periodo de su preparación (Willarson, 2004). Por ejemplo, el split frontal saltando, puede ser considerado un ejercicio motor principal para un jugador de fútbol, o ser suplementario para un jugador de voley. Del mismo modo, la sentadilla bajando hasta mantener los muslos paralelos al suelo, podrá ser un ejercicio motor principal al inicio de la temporada (periodo preparatorio general) en donde el objetivo más importante es mejorar la fuerza máxima en todo el rango de desplazamiento, para pasar a ser un ejercicio suplementario e incluso auxiliar o desaparecer, durante el periodo de preparación específica o competitivo en donde sólo hay que mantener los niveles de fuerza alcanzados previamente y favorecer el desarrollo de las capacidades específicas como la fuerza explosiva y en ángulos de trabajo específico, que en el caso del voley, podría lograrse realizando saltos con 20° a 45° de flexión de las rodillas.

Los ejercicios asistentes, se aplican para fortalecer las zonas musculares que pueden ser susceptibles de sufrir lesiones o sobrecargas o incluso para crear

adaptaciones específicas que permitan tolerar eficientemente las cargas que determina la ejecución del propio gesto deportivo. La realización de este tipo de ejercicios es de vital importancia para mantener relaciones de fuerza adecuadas entre grupos musculares antagónicos, como por ejemplo entre el femoral y el cuádriceps (Youdas et al., 2007) o la estabilidad de la columna y la pelvis como se ha visto para los abdominales o los lumbares (Faries y Greenwood, 2007). La integración de estos ejercicios en la planificación anual es vital para prevenir la incidencia de lesiones sin contacto, evitar sobrecargas, contrarrestar posibles desequilibrios musculares inducidos por la repetición sistemática de los gestos específicos o mantener niveles de fuerza mínimos en zonas posturales o estabilizadores cuyo debilitamiento pueda limitar el rendimiento (Gamble, 2007). Un ejemplo de este tipo de movimientos, son los ejercicios abdominales aplicados para desarrollar o mantener la fuerza de los músculos estabilizadores profundos y externos de la columna, o los ejercicios excéntricos, como la caída al frente desde rodillas, aplicada para proteger a los femorales posteriores de la incidencia de distensiones musculares causadas por los rápidos estiramientos que se producen al realizar carreras de velocidad que son muy frecuentes en muchos deportes de conjunto (Gamble, 2007, Gambeta, 2007, Arnason et al., 2007, Brughelli y Cronin, 2008).

3. *Orden de ejecución de los ejercicios.* Kraemer y Fleck (2007), mencionan que los ejercicios multiarticulares como la sentadilla, el peso muerto e incluso los de levantamiento olímpico como la cargada o el arranque, deben realizarse al inicio de la sesión ya que suelen tener más influencia sobre el rendimiento deportivo y conducir a incrementos de fuerza global más elevados, además de demandar un grado de exigencia técnica superior respecto a los ejercicios más localizados o monoarticulares. De acuerdo con esto, diversos estudios han demostrado que, independientemente de las características mecánicas de los ejercicios (multiarticular, monoarticular, cadena abierta, cerrada, secuencial, empuje o explosivo) los que se realizan al inicio del entrenamiento se ejecutan con técnicas de movimiento más

adecuadas y se alcanzan los mayores beneficios (aumento de fuerza y potencia) respecto a los que se realizan al final (Kraemer, 2002, Simao et al., 2005).

De todas maneras, el orden de los ejercicios de una sesión de entrenamiento siempre deberá estar en función de los objetivos perseguidos. Así Hassegawa et al (2002), incluyen al orden de los ejercicios de los entrenamientos de fuerza como una variable más de la periodización.

Estos autores, muestran un ejemplo en donde el orden de los ejercicios varía con relación a los objetivos de cada fase de la temporada de entrenamiento:

- **Fase de adaptación anatómica e hipertrofia muscular:** Comenzar por los ejercicios que comprenden las zonas más débiles.
- **Fase de fuerza máxima:** se inicia por los ejercicios motores principales que son los que más importancia tienen sobre el rendimiento específico.
- **Fase específica destinada al incremento de la potencia de movimiento:** se comienza por los ejercicios en donde se genere más potencia y mantengan similitudes mecánicas con los gestos deportivos (levantamiento olímpico, ejercicios explosivos, etc.).
- **Fase de competición:** se inicia con los ejercicios más específicos en donde se enfatiza el desarrollo de la potencia de los movimientos (saltos, ejercicios de levantamiento, etc.) (Hasegawa et al., 2002).

Siguiendo a Kraemer y Flek (2007 p 50-51), para organizar adecuadamente a los ejercicios en una sesión de entrenamiento de fuerza, deben considerarse los siguientes puntos clave que se presentan en orden de importancia:

- a. Comenzar por los ejercicios multiarticulares más complejos y finalizar por los monoarticulares más simples o localizados.

Dentro de esta norma, considerar que los ejercicios nuevos o que deben aprenderse siempre deben realizarse sin fatiga y por lo tanto van al inicio de la sesión.

- b. Comenzar por los ejercicios que comprendan grandes masas musculares y finalizar por los que impliquen menores masas musculares.
- c. Cuando se realizan sesiones en donde se varía el tipo de fuerza, es decir que en un ejercicio se entrena la fuerza máxima y en otro la fuerza resistencia, se debe realizar antes los ejercicios que entrenen con zonas más intensas o explosivas. El orden aconsejado es: Fuerza Explosiva, Fuerza Potencia, Fuerza Máxima y Fuerza resistencia.
- d. Cuando uno de los objetivos del entrenamiento es fortalecer zonas débiles o reducir desequilibrios musculares es conveniente dar prioridad a los ejercicios específicamente destinados a fortalecer estas zonas.
- e. Intentar que el ejercicio precedente siempre actúe potenciando y no interfiriendo el ejercicio posterior. Este es el principio que se aplica en el entrenamiento complejo en donde un bajo volumen de repeticiones en un ejercicio menos específico en la zona de fuerza máxima, puede potenciar la ejecución de un ejercicio más específico desarrollado en la zona de fuerza explosiva (Verchoshansky, 1996a). Este principio, si bien puede crear un orden opuesto al recomendado en el punto anterior, sólo debería aplicarse en entrenamientos organizados específicamente para potenciar el gesto realizado posteriormente y respetando una estrategia de organización en cuanto a volumen, pausas, intensidad que han sido desarrolladas y tratadas en los últimos años por diferentes autores e investigadores (Baker, 2003, Dochety et al., 2004, Ebben, 2002).

Cuando se realicen entrenamientos para mejorar la resistencia de fuerza o el desarrollo muscular global como en culturismo o musculación, se puede optar por ordenar específicamente a los ejercicios considerando dos formas básicas:

- a. Alternar los ejercicios de extensión y tracción (agonistas/antagonistas)
- b. Alternar ejercicios de tren superior e inferior.

Estas estrategias permiten una recuperación parcial de un grupo mientras trabaja el opuesto y por eso han sido propuestas para optimizar el desarrollo de las sesiones de musculación (Earle y Baechle, 2004a), aunque han producido resultados contradictorios cuando se las ha aplicado para mejorar el rendimiento con diferentes objetivos deportivos (Maynard y Beben, 2003, Baker y Newton, 2005).

II.XI Recomendaciones acerca de los ejercicios a aplicar con sujetos de diferentes niveles de rendimiento.

Si bien las recomendaciones anteriores, son adecuadas para sujetos que tengan una cierta experiencia en el entrenamiento de fuerza o la práctica deportiva específica (intermedios o avanzados), en el caso de los sujetos novicios o que no tengan ningún tipo de experiencia en el entrenamiento de fuerza no debe olvidarse que antes de integrar el entrenamiento de fuerza como una herramienta para potenciar el rendimiento deben realizar un periodo de adaptación a este tipo de trabajo comenzando por el aprendizaje de las técnicas de ejercicio más básicas en donde se logre un fortalecimiento de las musculatura central y estabilizadora de la columna así como una introducción metodológica que les permita aprender progresivamente hasta alcanzar un dominio técnica que les permita realizar cualquier técnica de ejecución con el menor riesgo posible. De esta manera, se aconseja comenzar con ejercicios multiarticulares siempre de fácil dominio como la piernas para el tren inferior o el press de sentado en máquina para el tren superior para que luego de alcanzar un nivel

de fuerza básico evolucionar hacia técnicas más complejas como la sentadilla paralela o el press de banca con barra libre en donde se exige un dominio no solo de la musculatura motora principal sino también de la estabilizadora que debe controlar el movimiento ya que en estos casos no se dispone de un dispositivo como las máquinas que facilitan esta acción (Gambeta, 2007).

Por otro lado, aunque la prescripción de ejercicios en máquinas sea idóneo para sujetos novicios puede que la realización de un volumen elevado de este tipo de ejercicios no sea del todo adecuada en deportistas o personas con mayor nivel de rendimiento ya que este tipo de movimientos en donde las máquinas controlan y restringen las acciones a un solo plano, puede afectar negativamente las adaptaciones neurales reduciendo la capacidad funcional específica necesaria para las actividades deportivas que se ejecutan en diferentes planos (Siff, 2004, página 9).

II.XI.I Variables Fisiológicas

Aunque los aspectos mecánicos analizados previamente constituyen aspectos esenciales del entrenamiento, el factor más importante que afecta el grado de las adaptaciones estructurales y funcionales es el impacto que cada entrenamiento tenga sobre el organismo, es decir la carga interna, ya que esta determinará un efecto sobre el sistema nervioso central y el muscular al cual el organismo se intentará adaptar produciendo cambios estructurales y funcionales que le permitan tolerar con mayor eficiencia sucesivas cargas de trabajo (Siff, 2004). Estas adaptaciones, dependerán fundamentalmente de la relación entre un conjunto de variables fisiológicas que comprenden a la intensidad, el volumen, la densidad, la duración y la frecuencia con que se aplique cada carga de entrenamiento.

II.XI.I.I Intensidad.

La intensidad, constituye una variable esencial y concreta que marca la orientación del entrenamiento y por lo tanto necesita ser cuantificada de forma objetiva para conocer el grado de estrés muscular producido durante la realización de los esfuerzos musculares (Graham, 2002). En los ejercicios de fuerza ha sido comúnmente asociada con el porcentaje de peso utilizado (Fleck, 1999, Wernbom et

al., 2007), aunque cuando además del peso se considera a la velocidad de movimiento, la intensidad de los esfuerzos musculares podría estimarse con mayor precisión por medio de la potencia mecánica producida (Knutten, 2007). Esta última consideración, es aplicable en los ejercicios de empuje como la sentadilla o el press de banca en donde se observa una relación inversa y directamente proporcional entre el nivel de fuerza y la velocidad alcanzada (Siff, 2004). En este tipo de ejercicios, cuando se intenta movilizar con la mayor velocidad posible pesos ligeros, comprendidos entre el 30% y el 60% de la 1 MR la variable que mejor se relaciona con el nivel de estrés muscular es la potencia mecánica alcanzada ya que la fuerza aplicada muestra valores moderados a pesar de que el esfuerzo sea el máximo posible de realizar.

No obstante, cuando se utilizan pesos superiores al 60% de la 1 MR, el grado de estrés muscular se relacionará más con el nivel de fuerza o la magnitud del peso (%1 MR), ya que la potencia mecánica muestra una trayectoria parabólica disminuyendo a medida que los pesos crecen por encima del 60% debido a que la velocidad cae significativamente perdiendo hasta un 85% de la velocidad alcanzada con pesos de 30% de la 1 MR (ver **figura 16**) (Naclerio, 2008).

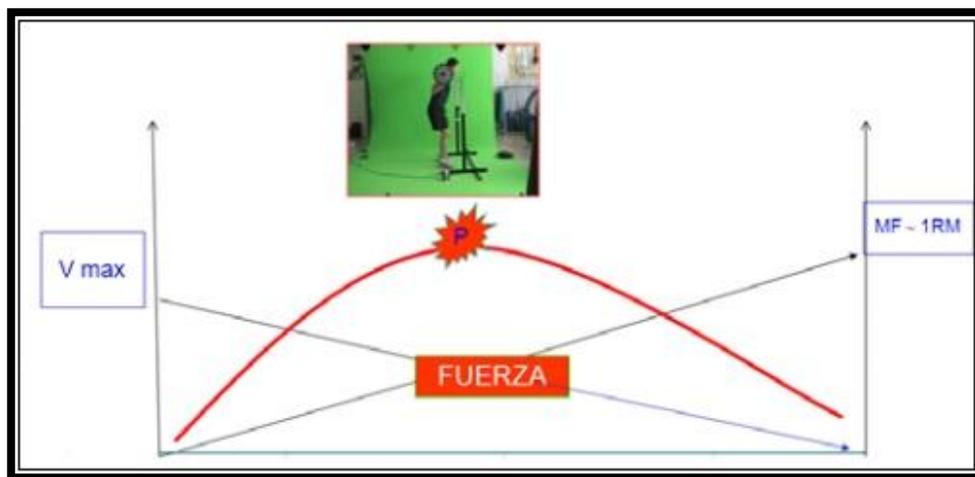


Figura 16. Relación entre la evolución de la fuerza, velocidad y potencia en ejercicios de empuje.

Por otro lado, en los ejercicios secuenciales como los levantamientos olímpicos en donde, si bien, la fuerza y la velocidad muestran una relación inversa, la caída de esta última, con relación al incremento del peso a vencer no es tan marcada como en los ejercicios de empuje y por lo tanto la potencia crece hasta alcanzar los valores más altos con pesos superiores al 70% de la 1 MR (ver **figura 17**), (Naclerio, 2006).

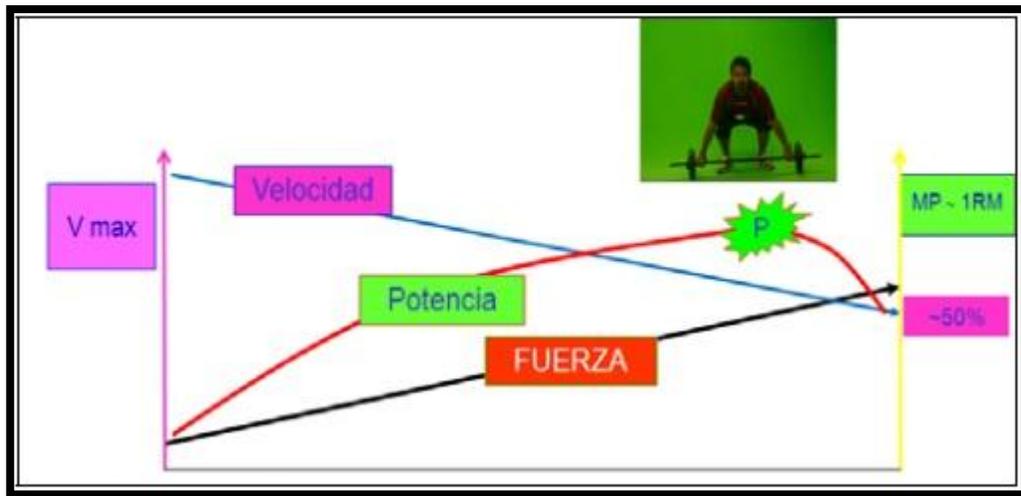


Figura 17. Relación entre la evolución de la fuerza, velocidad y potencia en ejercicios de levantamientos (secuenciales).

Debido a esto, en los levantamientos olímpicos (ejercicios secuenciales), aunque la potencia podría reflejar adecuadamente la intensidad de los movimientos (Garhammer, 1993), esta es asociada comúnmente con el porcentaje de peso movilizado respecto al valor de la 1 MR (Siff, 2004).

Además, es importante destacar que para realizar estos ejercicios con una técnica adecuada que permita a su vez mantener una trayectoria de la barra lo más vertical posible, secuencializar los impulsos entre el primer y segundo tirón y colocar el cuerpo en una posición idónea para efectuar la recepción en la fase final, la velocidad de la barra debe ser relativamente elevada y cualquier intento de lentificar los movimientos con el objetivo de reducir la aplicación de los niveles de fuerza o

potencia afectará negativamente la eficiencia del ejercicios y distorsionará la técnica de ejecución.

En la mayor parte de los trabajos científicos que han analizados los efectos de la intensidad sobre las adaptaciones causadas por los entrenamientos de fuerza siempre se ha asociado a la intensidad con el % de la 1 MR (Fleck, 1999) o el número máximo de repeticiones posible de realizar con cada peso (Wernbom et al., 2007), siendo sólo en algunos casos vinculada con la potencia mecánica (Baker, 2001).

Numerosas investigaciones, han analizado los efectos de los entrenamientos utilizando diferentes porcentajes de peso o rangos de máximas repeticiones sobre las ganancias de fuerza (estimadas por el valor de la 1 MR), la resistencia de fuerza o la hipertrofia muscular (Kraemer y Fleck, 2007, Kraemer y Ratames, 2004, Wernbom et al., 2007, Peterson et al., 2004).

El grupo de la Universidad De Arizona, realizó varios estudios de meta análisis para averiguar el efecto de los entrenamientos utilizando diferentes porcentajes de peso sobre el valor de la 1 MR. Estos autores clasificaron a los sujetos en no entrenados (menos de un año de entrenamiento) entrenados (más de un año de entrenamiento) y deportistas o atletas que realizaban deporte de competición y observaron que los beneficios relacionados con el incremento de la fuerza máxima varía de acuerdo al nivel de rendimiento ya que los sujetos con menos de un año de entrenamiento obtienen sus mejores resultados al utilizar pesos comprendidos entre el 60% y el 70%, mientras que los más entrenados necesitan pesos comprendidos entre el 75% y el 85% de la 1 MR, y los deportistas de alto rendimiento requieren más del 80% (ver **figura 18**) (Peterson et al., 2004, Petersen y Hölmich, 2005, Rhea y Alderman, 2004, Rhea et al., 2003).

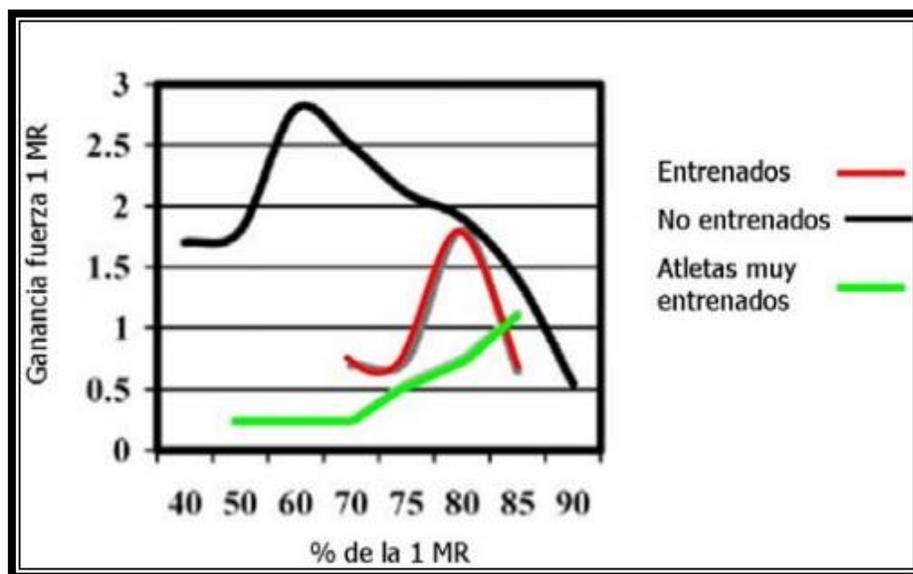


Figura 18. Relación entre el porcentaje de peso utilizado y los incrementos de la fuerza máxima (1MR) entrenando con ejercicios auxiliares en sujetos con diferentes niveles de entrenamiento (tomado de Rhea y col 2003).

II.XI.I.II Recomendaciones acerca de la intensidad a aplicar con sujetos de diferentes niveles de rendimiento.

Las investigaciones en donde se relaciona a la intensidad del entrenamiento con los porcentajes de la 1 MR, indican que, en los sujetos activos no deportistas (novicios y sujetos que entrenan de forma recreativa), con un tiempo de entrenamiento superior a las 4 semanas e inferior a un año, la utilización de pesos comprendidos entre ~50% al 60% de la 1MR conduce a incrementos óptimos de fuerza muscular, especialmente durante las primeras 4 semanas (Alvar, 2007). Luego de este periodo, considerado de adaptación, para continuar logrando incrementos ulteriores de la fuerza muscular, es recomendable comenzar a utilizar pesos más elevados (>70%). Así los sujetos con menor nivel o que no deseen incrementos muy elevados de fuerza pueden utilizar pesos comprendidos entre el 70% y el 80%, mientras que los de mayor nivel o que deseen incrementar especialmente los niveles de fuerza máxima debería utilizar pesos >80% y hasta el 90 o 95% (Fry, 2004).

Con relación a los objetivos perseguidos, en sujetos de nivel intermedio (más de un año de entrenamiento) es recomendable diferenciar los entrenamientos destinados a ganar volumen muscular (hipertrofia) de los destinados a incrementar la fuerza máxima (1 MR).

- a. Para incrementar la fuerza máxima (1 MR), es recomendable utilizar pesos superiores al 75% hasta el 100% de la 1MR (Peterson et al., 2005, Wernbom et al., 2007).
- b. Para enfatizar las ganancias de masa muscular se recomienda entrenar en una zona de pesos ligeramente inferior, comprendida entre el 70% y el 85% o en el caso de sujetos muy entrenados hasta el 90% de la 1 MR. Los pesos mayores del 90%, aunque determinan altos niveles de tensión muscular, también inducen una rápida fatiga debido fundamentalmente a la incapacidad del sistema nervioso central de mantener las frecuencias de estimulación necesarias y por lo tanto el volumen de los esfuerzos se reduce significativamente, no alcanzando a ser suficientes como desencadenar una respuesta hipertrófica tan importante como la que se logran entrenando con pesos ligeramente inferiores (Fry, 2004).

II.XI.I.III *Volumen.*

Idealmente el volumen de los entrenamientos de fuerza con resistencia debería ser considerado por la cantidad total de trabajo realizado (julios), considerando la cantidad de fuerza aplicada en Newtons por la distancia o el tiempo durante el cual se aplique esta fuerza (Knuttgen y Kraemer, 1987). No obstante, en un sentido menos estricto, pero más práctico, para poder cuantificar las cargas de trabajo en los entrenamientos de fuerza, el volumen ha sido relacionado con los kg totales que son determinados a partir del producto entre las series x las repeticiones x los pesos movilizados en cada ejercicio, grupos de ejercicios, sesión o grupo de sesiones (Tan, 1999, Earle y Baechle, 2004a). En este último caso, el volumen resultante constituye un valor absoluto relacionado con la capacidad individual de un deportista para tolerar las cargas de trabajo aplicadas. Este valor, sólo es válido para

comparar los Kg o toneladas movilizadas en un ejercicio o grupo de ejercicios durante distintos periodos del entrenamiento o con respecto a otros deportistas que hayan logrado resultados importantes en una especialidad deportiva similar pero no indicará un parámetro que pueda ser utilizado para determinar los volúmenes individualizados de entrenamiento para otros deportistas diferentes (Kuznetsov, 1989). Aunque este criterio es utilizado, como veremos más adelante en los deportes de levantamiento de peso, es importante destacar que en este tipo de disciplinas el volumen o tonelaje se establece arbitrariamente a partir el número total de repeticiones por mesociclo, que suele abarcar entre 4 a 5 semanas, para luego dividir estas repeticiones entre los ejercicios seleccionados a los cuales se les va otorgando un porcentaje de estas repeticiones según la etapa de la preparación y los objetivos específicos de cada atleta. El entrenador, considerando estas necesidades decidirá el volumen de repeticiones que aplicará por semana y por entrenamiento, así como la intensidad o porcentajes de peso que debe emplearse (Ermakov, 1980, Ermakov y Kim, 1980). Estas estrategias de planificación, así como otras aplicadas en la preparación de fuerzas específicas para los deportes de combate o conjunto serán explicadas más adelante.

Según mi criterio, la forma más adecuada de cuantificar el volumen del entrenamiento de fuerza es considerando la cantidad total de repeticiones con relación al porcentaje de peso movilizado (Naclerio, 2004). De esta forma es posible controlar individualizadamente el impacto real de la carga de entrenamiento ya que la cantidad total de trabajo se expresará en unidades arbitrarias (vol/%) que se establecen de acuerdo al nivel de rendimiento de cada sujeto (1 MR) y permite comparar la cantidad de trabajo realizado por diferentes sujetos, aunque estos tengan valores de fuerza distintos, por ejemplo:

Sujeto A: posee un nivel de 1 MR en press de banca plano de 100 kg.

Sujeto B: posee un nivel de 1 MR en press de banca plano de 50 kg.

Los dos sujetos realizan 3 series de 10 repeticiones a máxima velocidad con 30 kg que es el 30% en el sujeto A y el 60% en el sujeto B. En este caso ambos muestran el mismo volumen absoluto (900 kg) (3. 10. 30), pero un volumen relativo muy diferente:

$$\text{Sujeto A: } 3 \times 10 \times 0.30 = 9 \text{ vol/\%}$$

$$\text{Sujeto B: } 3 \times 10 \times 0.6 = 18 \text{ vol/\%}$$

El sujeto A, moviliza 9 veces el peso de su 1 MR, mientras que el B lo hace 18 veces. De esta manera, el sujeto A estará realizando un esfuerzo menor, aunque todavía se debe vincular este factor con la intensidad para poder determinar la zona de entrenamiento abordada en cada caso. Del mismo modo, si ambos sujetos quisieran realizar un entrenamiento con objetivos similares, deberían utilizar los mismos porcentajes de peso y ejecutar el mismo entrenamiento similar. Por ejemplo 3 series de 10 repeticiones con el 50% de la 1 MR. Así, el vol./% sería igual para los dos y las diferencias se observarían fundamentalmente en el volumen absoluto:

El volumen relativo de ambos sujetos es $3 \times 10 \times 0.5 = 15 \text{ vol./\%}$

Volumen absoluto

$$\text{Sujeto A: } 3 \cdot 10 \cdot 50\text{kg} = 1500 \text{ kg}$$

$$\text{Sujeto B: } 3 \cdot 10 \cdot 25\text{kg} = 750 \text{ kg}$$

Wernbom y col (2007), utilizaron el criterio del volumen/% para poder comparar los efectos de diferentes volúmenes de trabajo realizados con distintos ejercicios sobre el bíceps o el cuádriceps. Por su parte Baker (2007), también utiliza este criterio, aunque como una variable independiente que expresa el impacto total del entrenamiento.

Si bien, creo que el criterio de vol./% es el más idóneo para determinar el grado de exigencia de los entrenamientos de fuerza, todavía este factor no ha sido lo suficientemente estudiado y por lo tanto carecemos de datos acerca de las

dosificaciones más adecuadas para aplicar con sujetos de diferentes niveles de rendimiento y objetivos (incremento de fuerza máxima, explosiva, resistencia de fuerza o hipertrofia). De todas formas, cabe destacar que este concepto no es ni mucho menos innovador ya que ha sido aplicado desde hace muchos años en la planificación de los deportes de levantamiento en donde el volumen/% medio, calculado por el promedio de volúmenes porcentos movilizados entre todas las series de uno o más ejercicios, se corresponde con lo que en estas disciplinas se denomina como intensidad media relativa (Ermakov y Kim, 1980). De todas maneras, cuando se planifica el entrenamiento de fuerza para apoyar el rendimiento deportivo o en las salas de musculación en donde se persiguen otros objetivos muy diferentes (ayudar a mejorar el rendimiento en deportes cíclicos, de conjunto o de lucha, o mejorar la imagen corporal, etc), la forma más práctica de cuantificar el volumen de los entrenamientos, aunque menos precisa es controlando el número de repeticiones o series por grupo muscular o ejercicios similares (Rhea et al., 2003, Kenn, 1997). Considerando este criterio o la cantidad total de repeticiones por grupo muscular se ha observado que existiría un rango de volumen óptimo o cantidad mínima de trabajo ideal necesaria para inducir los efectos deseados (Ostrowoki et al., 1997). Por encima de estos volúmenes, aunque los sujetos toleren los entrenamientos y los niveles de fatiga sean mayores, los beneficios no son superiores e incluso podrían comenzar a disminuir o causar síndromes de agotamiento o lesión si se superan excesivamente el valor óptimo. Por otro lado, los volúmenes inferiores al óptimo, aunque puedan inducir mejoras, estas siempre serán inferiores a las que cada sujeto podrá alcanzar utilizando los volúmenes óptimos, además si los volúmenes son muy escasos no se desencadenará ningún tipo de respuesta antes las cargas aplicadas (Naclerio, 2004, Ostrowoki et al., 1997, González- Badillo et al., 2005).

De acuerdo con esto, existirán tres tipos de volumen:

- a. **Mínimo:** Cantidad menor de trabajo necesario para desencadenar las adaptaciones deseadas, aunque no alcancen el mayor grado de adaptación posible.

- b. **Medio:** Cantidad de trabajo que puede aplicarse por un plazo relativamente prolongado, y determina un incremento progresivo del rendimiento.
- c. **Máximo:** Indica el límite a partir de la cual los beneficios se estancarían, e incluso podrían reducirse si la aplicación de estos volúmenes se prolonga por mucho tiempo.

La cantidad de los volúmenes mínimos, medios y máximos, dependerá de las características de los sujetos, edad y nivel de rendimiento (novicio, avanzado o deportista de alto nivel) así como de los objetivos perseguidos en cada caso, la especialidad deportiva y le momento de la temporada o fase del entrenamiento.

Tabla 14. *Volúmenes aconsejados por grupo muscular para mantener o mejorar la fuerza en sujetos con diferentes niveles de rendimiento. Adaptado de Peterson y col (2004).*

Volumen mínimo	Volumen medio-bajo	Volumen medio-alto	Volumen máximo
1 a 3 sr	Medio-bajo 4 a 6 sr	Medio-alto 6 a 8-9 sr	> 9 hasta 12 sr
<i>Aconsejado para:</i>	<i>Aconsejado para:</i>	<i>Aconsejado para:</i>	<i>Aconsejado para:</i>
1) Novicios 1ras 4 semanas	1) Novicios Luego del cumplir el periodo de adaptación (1 ^{ras} 4 semanas).	2) Avanzados y deportistas. Se aplica durante 3 a 4 microciclos seguidos, luego se aconseja aplicar un microciclo de volumen bajo	Alto rendimiento y en deportes con alta exigencia de fuerza. Se aplica en las etapas de desarrollo y sólo por 1 microciclo impacto, luego realizar un microciclo de descarga (volúmenes e intensidades bajas).
2) Avanzados y deportistas. En los microciclos de mantenimiento durante el periodo competitivo En los microciclos de regeneración y activación.			

En la preparación deportiva, los objetivos del entrenamiento variarán a lo largo de la temporada con relación a las diferentes etapas por las que se atraviese. De esta manera, al inicio del ciclo de entrenamiento, en sujetos entrenados, se intentará recuperar los niveles de fuerza, trabajando en la zona de fuerza resistencia con peso bajos a medios o incluso altos, en el periodo preparatorio se buscará mejorar la fuerza máxima, trabajando en la zona de resistencia de fuerza con pesos altos o fuerza máxima, mientras que en el periodo específico se buscará incrementar los niveles de

la fuerza específica y se entrenará en la zona de fuerza que se manifiesta durante la misma actividad deportiva (explosiva, resistencia a la fuerza explosiva o potencia, fuerza máxima, etc.). Por otro lado, en el periodo competitivo se intentará mantener el nivel de rendimiento de fuerza alcanzado durante la fase de preparación (Baker et al., 1994, Bompa, 1995).

Tabla 15. *Volúmenes para entrenar la fuerza con ejercicios contra resistencias considerando los objetivos perseguidos. Adaptado de Kuznetsov (1970); Peterson y col (2004; 2005).*

Objetivo	Recuperar fuerza	Desarrollar fuerza	Mantener fuerza
Series por grupo muscular	3 a 5	6 a 8 o 9 Máximo 12 en alto rendimiento	1 a 3
Series totales por entrenamiento	8 a 15	27 a 30	6 a 9

II.XI.IV Densidad.

Esta variable expresa la relación entre la duración del esfuerzo y la longitud de la pausa de recuperación. La alteración de esta relación, ya sea alargando o acortando la pausa con relación a la duración del esfuerzo puede cambiar diametralmente los efectos del entrenamiento, incluso se modificar el peso o los ejercicios (Willardson, 2006). Tanto la longitud de la pausa como su carácter (activo o pasivo) influyen en el grado de recuperación, determinando variaciones en los procesos energéticos y el tipo de unidades motoras reclutadas a medida que transcurre el entrenamiento (Di`Slep y Gollin, 2002). Estas diferencias pueden afectar la velocidad la potencia producida en los esfuerzos sucesivos y por lo tanto modificar la zona de trabajo y los efectos del entrenamiento global (Bosco, 1991, Willardson, 2006).

En una revisión realizada por Willardson (2006), este autor analiza la longitud de la pausa de recuperación necesaria para poder mantener la intensidad entre dos o más series sucesivas de diversos entrenamientos realizados con orientaciones diferentes.

Tabla 16. Valores medios de velocidad media acelerativa (Vel. media) y % de 1RM con los que se alcanza la potencia media máxima en distintos ejercicios.

También se incluye la velocidad media con la que se alcanza la RM en cada ejercicio (González- Badillo, JJ., 2000b).

Zona	Pausas entre series
Fuerza máxima	1 a 3 rep >2 a 5min >3 rep: 5min > 2 series hacer > 2 min p
Fuerza resistencia Pesos altos > 70%	Hipertrofia >30s- 1 min R muscular >2-5min >2 sr hacer >2 min p
Pesos bajos <70%	R. muscular 1-2 min
Fuerza velocidad Pesos ligeros <60% (explosiva)	1 rep: 20s 30s (microp) >2 rep: 1 min 3 rep 2 min
Pesos altos >60%-80% (potencia)	1 rep 20s 30s (microp) 2 rep: 1 - 2 min 3 rep: 3- 5min

Los datos de la Tabla 16 indican como a medida que se suceden las series las pausas de recuperación deben alargarse para poder mantener la intensidad de trabajo deseada. En el caso de los entrenamientos de fuerza máxima en donde se movilizan pesos máximos (> 80 u 85%), cuando se realiza sólo dos series, es suficiente sólo con dejar entre 1 a 2 minutos, pero cuando las series realizadas son más de dos, entonces es necesario realizar pausas más prolongadas (superiores a los 2 minutos). Lo mismo ocurre cuando se entrena en la zona de fuerza resistencia (para ganar volumen muscular). Por otro lado, en los entrenamientos de fuerza máxima, potencia y

explosiva en donde la recuperación de los aspectos neurales es esencial para mantener la magnitud del impulso motor, el número de repeticiones realizado en cada serie también influirá significativamente sobre la longitud de la pausa de recuperación que debe dejarse para poder mantener la intensidad de los esfuerzos, así, cuando se entrena la fuerza máxima con series de más de 3 repeticiones, las pausas deberán ser superiores a los 5 min, mientras que en el caso de la fuerza explosiva o la potencia, cuando se realiza sólo 1 repetición, basta solo con dejar una micropausa comprendida entre 20 a 30 s, pero con 2 repeticiones la pausa se debe alargar a 1 min o 2 min para la fuerza explosiva o potencia respectivamente, mientras que con 3 repeticiones o más, las pausas deberían ser de 2 min en la fuerza explosiva y entre 3 y 5min para la fuerza potencia (Willardson, 2006).

II.XI.I.V Frecuencia.

Se refiere al número de veces con el cual se entrena cada grupo o zona muscular en un período de tiempo, comúnmente asociado a una semana o microciclo (Fleck, 1999).

II.XI.I.VI Duración.

Se refiere al tiempo durante el cual se aplican los estímulos, y puede referirse a la duración total de una sesión de entrenamiento, o el tiempo de entrenamiento sobre un grupo muscular o varios grupos musculares (Martin et al., 2001). Por ejemplo: para un entrenamiento isométrico de 3 tensiones de 6 segundos con 2 minutos de pausa entre cada una, al 70% de la fuerza isométrica máxima, la duración de cada estímulo individual es de 3 segundos, y la del estímulo total fue de 18 segundos. La duración está relacionada al volumen, pero a diferencia de este en donde cuantifica el trabajo, la duración sólo se relaciona al tiempo (Naclerio, 2005).

II.XI.I.VII Variables de Control

El control de la forma en que cada sujeto responde ante las diferentes cargas de entrenamiento es vital para alcanzar los objetivos perseguidos. Con respecto a los entrenamientos de fuerza, aunque todas las variables analizadas en los puntos

anteriores son esenciales para determinar la orientación y los efectos de cada sesión de entrenamiento, el control de la intensidad real con que se realiza cada ejercicio parecer ser fundamental para poder estimar en que zona de entrenamiento real cada sujeto entrena. Los diferentes métodos utilizados en las investigaciones científicas para estimar la intensidad de los esfuerzos musculares (análisis de la respuesta electromiografía, metabólica, hormonal, etc.) son poco aplicables para que un entrenador pueda controlar cotidianamente la respuesta individual de cada sujeto antes las diferentes cargas de entrenamiento. Debido a esto, en diferentes estudios se ha intentado facilitar este control vinculando el grado de esfuerzo muscular con la percepción subjetiva manifestada al final de cada serie de ejercicios (Robertson et al., 2003, Suminiski et al., 1997) o al terminar la sesión de entrenamiento completa (Singh et al., 2007, Day et al., 2004).

Aunque originariamente la percepción subjetiva de esfuerzo se aplicó para controlar la intensidad de los entrenamientos de resistencia al realizar actividades de carácter cíclico como el ciclismo, la carrera o la natación (Foster et al., 2001), esta herramienta también ha mostrado ser de gran utilidad para controlar la intensidad de otro tipo de actividades como los saltos, o los ejercicios de fuerza realizados en regímenes concéntricos o excéntricos (Lagally et al., 2004, O'Connor et al., 2002) en sujetos de ambos sexos (Robertson et al., 2003, Glass y Stanon, 2004) y edades diferentes (niños, jóvenes y mayores) (Robertson et al., 2008, Robertson et al., 2005).

De acuerdo con Robertson et al. (2003), la percepción del esfuerzo se define como la intensidad subjetiva del ejercicio, estrés, disconformidad o grado de fatiga que se siente durante el ejercicio. Estos autores, comprobaron la validez de una escala específicamente diseñada para controlar la intensidad de los ejercicios de fuerza (ver figura 19) con un grupo de jóvenes que indicaron el nivel del esfuerzo al finalizar una serie de 4, 8 o 12 repeticiones con el 65% de la 1 MR, en un ejercicio de tren superior y en otro de tren inferior.

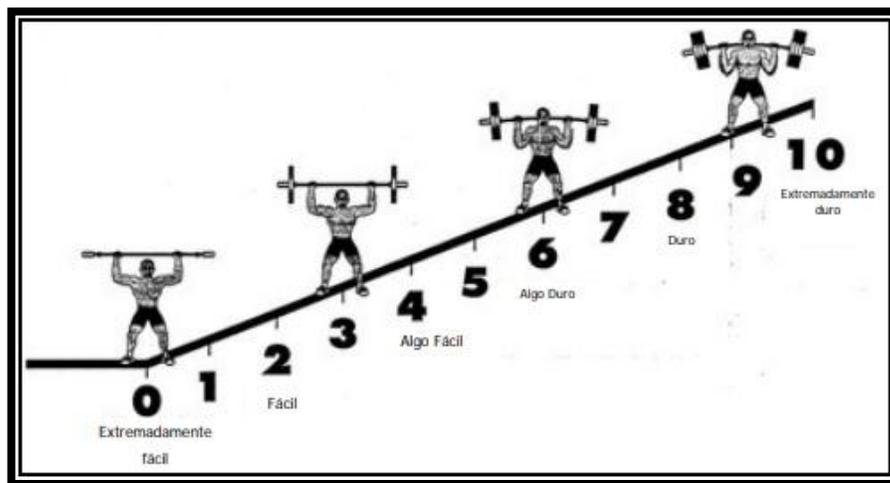


Figura 19. Escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES (Robertson et al., 2003).

Según Lagally y col (2004), la sensación de estrés creada por una carga de trabajo físico en un ejercicio de fuerza, se relaciona principalmente con la magnitud del peso, expresado en porcentaje de la 1 MR. No obstante, la percepción subjetiva del esfuerzo crecerá también en función de la cantidad total de repeticiones realizadas con cada peso utilizado (Robertson et al., 2003, Lagally et al., 2004), es decir, en función de la cantidad trabajo efectuado, respecto a la mayor cantidad de repeticiones factible de realizar llegando hasta el fallo muscular. Por lo tanto, en el caso de los ejercicios de fuerza, la utilización de la percepción para controlar la intensidad de los entrenamientos debería realizarse tanto al inicio, para reflejar la magnitud del peso, como al final, para indicar el volumen relativo del esfuerzo realizado.

Luego de haber realizado cerca de 8000 valoraciones utilizando diferentes ejercicios (press de banca plano con barra libre y en multipower, cargada en 1 tiempo, sentadilla paralela y profunda con barra libre y en multipower, dominadas en barra alta, peso muerto, extensiones de brazos, por delante estando de pie con barra, prensa, etc) y de haber utilizado la escala de Borg 6-20 y 0-10, así como la OMNI-RES de Robertson y col (2003), para controlar los entrenamientos y evaluaciones en diferentes grupos de deportistas a partir de los cuales hemos realizados numerosos

estudios encontramos que los valores de RPE inicial se relacionan significativamente con el porcentaje de peso utilizado, mientras que las variaciones que se producen a lo largo de una serie continua, se relacionan con la disminución de la velocidad o la potencia de movimiento, mostrando diferencias significativas cuando se producen pérdidas superiores al 10% y al 20% respecto de la potencia máxima. Estos resultados indican que la RPE alcanzada al final de cada serie constituye un valor de referencia para estimar la zona o tipo de entrenamiento de fuerza realizado. En la **Tabla 17**, se indican los intervalos de confianza obtenidos en un estudio realizado con 11 varones estudiantes, entrenados en fuerza que fueron evaluados en 8 series realizadas con la mayor velocidad posible utilizando 8 porcentajes de peso (30, 40, 50,60,70,80,90 y 100% de la 1MR) (datos aún sin publicar).

Tabla 17. *Intervalos de confianza (95%) determinados en las variables relacionadas con la percepción subjetiva de esfuerzo medida en cada rango de porcentaje evaluado.*

Variables	RPE inicial (1º rep)		RPE 1-3 rep		RPE_10%		MRPE_20%	
	sup	Inf.	sup	Inf.	sup	Inf.	sup	Inf.
30 a 40%	1.32	3.08	1.32	3.08	2.08	4.31	4.42	7.24
>40 a 50%	1.47	3.07	1.45	3.28	3.21	5.01	5.16	7.20
>50% al 60%	0.95	3.23	1.12	3.31	2.26	4.31	4.25	6.34
>60 al 70%	1.07	4.49	1.52	4.92	3.42	6.52	5.52	7.73
>70 al 80%%	5.61	7.12	6.13	7.45	6.94	7.82	5.59	9.08
>80% al 90%	6.25	7.75	6.87	8.43	5.08	8.97	7.93	8.27
>90%	8.00	8.00	8.48	8.96	8.5	9.0	10	10

De acuerdo a estos resultados, para entrenar la zona de fuerza explosiva, utilizando pesos (30 y los 60%) la serie se iniciaría con una RPE de 1 y debiera finalizar antes de llegar a 4. Para entrenar la fuerza velocidad con pesos medios (>60%-70% y >70-80%) la percepción inicial debiera ser entre 1 a 5 finalizando la serie antes de llegar a 6 para el rango >60-70% y 8 para >70-80%. En el caso de la fuerza máxima, que se entrena con peso > al 80%, la RPE inicial debería ser superior a 6 aunque rápidamente se llega a 8 (~3 repetición) o hasta 10 dependiendo de que el peso este por debajo o por encima del 90%.

RPE_10% RPE manifestada cuando se produce una caída de la potencia >10%. RPE_20%, RPE promedio indica en todas las repeticiones realizadas luego de la caída de la potencia superior al 10% y hasta que se produce una caída superior al 20%.

II.XII Métodos de Entrenamiento

Los métodos de entrenamiento son las estrategias que utiliza el entrenador para organizar los entrenamientos de fuerza. Estos métodos, tienen especial relación con los objetivos perseguidos y con la zona de fuerza a entrenar.

De acuerdo con Kuznetsov (1989), los métodos para entrenar la fuerza muscular pueden clasificarse en:

- a. Métodos de preparación general de fuerzas.
- b. Métodos de preparación de fuerzas específicas.
- c. Métodos para mejorar movimientos específicos.

II.XII.I Métodos de Preparación General de Fuerza

Se aplican cuando se realizan ejercicios mecánicamente diferentes a los gestos de la especialidad deportiva y no se respetan tampoco las manifestaciones de fuerza específica del deporte. Por ejemplo, cuando en los deportes de conjunto en donde predominan las acciones de fuerza explosiva o resistencia a la fuerza explosiva, se realizan ejercicios auxiliares (sentadilla, press banca, cargada, etc) para mejorar la fuerza resistencia o la fuerza máxima.

II.XII.II Métodos de Preparación de fuerzas Específicas

Al igual que en el caso anterior se realizan ejercicios mecánicamente diferentes a los gestos de la especialidad deportiva, pero en este caso se intenta conservar una correspondencia con las manifestaciones de la fuerza específica de cada especialidad. Por ejemplo, cuando en los deportes de conjunto en donde predominan las acciones de fuerza explosivas, se realizan sentadillas explosivas

(balísticas) para mejorar la fuerza explosiva del tren inferior.

En cualquiera de los dos métodos anteriores pueden aplicarse las siguientes variantes o sub-métodos:

1. **Repeticiones y pausas:** comprende series de más de 3 repeticiones, sin llegar al fallo muscular, alternadas con pausas completas (permiten mantener la velocidad o potencia de los movimientos, entonces se entrena la misma zona de fuerza en todas las series sucesivas), o incompletas (la potencia de movimientos cae y la zona de fuerza varía a medida que se suceden las series).
2. **Esfuerzos de series continuas hasta el rechazo o fallo muscular:** implica la realización de una o más series hasta el agotamiento muscular momentáneo. Este método puede hacerse de tres formas diferentes:
 - Realizando una sola serie única hasta el fallo muscular,
 - Realizando varias series en donde se llega al fallo muscular en todas.
 - Como una variante del método de repeticiones en donde, en las primeras series no se llega al fallo, pero si se alcanza este punto de agotamiento máximo en la última serie.
3. **Esfuerzos únicos:** consiste en series cortas, de 1 a 3 repeticiones, alternadas con pausas completas de recuperación.

El método de repeticiones y pausas es el que más se adapta para todas las zonas de entrenamiento siendo especialmente útil para las zonas de fuerza resistencia cuando las pausas son incompletas, mientras que es más adecuado para las zonas de fuerza máxima o potencia cuando las pausas son completas. Por otro lado, este método, es el más adecuado para aplicar con novicios cuando estos se inician en el entrenamiento de fuerza (Naclerio, 2005).

El método hasta el rechazo o fallo muscular, es recomendado para sujetos novicios o con nivel recreativo ya que puede inducir altos niveles de fatiga e incrementar riesgos de lesiones por sobrecarga (Willardson, 2007). Este método debería aplicarse sólo en deportistas de alto nivel y especialmente cuando el entrenamiento está destinado a ganar masa muscular (hipertrofia) en especialidades como el culturismo o en deportes en donde se desee incrementar significativamente los niveles de fuerza máxima (Willardson, 2007). Por otro lado, este tipo de trabajo no ha mostrado ser más efectivo para incrementar la fuerza respecto al método de repeticiones y pausas sin llegar al fallo muscular (Drinkwater et al., 2007), siendo sólo aparentemente más efectivo cuando se miden sus efectos durante periodos relativamente cortos de entrenamiento (< 6 semanas), ya que cuando se aplica por tiempos prolongados (> 6 a 16 semanas), sus efectos pueden ser hasta perjudiciales (Izquierdo et al., 2006). Debido a esto, los trabajos hasta el fallo son considerados como una estrategia específica de entrenamiento que debe ser aplicada como una herramienta más de la periodización alternando microciclos al fallo (1 a 4) con periodos en donde no se llegue al fallo (Drinkwater et al., 2005).

Por su parte, el método de esfuerzos únicos se caracteriza por la realización de acciones con la máxima intensidad posible alternadas con pausas relativamente largas de recuperación de modo de poder mantener la intensidad requerida en los esfuerzos sucesivos (Kuznetsov, 1989). Debido a esto, es un método aplicado fundamentalmente en deportistas entrenados que desean mejorar la fuerza potencia o fuerza explosiva, aunque también puede aplicarse para entrenar la fuerza máxima, especialmente en las especialidades como el levantamiento olímpico o de peso cuando el número de repeticiones a realizar en cada serie es pequeño.

II.XIII Métodos para Mejorar la Fuerza Aplicada en los Movimientos Específicos

(método complejo o transferencia)

Son los métodos utilizados para mejorar específicamente el rendimiento en los movimientos específicos de cada deporte. En estos casos, la fuerza se expresa en estrecha relación con otra capacidad motriz (velocidad, resistencia, etc.) en acciones específicas que se corresponde con una estructura o movimientos deportivos específicos. Estos métodos comprenden numerosas variantes para aplicarlos las cuales han sido denominadas como entrenamientos complejos o por transferencias (Siff, 2004) ya que se basan en el principio de activación-potenciamiento en donde se realizan dos esfuerzos sucesivos de modo que los efectos del primer trabajo determinen una mejora en la eficiencia del segundo (Dochety et al., 2004)

Según los objetivos perseguidos en los entrenamientos, así como el momento del año, el método complejo puede organizarse en base a dos variables fundamentales:

- a. El tipo de ejercicio.
- b. El tiempo de pausa entre cada serie, grupo de series o ejercicios.

Según el tipo de ejercicio, el entrenamiento puede plantearse de las siguientes maneras:

- *Transferencia entre ejercicios auxiliares*, por ejemplo 3 repeticiones de sentadilla con el 85% (fuerza máxima) (pausa de recuperación) y 3 con el 40% de la 1 MR (fuerza explosiva específica) (Baker, 2003). Este tipo de trabajo, en la mayoría de los deportes, se corresponde más con un método de preparación de fuerzas específicas ya que no comprende ejercicios mecánicamente específicos.
- *Transferencia desde ejercicios auxiliares a específicos*, por ejemplo, al realizar 2 series de 3 repeticiones con el 80% de la 1 MR en press de banca, luego 4 repeticiones con el 30% en press de banca en multipower realizando un gesto balístico y luego 4 lanzamientos a puerta en balonmano o béisbol (Verchoshansky, 1996b).

- *Transferencia entre ejercicios específicos*, por ejemplo, al realizar 3 saltos verticales haciendo el gesto de bloqueo en voley, y luego hacer otros 3 saltos con un ligero sobrepeso (\square 5% del peso corporal) (Verchoshansky, 2001). En este caso no sólo es necesario mantener un patrón de acción motora similar, sino que hay que hay que desarrollar una actividad neural y coordinativa similar que coincida con la acción específica que se está entrenando (Verchoshansky, 1996b, Kuznetsov, 1989, DeRenne et al., 2001).

Según Kuznetsov (1989), estos son los verdaderos trabajos que se corresponden con los métodos de preparación de fuerzas específicas y por ello se introducen en el periodo específico y competitivo con el objetivo de mejorar la eficiencia de los gestos deportivos (Kuznetsov, 1989).

Según las necesidades de cada sujeto y los objetivos perseguidos en cada caso, el entrenamiento puede planearse en tres formas diferentes:

- Con pesos superiores a los de competición para enfatizar mejoras en la fuerza aplicada. Por ejemplo, al realizar salidas o aceleraciones con arrastres o saltos con lastres en los tobillos (Young, 2006, Lockie et al., 2003).
- Con los mismos pesos de competición, pero cambiando la situación de modo de obligar a realizar acciones con más velocidad o fuerza respecto de las ejecutadas en competición. Por ejemplo, cuando se juega al fútbol en terreno reducido, o con dos porterías o dos balones (Zhelyazkov, 2001).
- Con pesos inferiores a los de competición, para enfatizar la velocidad de movimiento, estimular la coordinación intermuscular y obligar a aplicar la fuerza con mayor velocidad (Kuznetsov, 1989).

De todos modos, en cualquiera de las situaciones anteriores, con el objetivo de poder mantener una adecuada correspondencia y no alterar la estructura mecánica

ni la técnica de los ejercicios, debe considerarse que para mantener la técnica y evitar la formación de un estereotipo dinámico motor que evite ulteriores mejoras la relación entre las repeticiones con pesos ligeros, estándar y pesados debe ser de 1-2-1. En el caso de necesitar mejorar la fuerza aplicada la relación debe ser 1:1:2 o 1: 3: 3, mientras que para priorizar mejoras en la velocidad o la velocidad de desarrollo de la fuerza la relación más adecuada será 2: 1: 1 (Kuznetsov, 1989, Ozolin, 1983).

II.XIII.I Respecto a la Cantidad de Peso Utilizado para Mejorar la Fuerza

Para las acciones balísticas con el tren inferior (saltos), en donde se moviliza el propio peso corporal las sobrecargas no deben ser superior al 10 o 25% del peso corporal (García, 1999). No obstante, para las salidas y aceleraciones en velocidad se han recomendado pesos comprendidos entre el 2% y el 5% del peso corporal (Dintiman et al., 1998, Kuznetsov, 1989). aunque algunos estudios sugieren que la mecánica de la carrera de aceleración en 15 metros no se ve significativamente alterada hasta niveles de sobrecarga cercanos al 12.5% (Lockie et al., 2003).

En el caso de los trabajos realizados con el tren superior (lanzamientos de balones medicinales, pelotas de softbol palos de hockey, etc), se han recomendado aplicar entre un 15% y un 25% más respecto del peso de competición (García, 1999).

Para mejorar la velocidad y la coordinación intermuscular se recomienda utilizar implementos con pesos reducidos o tracciones con gomas elásticas durante la carrera de velocidad o los saltos. En estos casos, la facilitación causada por los implementos no debiera determinar mejoras rendimiento superior al 5% o máximo 10% respecto del máximo obtenido en condiciones de competición (Dintiman et al., 1998).

Respecto al volumen total de trabajo a realizar, todavía no se han dado indicaciones concretas al respecto, pero se estima que no deben superarse volúmenes en los cuales la intensidad o el rendimiento muestre reducciones superiores al 5% o máximo 10% (Kuznetsov, 1989, Ozolin, 1983).

II.XIII.II Según el Tiempo de Pausa el Método Complejo puede Plantearse de las Siguietes Maneras

Con respecto a la longitud de la pausa entre las series de ejercicios, el entrenamiento complejo, los diferentes estudios realizados han utilizado un amplio espectro de tiempos de pausa comprendido entre los 15s 18.5 minutos (Young, 2006, Duchateau et al., 2006). De acuerdo a esto he podido diferenciar tres formas diferentes de plantear este método de trabajo.

Transferencia inmediata, que es cuando se deja menos de 30 s entre la serie con pesos más altos y la serie con pesos más bajos. Esta metodología, ha sido aplicada con éxito para estimular mayores valores de potencia cuando la diferencia entre los pesos movilizados no es significativamente elevada, y se mantienen dentro de la misma zona de entrenamiento de la fuerza. Por ejemplo, la hacer 5 repeticiones con el 50% de la 1 MR en sentadilla y luego otras 5 de saltos (en donde el peso corporal puede significar entre el 35% al 40% del valor de la 1 MR se de sentadilla) (Baker, 2001). Algunos autores, han llamado a este tipo de entrenamiento como trabajo de contrastes, el cual originariamente se aplicaba realizando una alternancia entre cada repetición o pequeños grupos de repeticiones en donde se utilizaban pesos extremos (90% y 30%) (Duthie et al., 2002).

Transferencia a corto plazo, que es cuando se dejan más de 30 s hasta 2 minutos de pausa entre la serie del ejercicio con pesos más alto y el ejercicio con pesos bajos. Al igual que en el caso anterior, sólo se han indicado mejoras en el rendimiento del segundo ejercicio cuando las diferencias entre los pesos utilizados no es muy elevada, sino que ambos están comprendidos dentro de la misma zona de entrenamiento de la fuerza, ya que cuando se pasa de un ejercicio con un peso muy elevado, (80- 85%) hacia otro muy bajo (~30%) el rendimiento en el segundo ejercicio puede ser incluso inferior respecto a cuándo no se aplica el método de transferencia (Dochety et al., 2004, Robbins, 2005).

Transferencia a medio plazo. En este caso, se dejan tiempos más largos

(entre 3 a 5 minutos) entre la o las series de ejercicios estimulantes, desarrollados con pesos más altos y los ejecutados con pesos más bajos o específicos. Este tipo de organización ha mostrado resultados contradictorios ya que se han visto que la eficiencia del gesto explosivo posterior puede mejorar o reducirse según la capacidad de rendimiento o las características particulares de cada sujeto (Dochety et al., 2004, Robbins, 2005), no obstante, en la revisión realizada por Dchet y col (2004) recomiendan mantener un tiempo de pausa superior a los 4 minutos. Como ejemplo podemos plantear realizar 3 series de sentadilla al 80% con 2 min de pausa, luego se dejan 5 minutos de pausa y se realizan 3 series de saltos en multipower alternadas con 2 minutos de pausa (Jensen y Ebben, 2003).

Transferencia a largo plazo. En este caso, los tiempos de pausa entre las series de ejercicio con pesos elevados y la realizada con pesos bajos son mayores de 5 minutos pudiendo llegar hasta 18 o 20 minutos (Dochety et al., 2004, Verkhoshansky, 2001). Verkhoshansky (2001), indica que los beneficios de los trabajos con transferencias deben realizarse en bloques concentrados en donde se agrupen los ejercicios con similares características, para luego de una pausa relativamente larga se proceda a realizar los ejercicios más específicos o explosivos. Este tipo de trabajo, puede ejemplificarse al combinar ejercicios auxiliares y específicos, como por ejemplo al realizar 2 series de 3 repeticiones con el 85% de la 1 MR con 2 minutos de pausa en cargada en un tiempo, dejar 5 minutos de pausa y hacer 3 series de saltos en multipower con el 40% de la 1 MR con 2 minutos de pausa y luego dejar 15 minutos antes de realizar 5 series de drop jump más aceleración y bloque de voley con 2 minutos de pausa entre cada serie de 5 minutos.

II.XIX Organización de las Sesión de Entrenamiento de Fuerza

La organización se refiere al formato con que se realizan las sesiones de entrenamiento, y aunque está muy relacionada con los objetivos perseguidos, va a depender fundamentalmente de otras variables como del tiempo disponible, el número de personas en la sesión, nivel de rendimiento, la infraestructura o medios de entrenamiento disponibles (Naclerio, 2005).

Existen dos formas básicas de organizar la sesión de entrenamiento:

- a. Organización o modelo horizontal.
- b. Organización o modelo vertical.

II.XIX.I Modelos Horizontales

Comprenden la realización por series y pausas hasta finalizar la cantidad de trabajo prescrito para cada ejercicio y luego se pasa el siguiente.

En este tipo de organización se suelen realizar los ejercicios más importantes (motores) al inicio y luego los menos importantes (suplementarios) para finalizar con los asistentes (Bompa y Cornacchia, 1998a).

II.XIX.II Modelos Verticales

Implican la realización de los ejercicios de forma circular, es decir que luego de la primera serie del primer ejercicio se pasa a la primera del segundo y así sucesivamente hasta acabar todos los ejercicios y luego comenzar con la segunda serie del primero.

Existen tres variantes fundamentales de esta forma de organización.

Circuito general: En este caso pasa de un ejercicio a otro, pero alternando los grupos musculares o zonas de trabajo, de modo que no se realicen dos ejercicios contiguos que afecten a la misma zona o grupo muscular. De este modo, se "alternan" las zonas o grupos musculares.

Circuito Concentrado: En este caso se varía la mecánica de los ejercicios, pero se entrena la misma región o grupo muscular en dos o más ejercicios contiguos. Esta organización es típica de los entrenamientos de resistencia a la fuerza con pesos ligeros (Bompa, 1995).

Bloques: Se distinguen dos variantes, según las características de los ejercicios seleccionados:

1. *Bloques concentrados:* Se realizan de 3 a 5 ejercicios del mismo grupo o zona muscular.
2. *Bloques alternos:* Se realizan de 3 a 5 ejercicios de diferentes grupos

o zonas musculares.

La forma de trabajo dentro de cada bloque es circular, realizando el número de series estipuladas por el entrenador, efectuando una pausa o micropausa entre un ejercicio y otro, mientras que al final de cada giro se realiza una pausa o macropausa, para luego repetir el bloque, por el número de veces dispuesto.

II.IXI.III Modelos Complejos o Combinados

Son variaciones aplicadas comúnmente en los entrenamientos de musculación (culturismo). Estas pueden dividirse en dos tipos:

1. **Organización en Series compuestas:** Consiste en series de ejercicios contiguas sin dejar pausa de recuperación o solo con una pequeña micropausa. En esta modalidad se cambia el tipo de ejercicio o sinergia, pero se actúa sobre el mismo grupo muscular. Ejemplo: 1° press de banca plano con barra libre, 2° pres inclinado con barra libre o multipower 3° contractora (Earle y Baechle, 2004b).

En esta forma de trabajo, al cambiar la sinergia de movimiento el punto de máxima dificultad mecánica o fase de atasco, se desplaza desde una zona a otra dentro del mismo rango de movimiento, por lo cual, a pesar de actuar sobre el mismo núcleo o grupo muscular, se puede continuar entrenando, porque cada ejercicio determina una localización diferente de la fase de atasco. De esta manera, se crea un estímulo superior para incrementar la fuerza en todos los rangos de desplazamiento de los grupos entrenados. (Bompa y Cornacchia, 1998b, Harman, 2000). Esta forma de organización, se diferencia del bloque concentrado porque la densidad del trabajo es mayor, debido a que se pasa de un ejercicio a otro casi sin realizar pausa, además se pueden introducir variantes como que el 1° y 3° ejercicio, de la superserie, sea el mismo, lo cual es aplicable para fortalecer una técnica o angulación determinada de una zona corporal (Naclerio, 2005).

1. **Organización por Multi o superseries:** Se alternan series de

ejercicios de diferentes grupos, pudiéndose observar a su vez dos variantes: Súper-serie por grupos antagónicos.

2. Súper-serie por grupos sinérgicos.

Es un sistema parecido a las superseries, pero la sucesión de ejercicios se hace cambiando de grupos, es decir, que no se repiten ejercicios que entren en el mismo grupo muscular. No obstante, en la segunda variante (grupos sinérgicos) se abordan ejercicios que pueden comprender los mismos núcleos articulares, pero al cambiar el tipo de acción, pasando de ejercicios motores principales o multiarticulares a ejercicios asistentes o monoarticulares, la exigencia también se modifica.

II.XX Sistema para Aplicar el Entrenamiento de Fuerza

Una vez comprendidos los métodos y las formas de organizar los entrenamientos, sólo queda determinar con que sistema se aplicará cada método de entrenamiento. Estos sistemas han sido descritos como: Piramidal (Creciente, invertida, doble o creciente decreciente, trunca); Peso Estable; Repeticiones estables; Escalera, Pirámide chata- estable; Oleaje; Contraste y Combinados (De Hegedüs, 1981, Bompa, 2003).

II.XX.I Sistema de Organización Piramidal

Se puede aplicar de cuatro formas diferentes: Creciente; Invertida; Doble o creciente decreciente y Trunca.

La pirámide tradicional “creciente” se caracteriza por un incremento de los pesos y disminución del número de repeticiones por serie, en forma progresiva a medida que estas se van sucediendo, dentro de un mismo ejercicio. Se parte de pesos moderados a ligeros, según los objetivos del entrenamiento, para llegar al máximo de las posibilidades, es decir, que la última serie es de 1MR (**figura 20**).

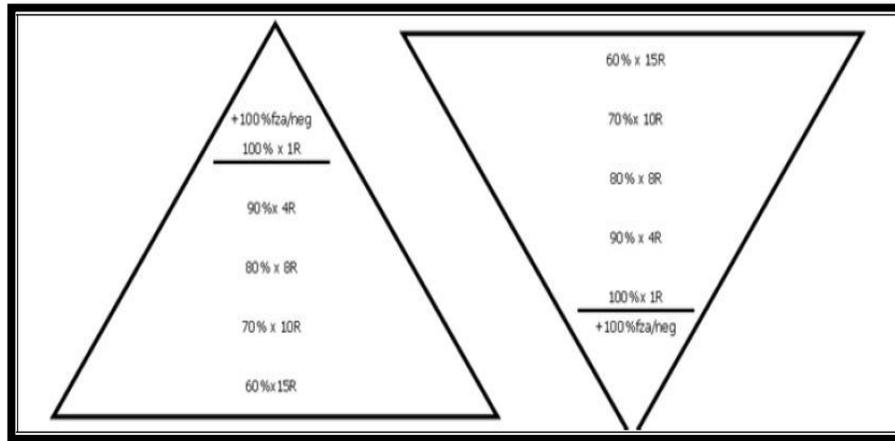


Figura 20. Organización en pirámide, creciente o decreciente. La línea negra indica el caso en que se realiza una pirámide trunca.

La pirámide tradicional es adecuada, para entrenar la fuerza máxima o la resistencia de fuerza máxima, mientras que la decreciente o invertida comienza por los pesos más elevados para finalizar con los más bajos, siendo más apta para fuerza velocidad, porque los pesos más bajos son utilizados en las últimas series, que es donde se observa el mayor beneficio global del entrenamiento (Naclerio, 2005).

El sistema de doble pirámide o creciente decreciente, consiste en dos pirámides seguidas, incrementando el peso y disminuyendo las repeticiones en la 1º pirámide, y realizando lo contrario en la 2º. Suele aplicarse en ejercicios motores principales cuando se deben realizar muchas series por entrenamiento (entre 5 a 6), y para entrenar fundamentalmente las direcciones de fuerza resistencia (Bompa, 1995).

La forma de aplicación por Pirámide trunca es una variante en la que, durante las últimas series no se llega a entrenar con el peso máximo. Este sistema puede ser realizado en forma creciente o decreciente, adaptándose a cualquiera de las direcciones de fuerza, respetando los mismos criterios expuestos para las otras pirámides (De Hegedüs, 1981).

II.XX.II Sistema de Organización con Peso Estable

Se mantiene siempre el mismo peso, de modo que las repeticiones por series puedan mantenerse o variar, puede adaptarse a cualquier dirección de fuerza. Cuando se entrena resistencia de fuerza para ganar hipertrofia, el número de repeticiones disminuye a medida que se avanza en las series, sobre todo si se llega al fallo muscular. Para fuerza máxima o velocidad, las series deben ser cortas e intensas respetando una pausa amplia de recuperación, para permitir el restablecimiento de la capacidad de trabajo, especialmente a nivel del sistema nervioso. En este caso, el número de repeticiones puede mantenerse o variar muy poco, porque lo esencial es conservar la intensidad o potencia de movimiento.

II.XX.III Sistema de Organización por Repeticiones Estables y Variando el Peso

Esta forma podría considerarse una variante de la anterior. Se varía el peso y se mantiene el número de repeticiones. Este tipo de planteamiento se produce cuando se indican los entrenamientos en base al máximo número de repeticiones (Baechle et al., 2000). Por ejemplo, para entrenar la fuerza máxima se plantean 3 Ser. de 5 máximas repeticiones con 2 min de pausa. En este caso el sujeto debe acomodar el peso para poder completar siempre 5 repeticiones por Serie, intentando que el peso seleccionado no le permita realizar 6. No obstante, este sistema de aplicación puede adaptarse para entrenar cualquier zona de fuerza.

II.XX.IV Sistema de Organización en Escalera

Constituye una mezcla de los métodos de peso estable y piramidal, porque implica la realización de al menos dos veces cada serie, luego se eleva el peso, y se sigue entrenando. Es un sistema similar a la doble pirámide, principalmente aplicado para las direcciones de fuerza resistencia. Cada escalón de peso puede incluso realizarse más de dos veces, para favorecer el efecto de entrenamiento en un rango determinado de pesos.

Una variante es hacer la escalera en sentido inverso es decir reducir el peso y aumentar las repeticiones. (De Hegedüs, 1981) (ver **figura 21**). y específicos para fuerza máxima, muy fatigado.

En el entrenamiento de la fuerza es recomendable mantener el rango de pesos relativamente estable induciendo variaciones de los mismos de no más de 5% entre las series, de esta forma las adaptaciones neurofisiológicas son más estables y específicas (Bompa, 1995).

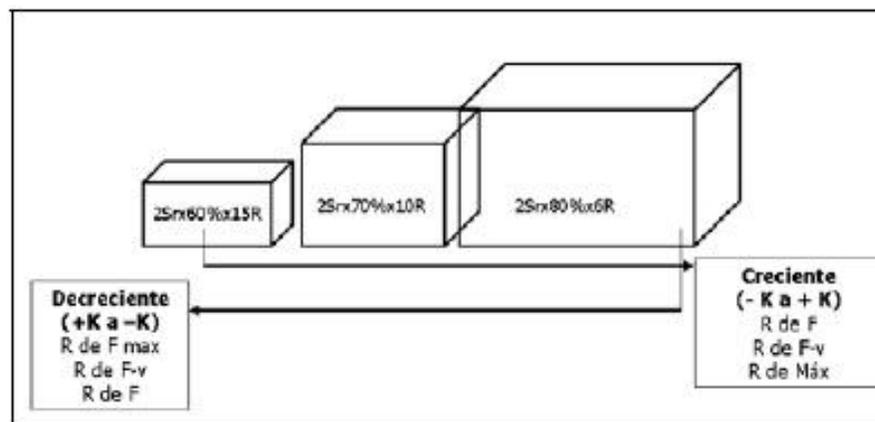


Figura 21. Organización en escalera. Si se progresa hacia la derecha es creciente y cuando lo hace de derecha a izquierda es decreciente.

II.XXI Organización con Pirámide Chata-Estable

Resulta de la combinación de la doble pirámide, la pirámide trunca y la escalera. Es adecuada para la fuerza máxima o velocidad.

Sólo se realiza una serie con bajo peso a modo de entrada en calor, que no determina efectos de entrenamiento, mientras que las demás sí. La última serie al 80% es el límite porcentual para entrenar la fuerza máxima. En este caso, se llega al máximo agotamiento de las unidades motoras, manteniendo un rango de pesos similares. Con las pirámides tradicionales las variaciones de los pesos suelen ser muy amplias (más del 10%) corriéndose el riesgo de desvirtuar la dirección de fuerza a entrenar al llegar a las últimas series, donde se utilizan los pesos más altos.

II.XXI.I Sistema de Oleaje

En este caso se alternan diferentes magnitudes de peso. Puede orientarse a cualquier dirección de fuerza, pero es más aplicado en los cambios de entrenamiento, como variable psicológica, o para los entrenamientos de resistencia muscular e hipertrofia. En la **figura 22**, se ejemplifica un sistema de aplicación por oleajes. (De Hegedüs, 1981).

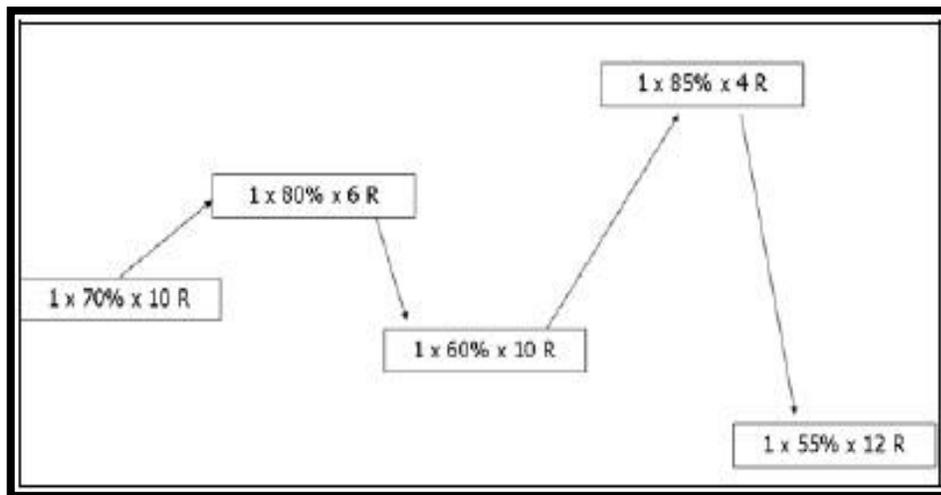


Figura 22.

Organización en oleaje en donde se alternan peso con diferentes orientaciones.

La organización y estructura de la sesión de entrenamiento de fuerza depende de los objetivos perseguidos, y la utilización de los métodos más adecuados para lograrlos. Estos métodos pueden ser organizados en forma de series y pausas, circular, etc., y ser aplicados por medio de sistemas piramidales, escaleras, o peso estable, etc, en donde los factores que más inciden en la determinación de los objetivos es la selección y organización de las variables mecánicas y fisiológicas y no la mera selección de los métodos, organizaciones y sistemas de aplicación que son sólo medios secundarios que permiten aplicar de una forma adecuada el entrenamiento previamente programado.

II.XXII Evaluación y Control del Entrenamiento de la Fuerza

II.XXII.I Valoración de la Fuerza Muscular

La fuerza máxima concéntrica ha sido asociada con el peso máximo posible de movilizar al realizar correctamente la fase de acortamiento muscular de un ejercicio. Este valor es habitualmente determinado por el test de 1 máxima repetición (1RM) o estimado indirectamente por la cantidad máxima de repeticiones posibles de realizar con un peso concreto (Brown and Weir, 2001). El valor de 1 RM obtenido en ciertos ejercicios constituye una medida fiable de la cantidad máxima de fuerza (N) posible de aplicar por un deportista en un ejercicio y momento específico (Sale, 1991). El nivel de fuerza máxima, es una de las variables más importantes que condicionan las manifestaciones de la fuerza muscular en los diferentes ejercicios deportivos ya que, la velocidad y la potencia con que se realicen los movimientos dependerán fundamentalmente de la cantidad relativa de fuerza requerida para realizar cada acción (Siff, 2004). Debido a esto, para programar adecuadamente los entrenamientos de fuerza se hace necesario que el entrenador estime con la mayor precisión posible el valor del 1 RM de modo de poder elegir los pesos y velocidades más adecuados para cada entrenamiento.

Aunque existen muchas recomendaciones acerca de los posibles riesgos asociados con la realización del test de 1 RM, hasta el momento no conozco estudios científicos que demuestren una relación directa entre su aplicación y la incidencia de lesiones en personas sanas de diferentes edades y sexos (Faigembaum et al., 2003, Ware et al., 1995).

El valor del peso máximo determinado tanto por el test de 1 RM como por los test submáximos, no se refiere directamente al valor de fuerza máxima muscular de un sujeto, sino a la cantidad más alta de masa (kg) que puede movilizarse en un ejercicio concreto al realizar una única repetición máxima, sin considerar la velocidad o la potencia producida durante el movimiento (Simpson et al., 1997, Casas, 2005). De todas maneras, en los movimientos humanos, debido al elevado y positivo coeficiente de correlación encontrado entre el nivel de la resistencia a vencer (kg) y la

fuerza producida (Newton), es posible asociar al valor de masa máximo con el mayor nivel de fuerza muscular generado por el organismo (tensión) y la fuerza aplicada a la resistencia utilizada (Naclerio, 2006b, Verkhoshansky, 1996).

II.XXII.II Pasos metodológicos para realizar el test de 1 RM.

Todo procedimiento de evaluación y en especial los tests de fuerza que implican la realización de esfuerzos máximos, deben ir precedidos de un periodo de adaptación mínimo de entre 8 a 12 sesiones de entrenamiento (aproximadamente 1 mes) en donde se consoliden los aspectos técnicos y se aprenda a realizar el tipo esfuerzo requerido durante la evaluación (Kraemer and Fry, 1995).

1. Iniciar a entrada en calor con movimientos de flexibilidad y movilidad articular (estática y dinámica), finalizando con la realización de 6 a 8 repeticiones del ejercicio que se desea evaluar utilizando pesos comprendidos entre el 40% y 60% del valor del 1 RM máxima que se estima que alcanzará el sujeto (ver punto 3.1).
2. Luego de 1 minuto de pausa activa en donde se ejercicios de movilidad articular se ejecutan entre 3 a 5 repeticiones con velocidad creciente utilizando entre el 70% y el 80% del peso máximo estimado de modo de provocar una elevada activación de unidades motoras.
3. Luego de 2 a 3 minutos de pausa se indica la realización de 2 repeticiones con un peso cercano al máximo (□85 al 90% del 1 RM estimada), para alcanzar la máxima activación neuromuscular con la mayor convocatoria de unidades motoras y una elevada frecuencia de estimulación, que son requisitos fundamentales para realizar esfuerzos máximos con la mayor eficiencia posible (Young, 2006, Siff, 2004).
4. Luego de 4 minutos, se incrementa el peso hasta el 95% u 98% del nivel del 1 RM estimada y se indica la realización de una sólo repetición de modo de optimizar la adaptación neural específica para movilizar grandes pesos y terminar de familiarizar al sujeto con esta situación. Luego de este paso y de acuerdo a la dificultad mostrada durante la realización de la repetición

anterior, se incrementa el peso hasta alcanzar el valor que debería coincidir con el nivel del 1 RM estimada (1º intento).

5. Antes de realizar el primer intento para determinar el valor del 1 RM, se aconseja dejar 5 minutos de pausa (Lesuer et al., 1997a, Naclerio, 2006b). Es recomendable indicar la realización de dos repeticiones para evitar que el sujeto se relaje al finalizar la primera repetición e intente ejecutar la segunda con a mayor fuerza posible ya que cuando esta no se puede completar entonces se ha determinado realmente el valor de 1 RM.

El último paso puede repetirse un máximo de 5 veces (Brown and Weir, 2001, Earle and Baechle, 2000), aunque según mi criterio personal, no aconsejo realizarlo más de tres veces, de lo contrario los procesos de fatiga, fundamentalmente de origen neural afectaran los niveles de fuerza y reducirán el valor del 1 RM alcanzado (Logan et al., 2000a). Una alternativa, es que cuando el sujeto se disponga a realizar el tercer intento, se le indique efectuar el mayor número de repeticiones posibles (llegar al fallo muscular), de modo de poder utilizar el peso movilizado en esta última serie y el número de repeticiones efectuadas en forma correcta para estimar el valor del 1 RM aplicando una fórmula de predicción, como se explicará más adelante, en el apartado 3.2 (Naclerio, 2006a).

Independientemente de la metodología utilizada, al realizar las evaluaciones, debe recordarse que para obtener resultados fiables y con un elevado grado de repetitividad que permita su comparación para establecer diagnósticos sobre el rendimiento de los sujetos, siempre deberá efectuarse de la misma manera estandarizando los procedimientos de todos los test que se realicen (Sale, 1991).

I.XXII.III Indicaciones sobre la modalidad de ejecución de los ejercicios.

Una vez finalizados los pasos 1 y 2 de la entrada en calor, a partir del paso 3, se debe indicar a los sujetos que realicen las repeticiones con la intención de aplicar la mayor cantidad de fuerza posible.

II.XXII.IV Incremento del peso luego del paso 4 y en los intentos para determinar peso del 1 RM.

A partir del paso 4, si el sujeto realiza el ejercicio con relativa facilidad se recomienda realizar un incremento de entre un 10% a un 15 % sobre el peso anterior, no obstante, si el ejercicio es realizado con relativa dificultad, el peso debe incrementarse sólo entre un 5% a un 8% como máximo.

II.XXII.V Estimación del valor del 1 RM por medio de los Test de máximas repeticiones.

Si bien el test de 1 RM, es la metodología más recomendada para determinar el peso máximo (Brechue and Mayhew, 2009), este método, además de un periodo de familiarización también requiere que el deportista disponga de una adecuada predisposición mental para mover pesos muy elevados (Ware et al., 1995). Por esta razón, muchos entrenadores e investigadores han propuesto otros métodos alternativos para estimar el valor del 1 RM sin la necesidad de llegar a movilizar el peso máximo.

La mayoría de los modelos de predicción aplican ecuaciones basadas en el conocimiento de la cantidad máxima de repeticiones posibles de realizar con un peso submáximo en uno o varios ejercicios de musculación como el press de banca o la sentadilla. Muchas de estas ecuaciones, han sido validadas en estudios científicos y por lo tanto pueden ser aplicadas con un escaso margen de error en personas de diferentes sexos y niveles de rendimiento (Lesuer et al., 1997b, Wood et al., 2002). Además, se ha sugerido que estos test tendrían menor riesgo de lesión respecto del test de 1 RM, pero no hay evidencias científicas que demuestren esta afirmación. Por otro lado, debe considerarse que los test de máximas repeticiones están sujetos a un error de estimación que es propio de todos los métodos indirectos aplicados en el campo del entrenamiento deportivo (Reynolds et al., 2006).

Muchas investigaciones han analizado la validez, precisión y fiabilidad de algunas ecuaciones comúnmente aplicadas para calcular el 1RM en los ejercicios de fuerza. Lessuer y col (Lesuer et al., 1997b), evaluaron la validez de 7 ecuaciones para

predecir el 1 RM en tres ejercicios diferentes: press de banca, sentadilla y peso muerto, en estudiantes poco entrenados en fuerza (40 varones y 27 mujeres). Las 7 ecuaciones utilizadas mostraron altos coeficientes de correlación (> 0.95) con el 1 RM real de cada ejercicio. En este estudio, las fórmulas Mayhew y col (Mayhew et al., 1992) y Wathen y Roll (Wathen and Roll, 1994), mostraron el menor margen de error, cuando el rango de repeticiones realizado era de 3 a 10. Dentro de éstos límites, la relación entre las repeticiones y el porcentaje de peso movilizado se hace prácticamente lineal, mientras que, con pesos muy altos o muy ligeros, que permiten sólo 2 o más de 10 repeticiones, la relación se hace curvilínea (exponencial). Con respecto al tipo de ejercicio, la fórmula de Eppley (1985) fue la más precisa en los ejercicios de extremidades inferiores y la de Mayhew y col (Mayhew et al., 1992) en los de extremidades superiores. Además, estas tres fórmulas, también han mostrado una gran precisión para predecir el 1 RM en los ejercicios realizados con máquinas de musculación en personas adultas no entrenadas en fuerza (Wood et al., 2002).

Tabla 18. *Muestra un resumen de las ecuaciones analizadas por Lessuer y col (Lessuer et al., 1997b)*

el grado de correlación y el rango mínimo y máximo de repeticiones recomendado para predecir con mayor precisión el valor del 1 RM.

Autor	Fórmula	Correlación	Rango de repeticiones Recomendado
Brzycki	$\% \text{ 1RM} = \frac{102.78 - 2.78 \cdot \text{rep}}{100 / (102.78 - 2.78 \cdot \text{rep})}$	Alta en tren superior Moderada en tren inferior	< 10
Eppley	$\text{1RM} = (1 + 0.033 \cdot \text{rep}) \cdot \text{kg}$	Alta en tren superior Alta en tren inferior	<15
Lander	$\% \text{ 1RM} = \frac{101.3 - 2.67123 \cdot \text{rep}}{100}$	Alta en tren superior Moderada en tren inferior	<15
Mayhew et al.	$\% \text{ 1RM} = \frac{52.2 + 41.9 \cdot (e^{-0.055 \cdot \text{rep}})}{100}$	Alta en tren superior Alta en tren inferior	6 a 20
Wathen	$\% \text{ RM} = \frac{48.8 + 53.8 \cdot (e^{-0.075 \cdot \text{rep}})}{100}$	Alta en tren superior Alta en tren inferior	< 10
O'Conner et al.	$\text{1RM} = \text{peso} \cdot (1 + 0.025 \cdot \text{rep})$	Alta en tren superior Alta en tren inferior	< 10
Lombardi	$1 \text{ RM} = \text{rep} + \text{kg} (\text{rep})^{0.1}$	Alta	< 10

La precisión de las ecuaciones para predecir el 1 RM a partir del número máximo de repeticiones realizadas con un peso submáximo se reduce cuando se utilizan pesos <75% y se realizan más de 10 repeticiones totales. En estos casos, las personas entrenadas en movilizar pesos bajos, podrían tener ciertas ventajas adaptativas sobreestimándose el valor del 1 RM predicho, mientras que, las personas más entrenadas en movilizar pesos máximos tendrían una desventaja, pudiendo realizarán un menor número de repeticiones y subestimando su verdadero nivel de fuerza.

Según Rodríguez y Chagas Gomez (Rodríguez and Chagas Gomes, 2003), predecir el 1 RM a partir de un test de máximas repeticiones con pesos submáximos, no es un procedimiento muy fiable en deportistas bien entrenados en fuerza máxima (levantadores de peso), ya que las adaptaciones creadas por este tipo de entrenamiento producen cambios fisiológicos opuestos a los requeridos para el rendimiento de fuerza resistencia. En estos casos, la aplicación del test de 1RM sería la metodología más adecuada para evaluar el nivel de fuerza máxima. De todas maneras, el error de las ecuaciones de predicción se reduce cuando son aplicadas en grupos de deportistas con características similares (el mismo nivel de rendimiento, 1

RM, años de preparación, tipo y objetivos del entrenamiento) respecto de aquellos con los que fueron desarrolladas originalmente. Brechue y Mayhew (Brechue and Mayhew, 2009), indicaron, que en el caso de deportistas bien entrenados el rango de repeticiones idóneo para estimar el 1 RM en press de banca es de entre 2 y 5 repeticiones máximas (>85% del 1 RM), ya que dentro de este rango la relación entre el porcentaje de peso y las repeticiones realizadas se hace predominantemente lineal, reduciendo así su margen de error.

En resumen, los test de máximas repeticiones constituyen una alternativa metodológica válida para estimar, con un bajo margen de error el 1 RM en los ejercicios de fuerza con pesos libres o máquinas. Las siguientes recomendaciones ayudarán al entrenador a realizar los test de máximas repeticiones de una forma más adecuada:

II.XXIII Valoración de la Fuerza Máxima Aplicada: Test de Saltos y Test Progresivo

El conocimiento de la capacidad de aplicar fuerza con la mayor velocidad posible contra resistencias ligeras y moderadas es de gran importancia para realizar un diagnóstico completo del rendimiento neuromuscular (Cronin and Sleivert, 2005). Muchos autores, han propuesto la realización de test de saltos para valorar el rendimiento de fuerza y potencia muscular utilizando fórmulas indirectas o dispositivos más sofisticados como las plataformas de contacto o dinamométricas (Sayers et al., 1999).

II.XXIII.I Test de Saltos

La valoración de la fuerza mediante test de salto ha sido utilizada en múltiples casos, utilizando diverso material y métodos para evaluar el rendimiento deportivo. Como primera reseña específica a un test de salto deberemos señalar el Test de Sargent. Test que data de 1921 y también ha sido denominado “test de saltar y

tocar” o “test de saltar y llegar”. Este test, ha sido estandarizado de diferentes formas desde sus orígenes; siendo el protocolo más utilizado el estandarizado por Lewis en 1977 (Villa and García- López, 2003).

Colocando una plancha vertical de 2 metros de altura, graduada en centímetros, situada a partir de una altura de 1.50 m del suelo y separada 15cm de la pared, el sujeto se coloca a unos 30 cm de esta plancha, con el cuerpo lateral a la misma y hace una primera marca (a) con una mano pintada de tiza (intenta llegar a la máxima altura sin despegar los talones del suelo) que representa el alcance inicial del salto. A continuación, la persona flexiona libremente las piernas para saltar lo máximo posible y con el brazo en extensión hacer una segunda marca (b), que representa el alcance final del salto. La altura del salto se calcula restando las dos distancias (Villa and García-López, 2003).

Una variante del test de Sargent en cuanto al material aplicado para la medición de la altura del salto es el Test Abalakov. Al igual que el Test de Sargent mide la capacidad de impulso vertical de las piernas y se realiza con los brazos libres (Villa and García-López, 2003), pero la medición no es resultante de la de diferencia de dos marcas, sino de la elevación del centro de gravedad durante el salto, para lo que se utiliza una correa métrica fijada a la cintura por un extremo, libre por el otro extremo y ligada a un marcador.

Las publicaciones realizadas por Bosco en la década de los 70 y 80 recopilan la información metodológica necesaria para realizar adecuadamente la batería de test de saltos tradicionales por medio de los cuales es posible hacer un diagnóstico inicial del nivel de rendimiento de fuerza explosiva de las extremidades inferiores (Bosco, 1983, Bosco, 1990, Bosco, 1991, Bosco, 1992, Bosco, 2000, Bosco et al., 1983).

II.XXIII.II *Valoración de la Fuerza Máxima Aplicada con Diferentes Pesos: Test Progresivo*

Cuando una persona aplica fuerza a un objeto externo que posea una masa constante (isoinercial), éste adquirirá una aceleración directamente proporcional a la cantidad de fuerza aplicada. De esta forma, cuando se realiza un ejercicio con la

intención de mover lo más rápido posible la resistencia de oposición, cualquier incremento en el peso de la misma va a determinar un incremento proporcional de la fuerza aplicada y una reducción de la aceleración y la velocidad alcanzada por el objeto movilizado. Así, en los ejercicios de empuje o tracción como el press de banca o la sentadilla, la potencia mecánica producida se incrementa desde los pesos ligeros mostrando una trayectoria curvilínea (creciente decreciente) alcanzando su valor más alto en los pesos intermedios (40 al 50%), para luego disminuir a medida que la resistencia aumenta hasta llegar un punto en donde no es posible movilizarla (Naclerio, 2008).

En este momento la velocidad es 0 y la fuerza máxima aplicada se manifiesta de forma isométrica (FMI), que es entre un 5 a un 10% superior al de la fuerza máxima concéntrica (Sale, 1991). No obstante, si bien el valor más alto de fuerza se alcanza con los pesos máximos, cuando se movilizan pesos inferiores con la máxima velocidad posible, aunque la fuerza absoluta es menor, la activación del sistema neuromuscular es máxima, la fuerza se desarrolla velozmente y la velocidad de movimiento se incrementa, reflejando así capacidades neuromusculares muy distintas respecto de las manifestadas con los pesos más altos (>80% del 1RM) (Verchoshansky, 1996). De acuerdo con esto, los test de 1 RM o de máximas repeticiones sólo nos informan de la capacidad de aplicar fuerza con pesos máximos, pero no reflejan las habilidades para aplicar fuerza con pesos ligeros o moderados. Estas capacidades, son de gran importancia en muchos deportes de conjunto o disciplinas atléticas caracterizadas por la predominancia de acciones explosivas en donde se moviliza el propio peso corporal o implementos muy ligeros. Además, no todos los deportistas que posean niveles muy altos de fuerza absoluta serán capaces de aplicar velozmente altos niveles de fuerza con pesos bajos. De hecho, un culturista suele poseer altos valores de fuerza máxima y sin embargo ser incapaz de realizar gestos explosivos, ya que está entrenado y adaptado para realizar esfuerzos predominantemente lentos y controlados (Naclerio 2008).

El conocimiento de la capacidad de aplicar fuerza con la mayor velocidad posible contra resistencias ligeras y moderadas es de gran importancia para realizar

un diagnóstico completo del rendimiento neuromuscular (Cronin and Sleivert, 2005). Muchos autores, han propuesto la realización de test de saltos para valorar el rendimiento de fuerza y potencia muscular utilizando fórmulas indirectas o dispositivos más sofisticados como las plataformas de contacto o dinamométricas (Sayers et al., 1999).

Shim y col (2001) (Shim et al., 2001), utilizaron un dispositivo con sensores, conectado a un temporizador digital, para medir la potencia producida en un test con pesos crecientes. Baker y col (Baker, 2001), realizaron una serie de estudios con jugadores de rugby a los que les aplicaron diversos test progresivos para evaluar la potencia producida en press de banca y sentadilla. Con nuestro grupo de investigación hemos diseñado un protocolo con pesos crecientes el cual he aplicado para evaluar el rendimiento de fuerza, potencia y velocidad en numerosos deportistas y trabajos de investigación (Naclerio, 2008, Naclerio et al., 2007, Naclerio et al., 2009).

II.XXIII.II.I Metodología para Aplicar el Test Progresivo

Para la realización de este test, es necesario contar con un dispositivo que permita controlar el desplazamiento y calcular la velocidad, la fuerza y la potencia mecánica alcanzada en cada repetición. En la **Figura 23**, se muestra un transductor de velocidad compuesto por un encoder óptico rotatorio conectado a un ordenador en donde, con un software específico es posible conocer los valores de fuerza, velocidad y potencia producidos durante el ejercicio.

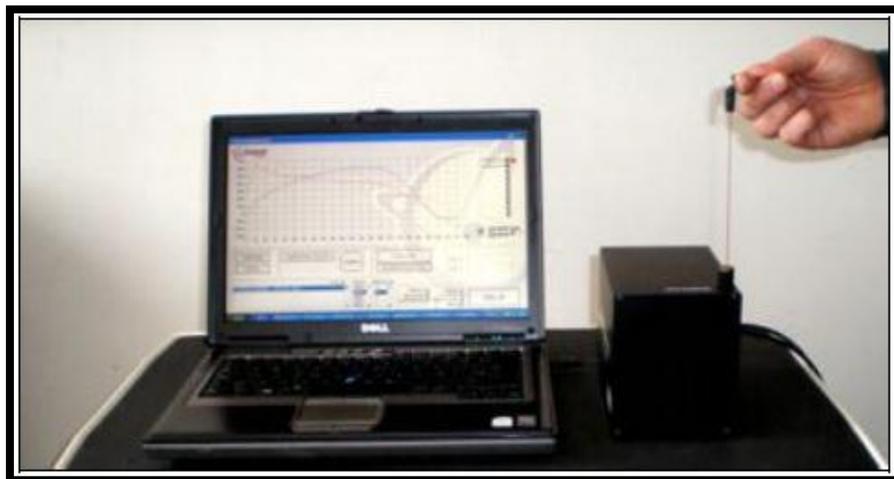


Figura 23. Colocación del transductor de velocidad compuesto por encoder óptico rotatorio conectado a un ordenador o P.C.

El test progresivo comprende la ejecución de 8 ± 2 series de 2 a 3 repeticiones ejecutadas con la mayor velocidad posible, alternadas con pausas de 1 a 5 min que se incrementan según aumenta el peso movilizado. Este protocolo permite estimar el 1 RM, y al mismo tiempo medir la fuerza aplicada, la velocidad y la potencia producida en un amplio espectro de pesos ($>30\%$ al 100% del 1 RM) (Ver **Figura 24**).

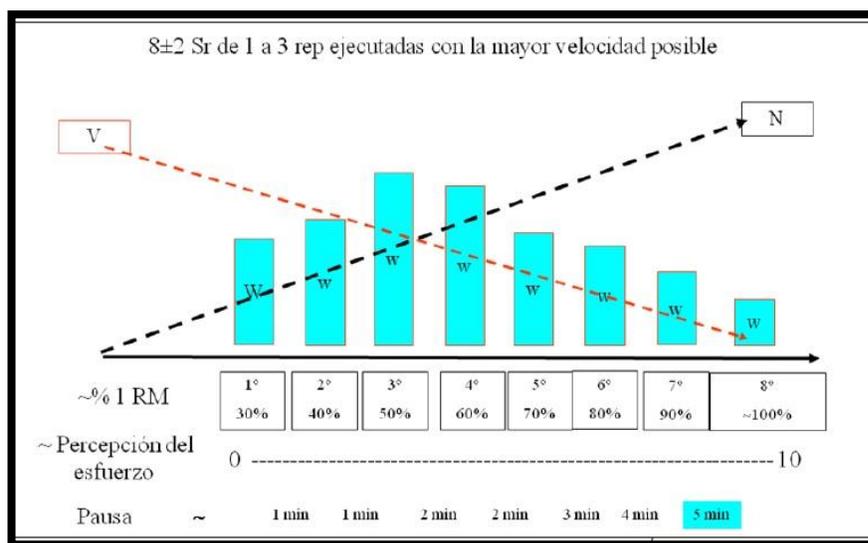


Figura 24. Test progresivo. W: Potencia mecánica en vatios, v: velocidad en $m \cdot s^{-1}$ y N: Fuerza aplicada en Newton.

II.XXIV Métodos Indirectos para Estimar los Niveles de Fuerza

II.XXIV.I Modelos Basados en la Velocidad y la Percepción del Esfuerzo

Las metodologías descritas en los apartados anteriores, aunque son de gran utilidad para diagnosticar el rendimiento en los ejercicios de fuerza, requieren elevados tiempos de preparación, que muchas veces pueden interferir o perjudicar

con el desarrollo de los programas de entrenamiento. Debido a esto, y con el objetivo de facilitar el control y las fluctuaciones del rendimiento que se producen cotidianamente en todos los deportistas, se han propuesto otras metodologías para evaluar la fuerza sin necesidad de mover pesos máximos o llegar hasta el fallo muscular.

II.XXIV.II *Estimación del 1 RM a partir de la velocidad de movimiento*

Diversos estudios ha descrito una relación lineal, inversa y muy alta (r^2 entre -0.83 a -0.99) entre el peso movilizado y la velocidad alcanzada en ejercicios multiarticulares (Kellis et al., 2005, Rahmani et al., 2002). Esta relación, propia de los ejercicios de fuerza con resistencias gravitatorias como la sentadilla o el press de banca, permite analizar las variaciones del rendimiento muscular y predecir el valor de fuerza máxima debido a que, la velocidad de movimiento se mueve de forma inversa al peso utilizado (Rahmani et al., 2002).

Este modelo de predicción, que considera a la velocidad como la variable predictora (independiente) y al porcentaje del 1RM como la variable predicha (dependiente), se basa en los siguientes supuestos:

1. La relación entre el porcentaje del 1RM y la velocidad alcanzada al realizar un ejercicio de fuerza es directamente proporcional.
2. La variación en la máxima velocidad alcanzada con pesos ligeros y moderados reflejan las modificaciones del peso utilizado (% 1 RM).

Tabla 19. *Fórmula de predicción recomendada para diferentes grupos de deportistas y su coeficiente de correlación y de determinación obtenido para estimar (1 RM) en press de banca y sentadilla paralela con barra libre. a partir de la velocidad vertical*

Muestra	Sentadilla paralela con barra libre	Press de banca con barra libre
Varones (20 a 35 años) deportes explosivos (n= 51)	$1RM=kg/(1.145+(-0.495)V)$ $r^2=0.835$ $p=0.0000$ (E 18%)	$1RM=kg/(1.082+(-0.607)V)$ $r^2=0.904$ $p=0.0000$ (E 12%)
Varones (14 a 16 años) entrenados en fuerza explosiva (n= 32)	$1RM=kg / (1.094+(-0.388) v)$ $r^2=0.86$ $p = 0.0000$ (E 14.6%)	$1RM = kg / (1.050+(-0.517) v)$ $r^2 0.94$ $p= 0 0.0000$ (E12.2%)
Mujeres (14 a 16 años) entrenadas en fuerza explosiva (n= 30)	$1RM=kg/(1.139+(-0.445)v)$ $r^2 0.82$ $p=0.0000$ (E 5.9%)	$1RM= kg/(1.056+(-0.604)V)$ $r^2=0.977$ $p = 0.000$ (E3.8%)

Si el entrenador dispone de un dispositivo para medir la velocidad vertical del implemento desplazado (transductor de velocidad), podrá conocer con bastante precisión el valor del 1 RM, indicando a su deportista que realice sólo una serie de 2 a 3 repeticiones con la máxima velocidad posible con el peso habitual de los entrenamientos o una sobrecarga moderada (~50 al 70% del 1 RM estimado). Esta metodología posibilita un control continuo de las fluctuaciones del rendimiento dando la posibilidad de actualizar permanentemente el nivel de las cargas de cada entrenamiento, ajustándolas de acuerdo al rendimiento que presente cada deportista antes de comenzar cada sesión.

Aunque estas fórmulas han mostrado altos coeficientes de correlación y determinación para predecir el 1 RM, debe considerarse que, como sucede con el test progresivo su aplicación requiere de un dispositivo específico para medir la velocidad cuya disponibilidad, todavía no está al alcance de todos los entrenadores. Por otro lado, la relación entre la fuerza estimada por el porcentaje de peso y la velocidad alcanzada es altamente influenciada por el tipo de entrenamiento realizado ya que, como hemos visto anteriormente, los entrenamientos en donde predominan los gestos explosivos la capacidad de aplicar fuerza y alcanzar altas velocidades de movimiento con pesos bajos tiende a aumentar incluso sin observarse modificaciones en la fuerza máxima (1RM), mientras que en los deportistas de resistencia o que entrenan con movimientos lentos y controlados como en culturismo, se producen el mecanismo inverso (Siff, 2004).

II.XXIV.III *Estimación del 1 RM a partir de la percepción subjetiva de esfuerzo.*

La relación entre la percepción del esfuerzo muscular manifestado al realizar ejercicios de fuerza ha sido demostrada en numerosos estudios, que ha descrito relaciones de tipo lineal (Pincivero et al., 2003a) y no lineal (Pincivero et al., 2003b) entre la respuesta perceptiva expresada en escalas numéricas y la intensidad del esfuerzo (porcentaje de la fuerza máxima). Estas diferencias, se deben a que la naturaleza de la relación establecida entre la percepción y la intensidad del esfuerzo depende de muchas variables de tipo psicológico, fisiológico y mecánico, en donde el tipo de ejercicio, la cantidad de masa muscular empleada, el ángulo de contracción, el régimen de acción muscular (dinámico o isométrico) afectan significativamente la selección en la escala de medición (Timmons et al., 2009). Además, las diferentes metodologías empleadas en cada caso, pueden afectar los resultados obtenidos. La estandarización de las preguntas realizadas o el hecho permitir seleccionar valores intermedios (0.5) entre cada valor numérico presentado en cada tabla, puede ayudar a obtener una respuesta más lineal, continua y acorde con la naturaleza de la evolución de los esfuerzos (Timmons et al., 2009).

Robertson y col (Robertson et al., 2003), validaron una escala de percepción subjetiva (OMNI-RES), específicamente diseñada con imágenes e indicaciones verbales, distribuidas en un rango de 0 a 10 puntos, que permiten reflejar el grado de esfuerzo realizado en los entrenamientos de fuerza (ver **Figura 25**).

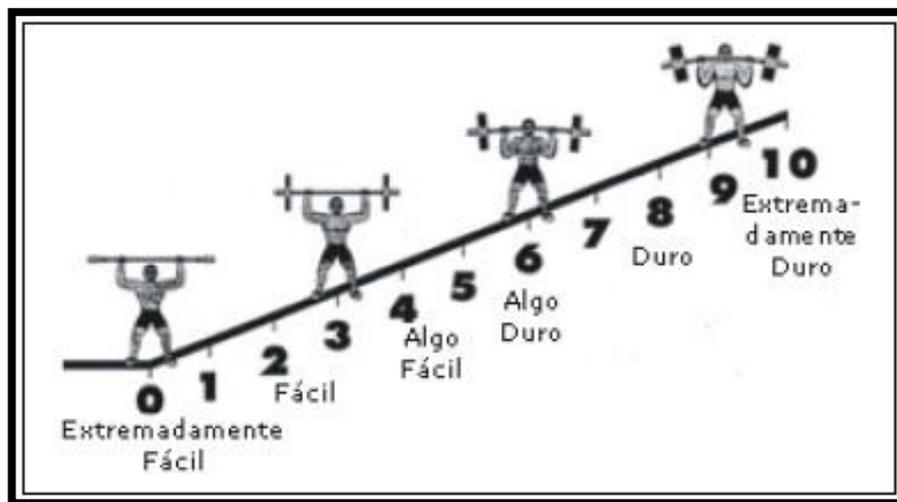


Figura 25. Escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES 0-10 (Robertson et al., 2003).

La aplicación de las escalas de percepción subjetiva de esfuerzo para controlar la intensidad o estimar el porcentaje de peso utilizado en los ejercicios de fuerza debe estar siempre precedida de un periodo de familiarización de 3 a 12 sesiones de entrenamiento en donde además se proporcione información que permita vincular el grado de esfuerzo realizado con la información proporcionada por la escala.

En las escalas de 0 a 10 puntos, el 0 se asocia con la sensación experimentada al ejecutar el movimiento sin peso y el 10 con la realización de un esfuerzo máximo (1 RM) (Swank et al., 2003). Naturalmente, que este aprendizaje se consolidará, si al final del periodo de adaptación se realiza un test progresivo utilizando pesos ligeros hasta máximos en donde la persona exprese la percepción subjetiva percibida al final de cada serie.

El modelo de predicción en donde se considera a la percepción subjetiva de esfuerzo como la variable predictora (independiente) y al porcentaje del 1RM como la variable predicha (dependiente), se basa en los siguientes supuestos:

- a. La relación entre el peso (kg) o el porcentaje de 1RM y la percepción del esfuerzo manifestada al realizar un ejercicio de fuerza, es muy alta y significativa.
- b. La variación en la percepción, reflejan las modificaciones del nivel del esfuerzo y del peso movilizado.

Al igual que en el modelo basado en la velocidad, hemos aplicado un modelo de regresión lineal en cada ejercicio y grupo de deportistas obteniendo ecuaciones de predicción del 1 RM que mostraron un alto grado de precisión y coeficientes de determinación ($r^2 > 0.80$) (Ver **tabla 20**).

Tabla 20. *Ecuaciones para predecir el 1 RM*

A partir de la percepción subjetiva de esfuerzo (OMNI-RES 0-10) (Robertson et al., 2003). Kg = kg movilizados al realizar el ejercicio.

Muestra	Sentadilla paralela con barra libre	Press de banca con barra libre
Varones (20 a 35 años) Opositores para ingresar el cuerpo de bomberos (n= 51)	$1RM=kg/(0.528+0.047(RPE))$ $r^2=0.89$ $p=0.0000$ (E 10%)	$1RM=kg/(0.299+0.067(RPE))$ $r^2=0.80$ $p=0.0000$ (E 17%)
Varones (14 a 16 años) entrenados en fuerza explosiva (n= 32)	$1RM=kg/(0.563+0.045(RPE))$ $r^2=0.84$ $p=0.0000$ (E 6.4%)	$1RM = kg/(0.266+0.075(RPE))$ $r^2=0.94$ $p=0.0000$ (E 6.7%)
Mujeres (14 a 16 años) entrenadas en fuerza explosiva (n= 30)	*En este grupo, no se evaluó la percepción durante el test progresivo en sentadilla.	$1RM=kg/(0.835+0.068(RPE))$ $r^2=0.96$ $p=0.0000$ (E 5.2%)

Las ecuaciones de regresión lineal desarrolladas en los tres momentos de la temporada en cada grupo de deportistas, no fueron estadísticamente diferentes entre sí. Por lo tanto, a diferencia de las personas mayores poco entrenadas en fuerza, en donde la relación entre la percepción subjetiva y el porcentaje del 1 RM se modifica por efecto del entrenamiento, en los deportistas más entrenados esta relación se mantiene más estable permitiendo controlar las variaciones del entrenamiento sin necesidad de actualizar periódicamente las ecuaciones de predicción.

II.XXV Entrenamiento Periodizado

Tradicionalmente es atribuido a los científicos y preparadores deportivos del antiguo bloque soviético la popularización del entrenamiento deportivo organizado en periodos, aunque hay evidencias de que antes de la popularización de la periodización del entrenamiento ya se seguían organizaciones similares de preparación en países como los Estados Unidos de Norte-América, así como en Alemania, Nueva Zelanda y Finlandia (Navarro, 1999; Billat, 2007; Kraemer, and Fleck, 2007; González-Ravé, 2010).

Al transcurrir los años 60's junto con el éxito deportivo de la delegación soviética en los juegos olímpicos de Helsinki, el científico Lev Matveiev expuso y popularizó su "Teoría General del entrenamiento deportivo" fundamentada en las leyes biológicas y en particular el síndrome general de adaptación al estrés planteado

por Hans Seyle. La definición de la forma deportiva difundida por Matveiev, (1977) es entendida como “*el estado de predisposición óptima para la consecución de los logros deportivos*” y que es posible alcanzar mediante una detallada organización del programa de entrenamiento en ciclos periódicos. Estos ciclos son definidos por Matveiev, (1977) como periodo preparatorio, periodo competitivo y periodo transitorio (figura 2.1). Complementariamente estos periodos son análogos a la forma deportiva que transcurre por 3 estados: adquisición, mantenimiento y pérdida temporal de esta forma deportiva (Matveiev, 1965, 1977; Navarro, 1999).

La vía fundamental de la adquisición y mantenimiento de la forma deportiva está basada principalmente en el manejo y modulación del volumen e intensidad de los estímulos, tareas o ejercicios y que junto con la complejidad del ejercicio constituyen la carga del entrenamiento. La modulación de estas dos variables, volumen e intensidad, se incluyen en los programas de manera inversamente proporcional, iniciándose en el periodo preparatorio con volúmenes que van en continuo aumento con intensidades moderadas, para posteriormente en el periodo de mantenimiento invertir esta condición a razón de reducir el volumen de entrenamiento e incrementar la intensidad con la finalidad de preparar el organismo humano a la competición y de este modo alcanzar un estado de rendimiento manifestado en el concepto de forma deportiva (Matveiev, 1977; Baker, et al. 1994; Bompa, 1994, 2000).

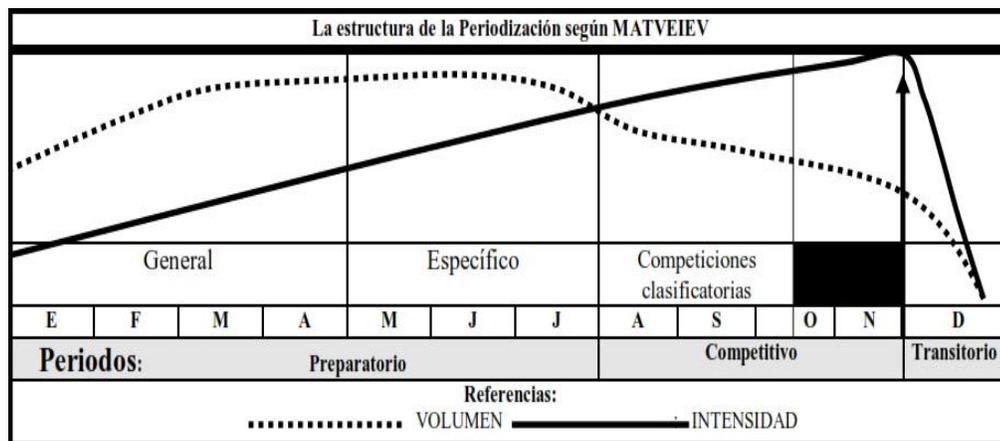


Figura 26. Periodización del entrenamiento según Matveiev (1977)

Aunque algunos estudiosos del entrenamiento deportivo como Kotov, Pihkala, Ozolin y Letunov, entre otros, ya proponían y practicaban algún tipo de periodización del entrenamiento (García Manso et al., 2000) es atribuido a Matveiev, la difusión y popularización de los conceptos de la planificación y programación del entrenamiento deportivo y continuamente algunos autores en sus textos le consideran el padre de la periodización deportiva.

II.XXV.I Conceptualización de la Periodización del Entrenamiento

Para Stone et al. (1999) la periodización es definida como: *“La manipulación y lógica variación del entrenamiento para lograr objetivos específicos de rendimiento”*. Complementa esta conceptualización agregando: *“variaciones sencillas del entrenamiento, volumen e intensidad pueden ofrecer beneficios disminuyendo las posibilidades del síndrome de sobre-entrenamiento y mejorando así el rendimiento deportivo. La variación periodizada con la secuencia específica de selección de ejercicio, el volumen, y factores de intensidad ofrecen un método superior de desempeño”*. Otros autores definen la periodización como la organización cíclica y gradual de los ejercicios del entrenamiento siguiendo los principios de especificidad, volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento con el objetivo de alcanzar altos niveles de rendimiento deportivo en las competiciones más importantes (Harre, 1982; Baker, et al. 1994; Bompa, 2000; González-Rave, et al. 2005).

La periodización establecida dentro de la programación del entrenamiento ofrece un marco coherente y anticipado para la planificación de los ciclos que han de integrar el programa y los contenidos del entrenamiento. Es una forma de dirigir las tareas del entrenamiento con el objetivo de alcanzar las adaptaciones fisiológicas necesarias para conseguir los objetivos de entrenamiento requeridos por el deporte y con ello cumplir las metas del programa anual o temporada (Fleck y Kraemer, 1997; Rhea et al. 2002; Brown, y Greenwood, 2005).

La periodización del entrenamiento, es el plan organizado en periodos denominados macrociclos con una posible duración de varios meses hasta un año, mesociclo con un tiempo regular de entre uno y tres meses, y microciclo con una duración regularmente comprendida en una semana, (Matveiev, 1977; Plisk and Stone, 2003, Issurin 2008, 2010; Tuner, 2011).

Es común en el lenguaje de entrenadores y deportistas, usar los términos de macro, meso y microciclo para referirse al tipo de organización referido anteriormente. Sin embargo, la taxonomía más usada en la investigación deportiva hace referencia a periodización de corta duración para aludir a la manipulación de variables del entrenamiento en días y hasta algunas semanas, mientras que el termino periodización de larga duración es más común para referirse a aquellas manipulaciones del entrenamiento que oscilan desde semanas hasta varios meses (Seiler, 2010).

Actualmente tanto investigadores como entrenadores, coinciden en que el entrenamiento periodizado requiere del control de las variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento considerando que la correcta modulación de estas variables es la clave para lograr aumentos de rendimiento y de este modo alcanzar las distintas metas establecidas a lo largo del proceso de entrenamiento. La mayoría de estos autores abogan por los programas periodizados por sus resultados sobre los programas no periodizados en los que existe la carencia de alguna de las variables ya antes mencionadas de volumen, intensidad o frecuencia del entrenamiento (Willoughby, 1993; Baker, 1994; Stone et al. 1999; Fleck, 1999; Rhea et al. 2002, 2003; Gonzalez-Rave et al. 2003; 2005; Kraemer y Fleck 2007).

Uno de los aportes más importantes en torno a la investigación de la efectividad de la periodización del entrenamiento la realizan Rhea y Aldeman, (2003) quienes realizaron un meta-análisis de los resultados de programas periodizados versus programas no - periodizados a partir de la publicación de estudios científicos desde el año 1962 hasta el año 2000. Para la selección de los estudios que se podían incluir en el análisis estadístico las palabras claves de búsqueda fueron: periodización, entrenamiento de la fuerza, ejercicio anaeróbico, entrenamiento de la

resistencia, y halterofilia. El siguiente criterio de inclusión fue que el estudio seleccionado hubiese realizado la comparación de programas periodizados y no-periodizados de entrenamiento de la fuerza o potencia y que el estudio incluyera datos de los resultados de valoración de fuerza o potencia tanto previos como posteriores a la intervención. Finalmente, estos resultados debían mostrar diferencias significativas entre grupos. La selección incluyó únicamente 11 estudios que cumplían estos criterios y a partir de ellos se realizó el meta-análisis. Los estudios incluidos se transcriben textualmente a continuación: (Baker, Wilson, y Carlyon, 1994; Herrick y Stone, 1996; Kraemer, 1997; Kraemer et al., 2000; Kraemer et al., 1997; Marx et al., 2001; McCarthy, 1991; Mcgee, Jesse, Stone, y Blessing, 1992; Schoitz, Potteiger, Huntsinger, y Denmark, 1998; Stone et al., 2000; Willoughby, 1992). El resultado del meta-análisis reflejó como resultado del análisis del tamaño del efecto ($TE=0.84$).

La conclusión de Rhea y Aldeman, (2003) es *“que el entrenamiento periodizado es más efectivo que el entrenamiento no-periodizado tanto para hombres como mujeres, así como personas de distintos niveles de preparación y edades, y que cuando se tiene en consideración las variables de volumen, intensidad y frecuencia en el programa de entrenamiento, éste se manifiesta en adaptaciones que producen un mejor rendimiento físico”*.

Periodizar el entrenamiento facilita una anticipación a los diferentes objetivos con la única finalidad de mejorar el rendimiento de los competidores en su especialidad. Estos objetivos pueden ser entre otros: el desarrollo, estabilización y mantenimiento de las distintas capacidades condicionales como la resistencia la velocidad o la fuerza y que en el caso de esta última podría ser la prevención de lesiones a través de la mejora de la adaptación anatómica, el desarrollo o mantenimiento de fuerza máxima, la fuerza explosiva, la resistencia muscular en sus distintas clasificaciones, y finalmente la conjunción y el correcto engranaje de todas estas variables para la definición de la forma deportiva en la competición más importante por temporada (Bompa, 1994; 2000).

En cuanto al entrenamiento de la resistencia, tradicionalmente la periodización clásica del entrenamiento deportivo se inicia haciendo énfasis en el

desarrollo una amplia base aeróbica dentro del periodo preparatorio general y para lograr este fin son empleados entrenamientos generales de alto volumen y baja intensidad, progresando gradualmente hacia un entrenamiento de mayor intensidad y menor volumen a medida que avanza en el ciclo de preparación hacia el periodo competitivo, (Kurz, et al., 2000).

Autores como Rhea et al (2003), y Peterson et al (2005), sugieren profundizar en la investigación de la periodización del entrenamiento de la fuerza y de la velocidad para establecer la dosis óptima de carga de trabajo de esta capacidad física y que en algunos puntos clave puede diferir del entrenamiento de la resistencia.

Autores como Fleck y Kraemer (2004, 2007) establecen una clara diferencia no solo entre el entrenamiento de fuerza o de resistencia, sino además entre las terminologías usadas para hacer referencia a un tipo de entrenamiento de otro. Por ejemplo, en el entrenamiento de la resistencia la terminología Norte-americana tradicional prefiere hacer uso de los términos pretemporada, temporada y posttemporada para referir a lo que en la periodización tradicional equivaldría a los periodos preparatorio, competitivo y transitorio; y en el caso del entrenamiento de la fuerza es más común el uso de términos como: periodo de hipertrofia, fuerza y potencia, y descanso activo como se puede ver en la figura 27.

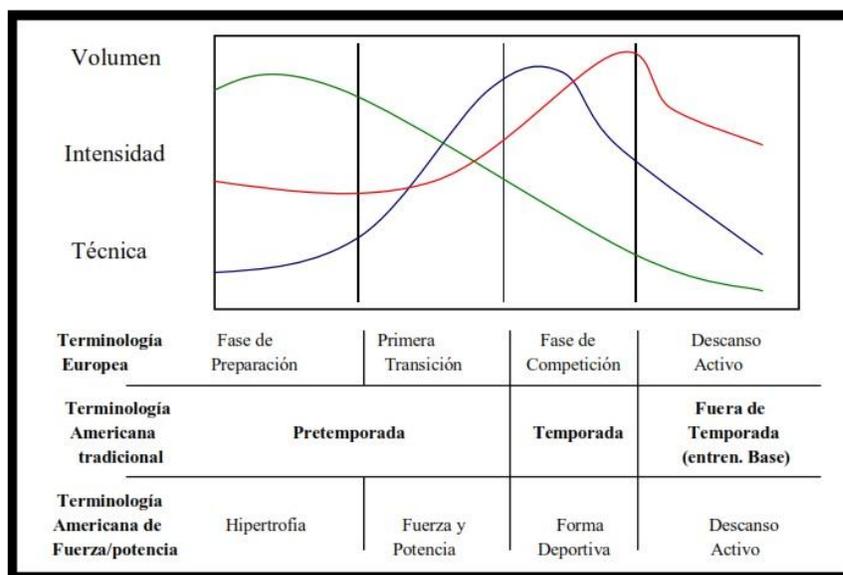


Figura 27. Denominaciones para la temporada deportiva (Fleck y Kraemer, 2007)

La programación estratégica de la periodización sugiere que al final de cada mesociclo se requiera un microciclo de descarga, lo mismo que tras cada competición, aunque éstas sean de control, con la finalidad de permitir el restablecimiento del deportista (Plisk y Stone 2003). La necesidad de recuperación requerirá de una eventual reducción de la intensidad y el volumen del entrenamiento teniendo en consideración que se han detectado pérdidas significativas de masa muscular durante el periodo competitivo, debido al empleo de altos volúmenes y numerosas sesiones de entrenamiento extensivo del periodo preparatorio.

Esta misma estrategia de reducción del trabajo se aconseja en las 2 a 4 semanas previas a la competición principal y lleva por objetivo afinar los últimos detalles requeridos para el mejor rendimiento en la competición principal y que es conocido como *taper* (Mujica, 2000). Un ejemplo de esto lo constituye la reducción el volumen de entrenamiento que habitualmente realizan los atletas de resistencia a medida que se acercan las competiciones principales para realizar la puesta a punto. Queda claro, que la competición principal es el punto culminante del periodo competitivo.

Una vez se ha completado el objetivo de la temporada con la competición principal, se realizará una descarga de trabajo conocida como periodo transitorio. La forma que adopta este periodo es muy variada: formas lúdicas de ejercicio físico, periodos de descanso activo, que bien pueden ser con actividades programadas o con actividades que puede realizar el deportista con ausencia de una programación rigurosa y que regularmente tiene una duración de 2 a 4 semanas (Hellard, et al 2005; Kurz, et al 2000; Mujika y Padilla, 2003). Este periodo tiene por propósito principal renovar las reservas de adaptación del deportista antes del establecimiento de un nuevo macrociclo. Navarro, (1999).

La principal ventaja de periodizar del entrenamiento debería ser la oportuna estrategia para el desarrollo de la prestación deportiva de acuerdo a los objetivos principales de cada periodo de entrenamiento, ya sean de desarrollo,

mantenimiento o pérdida temporal de la forma deportiva (Navarro, 1998; González-Badillo, et al 2006; Turner, 2011), basados en la estructura de fases, periodos y objetivos principales a cumplir en cada uno de estos.

La base sobre la que el científico Ruso Lev Matveiev, fundamentó el concepto de la forma deportiva está basada primordialmente en el empleo del concepto “síndrome general de adaptación” al estrés estudiado y difundido por el fisiólogo Hans Selye (1956) y del cual se desprende la interpretación de que... *“como respuesta a los distintos agente estresantes del organismo humano, éste mismo buscará la forma de adaptarse a las demandas provocadas por los distintos estímulos; y del mismo modo que estímulos insuficientes no provocaran adaptaciones en el organismo, estímulos excesivos crearan un déficit de adaptación...”*.

Actualmente es más empleado en el deporte el término de síndrome de fatiga crónica o sobre-entrenamiento (Billat, et al 1999; Chiu, y Barnes, 2003; Halson, y Jeukendrup,2004; González-Rave, 2010). Resulta importante la comprensión de este concepto pues la adaptación deportiva se logra durante el periodo de recuperación que sigue la secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación (Verkhoshansky, 1977, 1985, 1999; Stone, et al 1991; 2007; Tuner, 2011) y que es conocido como ciclo SFRA (Figura 2.3) por sus siglas en inglés y que establece que cuanto más intensa y mayor sea la magnitud de la carga de entrenamiento, serán requeridos procesos más eficientes de recuperación. Por lo tanto, un apropiado programa que equilibra estímulos apropiados y recuperaciones óptimas puede resultar en un rendimiento mejorado o superior (Stone 1991).

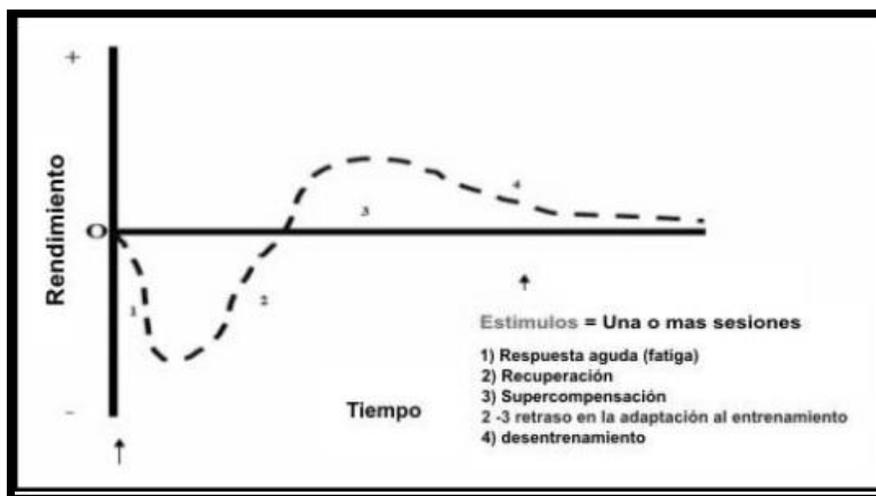


Figura 28. Secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación. Adaptado de Stone 1991.

De este modo queda claro que el conocimiento y la correcta aplicación de este ciclo teórico de adaptación desencadenará un peldaño superior en la capacidad de prestación deportiva del deportista, constituyendo así uno de los pilares sobre los que se fundamenta la periodización deportiva y que tiene como objetivo la conexión entre las respuestas agudas, a corto y a largo plazo mediante la correcta y oportuna estructura y organización de las sesiones, microciclos, mesociclos, macrociclos y ciclos olímpicos (Plisk, y Stone, 2003; Navarro 2010).

Queda establecido que la modulación de las variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento pretenden la adaptación del deportista a los siguientes niveles de mejora del rendimiento, evitando por una parte que los estímulos sean excesivos o deficientes, y asegurando con esto el entrenamiento adecuado para los distintos mesociclos que integran el macrociclo dependiendo del tipo de organización: bicíclica, tricíclica o anual, teniendo en consideración que la periodización clásica del entrenamiento fue concebida en un principio para desarrollar un pico de forma deportiva por año, y que en posteriores variantes se permiten programar hasta 2 y 3 picos al año dependiendo de las distintas especialidades deportivas y sus requerimientos.

Estas variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento planeadas en consideración de la secuencia teórica de Estimulo-Fatiga-Recuperación-Adaptación son la base de la programación de entrenamiento y por lo mismo, existe la necesidad de realizar variaciones planificadas en la carga de entrenamiento para cambiar sistemáticamente el énfasis de éste y promover diferentes efectos en la sucesión de las fases de preparación (Dick, 1999; Wathen, 2000; Plisk, y Stone, 2003; Turner, 2011).

Se han establecido las razones que fundamentan y aconsejan el empleo de la periodización del entrenamiento. Sin embargo, en la actualidad la periodización también ha sido motivo de controversia por parte de los expertos en investigación deportiva (Navarro, 1999; Verkhonsanski; 1986,1999, 2006,2007; Issurin, 2008, 20010). Algunas de estas críticas provienen de la agrupación de manera concurrente diferentes contenidos del entrenamiento dentro de un modelo paralelo-complejo por tratarse de un modelo de entrenamiento que procura el desarrollo de varias capacidades físicas al mismo tiempo como la fuerza, la velocidad y la resistencia. Esta organización de contenidos presentada establece en algunos casos direcciones de entrenamiento no controladas o, por el contrario, queda diluido el efecto del entrenamiento (Verkhonsanski 1986,1999; Navarro, 1999, 2010). Esto, aunado a monótonos programas que se repiten durante largos periodos de preparación, llama la atención de algunos autores que han sugerido que el daño muscular provocado por extensos y repetitivos programas pueden afectar negativamente la intensidad del entrenamiento de la fuerza de los atletas, hasta el punto de que los niveles de fuerza y potencia podrían reducirse en tiempos importantes que comprometen seriamente la competición clasificatoria en curso o bien en la competición principal (Wathen, et al 2000; Allerheiligen, 2003; Plisk, y Stone 2003).

II.XXV.II Actual Estado de la Investigación sobre la Periodización del Entrenamiento

A pesar de que en la actualidad están plenamente aceptadas las ventajas de los modelos periodizados por encima de los no periodizados, algunos autores consideran que es relativamente reducida la investigación en torno a la periodización del entrenamiento (Fleck, 1994; Rhea, y Aldeman, 2004; González-Rave, et al 2005; Cissik, et al. 2008; Kiely, 2010; Turner, 2011).

Este hecho representa uno de los retos de investigación en relación a la periodización deportiva planteada por algunos expertos de la investigación deportiva (Fleck, 1999; Cissik, et al 2008; Turner 2011). Estos autores establecen que la mayoría de los estudios científicos publicados en los últimos años estuvieron enfocados a corto plazo, ya que se realizaban en laboratorios universitarios y la extensión mayor a un semestre académico podría comprometer el experimento por factores tales como la dedicación del participante, o la finalización de los entrenamientos en estos centros universitarios.

Por otra parte también consideran autores como Fleck, (1999), Cissik et al., (2008) o Turner (2011) que el enfoque de estos estudios se realizó principalmente en tópicos como la resistencia cíclica por una parte, y por otra el desarrollo de la fuerza y la potencia con ejercicios que inciden en alguna manifestación del rendimiento como por ejemplo los realizados en máquinas de musculación o levantamientos olímpicos, pero que en la mayoría de los casos no tienen una total y plena transferencia al rendimiento de las diferentes especialidades de competición. Tampoco tienen en consideración la complejidad de un deporte de competición que incluye otros factores como agilidad, flexibilidad y destrezas específicas de cada deporte.

Otra crítica es que la mayoría de estos estudios salvo algunas pocas excepciones habían sido realizados con estudiantes universitarios y no con deportistas activos y consecuentemente, es muy difícil aplicar los resultados de muchas de estas investigaciones a aquellos atletas que entrenan a largo plazo (Fleck, 1999; Cissik, et al 2008; Turner 2011).

Por su parte Fleck, (1999) después de estudiar detalladamente las más importantes investigaciones en torno a la periodización hasta 1994; analiza y destaca los trabajos de 7 renombrados autores y sus colaboradores (Stone, Stowers, O'Bryan, Mc.Gee, Willoughby, Baker, y Kraemer), concluyendo que deben hacerse estudios que permitan una mayor inclusión de mujeres, niños y adultos mayores en nuevas investigaciones y al mismo tiempo de incluir en estos estudios datos de las modificaciones a nivel de composición corporal; investigación del rendimiento motor a corto y largo plazo, además de experimentar con nuevas fórmulas de organización de la periodización como podría ser la periodización ondulatoria.

Stone et al., (1999) señalan que la mayoría de los estudios e investigaciones relacionadas con la periodización del entrenamiento se han basado en evidencias observacionales y datos anecdóticos. Esta misma debilidad en las investigaciones es afirmada también por Plisk y Stone, (2003) excluyendo de esta crítica dos artículos de Kraemer et al., (2000; 2003) que fueron realizados con mujeres tenistas universitarias.

Autores como Cissik et al., (2008) y Kiely (2010) en sus respectivos artículos confirman las mismas carencias citadas por sus antecesores y además establecen que los estudios que se han realizado en atletas de elite son principalmente basados en el seguimiento mediante encuestas. La principal debilidad de estos estudios es que el entrenador puede o no revelar plenamente sus métodos de entrenamiento.

Otra de las oportunidades de investigación que representa el estudio de la periodización del entrenamiento deportivo, se deriva del hecho de que las primeras y principales críticas y propuestas de ajustes a la periodización clásica o tradicional, la realizaron investigadores y científicos de la misma ex Unión Soviética. Autores como Issurin y Kaverin (1985) y Verjonshansky, (1984) promovieron variantes de la periodización tradicional con los modelos de Bloques (Block Shock Periodization), y de bloques concentrados (Block Training Sistem) y que actualmente junto con la periodización tradicional y el macrociclo integrado de

Navarro (1999), son algunos de los más conocidos y referenciados en artículos y publicaciones según Dantas et al., (2010).

En unas de sus más recientes publicaciones, Issurin, (2008; 2010) textualmente cita “... *la necesidad de cambiar la vieja teoría de formación y aceptar una nueva realización de las exigencias modernas ...*” El mismo autor destaca cuatro debilidades de la periodización tradicional:

- El conflicto fisiológico derivado por la mezcla de múltiples habilidades entrenadas al mismo tiempo.
- Fatiga excesiva producto de prolongados periodos de entrenamiento con objetivos múltiples.
- Insuficiente estímulo de entrenamiento para ayudar a los atletas altamente calificados a continuar con los progresos (Resultado de entrenamientos mixtos o concurrentes).
- La incapacidad de poder mantener frecuentes picos de forma durante la temporada

En resumen, podríamos concluir que derivada de la periodización clásica o tradicional conceptualizada y difundida por el científico Matveiev, (1965) se aconseja el uso de algún tipo de interconexión de carga en los programas de preparación empleados tradicionalmente en los deportes, basados en la modulación de las variables de volumen, intensidad y frecuencia del entrenamiento. Adicionalmente, Rhea y Aldeman, (2003) afirman que el entrenamiento periodizado es más efectivo que el entrenamiento no-periodizado. Sin embargo, metodológicamente muchos estudios publicados en relación a la periodización han empleado a estudiantes universitarios que difieren de atletas activos y de alto rendimiento. Finalmente, la mayoría de los estudios e investigaciones relacionadas a la periodización del entrenamiento se han basado en evidencias observacionales y se considera de suma importancia la investigación en torno a la inclusión de nuevas estrategias de organización de la periodización (Verhonsanski, 1996, 1999, 2004, 2007; Navarro, 1999; 2010; Issurin 2008, 2010).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

III.I *Enfoque del Experimento*

El propósito de este estudio fue comparar los efectos de la periodización de ondulación diaria e inversa lineal, en púberes, sobre la flexibilidad, lanzamiento de balón medicinal, salto en longitud, saltos CMJ, y SJ, y velocidad en 10 metros.

III.I.I *Sujetos*

Setenta y cinco (75) sujetos en edades comprendidas entre 13 a 15 años. Los sujetos darán su consentimiento informado para participar en el estudio, el cual fue aprobado por el Comité Académico del grupo de investigación. Todos los sujetos deberán estar libres de condiciones que limitarían su participación en entrenamiento de fuerza, como lesiones musculo-esqueléticas entre otras. Los participantes fueron asignados de forma aleatoria en cada uno de los grupos (Ondulación diaria e Inverso Lineal).

En función de la disponibilidad de los participantes, se ajustarán los horarios para el período de familiarización, las pruebas de evaluación y el período de intervención, procurándose mantener, dentro de lo posible, los mismos horarios para cada participante a lo largo del período de entrenamiento, para evitar la influencia de los ritmos circadianos sobre las variables fisiológicas, tal y como se ha sugerido previamente. Los entrenamientos se llevaron a cabo en 3 sesiones semanales a lo largo de un período de 8 semanas y en días alternos: lunes, miércoles y viernes.

III.I.II *Ética del Estudio.*

Este estudio cumplirá con los estándares para la realización de investigaciones en seres humanos:

- Resolución n° 008430 de 1993 (4 de octubre de 1993) investigación en seres humanos república de Colombia ministerio de salud.
http://www.unal.edu.co/dib/promocion/etica_res_8430_1993.pdf
- Declaración de Helsinki de la asociación médica mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos.
Http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf.
- Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud (DECRETO 2309 15/10/2002).
<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo11663DocumentNo7851.pdf>

III.I.III *Variables del Estudio*

1. Variables Independientes

- Grupo de entrenamiento de ondulación diaria
- Grupo de entrenamiento Lineal

2. Variables dependientes

- Velocidad en 10 metros
- Potencia miembros inferiores (saltos ABK, CMJ, SJ) y salto en longitud
- Flexibilidad (test de sit and reach)
- Potencia miembros superiores (lanzamiento de balón medicinal)

III.I.IV Evaluaciones Pre-intervención –Post-intervención

Durante la etapa de pre-intervención y post-intervención, todas las pruebas de evaluación se desarrollaron en un período no superior a 2 semanas.

1. Velocidad en 10 metros

- Objetivo: velocidad de desplazamiento.
- Material: pista de 30 o 50 metros. Señalizaciones 0 5 10 15 20 metros y plataformas Axun Jump 4.0.
- Desarrollo: posición de pie, tras oír una señal acústica recorrer los 10 metros lo más rápido posible. Activando la plataforma Axun Jump al inicio y final de la evaluación.

2. Potencia (CMJ, SJ)

- Salto contra-movimiento (CMJ- SC)

El salto con contra-movimiento (CMJ- SC) es un salto restringido. Es un test similar al anterior, pero en el que varía la posición de partida que se realiza con las manos en la cintura baja (línea bi-iliocrestal). La persona sale desde una posición vertical, sin doblar previamente las rodillas a partir de las cuales se flexiona (descenso del Centro de Masa Corporal, CMC, o contra-movimiento a la dirección final del salto) y extiende las piernas a una alta velocidad de ejecución (ver secuencia fotográfica). El objeto de este movimiento es utilizar la energía elástica que se acumula en los cuádriceps en el momento de flexionar las piernas. La cualidad objeto de la medición de este salto tiene que ver con la fuerza explosiva de los miembros inferiores, capacidad de reclutamiento nervioso, expresión de % de FT, Reutilización de la Energía elástica y coordinación intra e intermuscular. El trabajo que se hace es concéntrico precedido por una actividad excéntrica (Contra-movimiento). Es utilizado para saber la diferencia con el ABK x C y conocer el % de utilización de los brazos.



Figura 29. Salto contra-movimiento (CMJ)

- Salto Squat Jump (SJ-SC).

Es un salto restringido de trabajo muscular concéntrico positivo (capacidad reactiva). El sujeto se coloca sobre el tapete o alfombra de contactos con las manos en las caderas o cintura baja y con las piernas flexionadas a nivel de la rodilla a un ángulo Inter-segmental (Muslo-Pierna) de 90° . Después de mantener la posición por 5" para eliminar la mayor parte de la energía elástica acumulada durante la flexión, el sujeto ejecuta un salto vertical lo más alto posible evitando cualquier contra-movimiento y sin soltarse de las manos, cayendo en la misma posición de los pies y las piernas lo más extendidas posible (ver secuencia fotográfica) Luttanen y Komi, (1979) encontraron que los brazos ayudan en un 10% en el salto y según Bosco (1994) esta prueba puede determinar la fuerza explosiva de los miembros inferiores, la capacidad de reclutamiento nervioso y expresa el porcentaje de fibras rápidas FT (Fast Twitch). Es utilizado para saber la capacidad reactiva por la diferencia con el CMJ- SC.



Figura 30. Salto Squat Jump (SJ).

- Salto de longitud (García, 2001):
El objetivo principal de este test es determinar la potencia de los miembros inferiores. **Descripción:** **Posición Inicial:** El ejecutante ha de situarse derecho con los pies ligeramente separados y la punta de los pies detrás de la línea de salida. **Desarrollo:** Ha de tomar impulso para saltar, flexionando las piernas y empujando con los brazos desde detrás hacia adelante. Se salta haciendo una rápida extensión de las piernas y estirando los brazos hacia adelante. **Finalización:** En el momento de la caída, el ejecutante ha de mantener los pies en el mismo sitio donde ha tomado contacto con el suelo sin perder el equilibrio. **Valoración de la prueba:** Se registrará la distancia en centímetros. Hay que anotar el mejor de los 2 resultados.

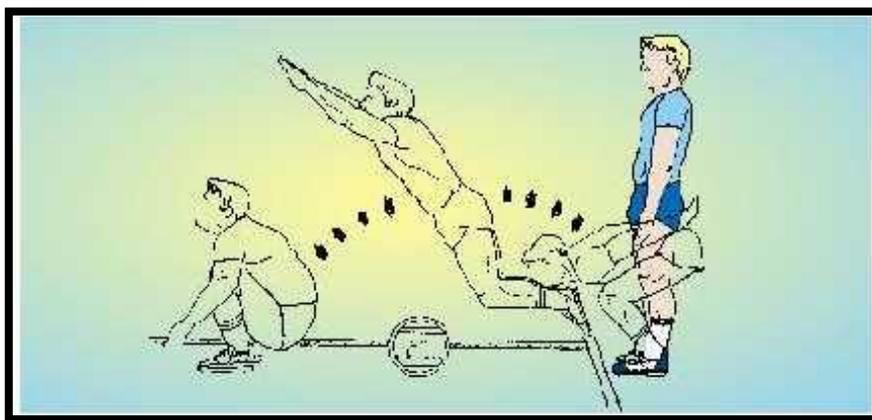


Figura 31. Salto de longitud. Programa Eurofit: Archivo informático. Madrid: MECD. (García, 2001).

- **Lanzamiento Frontal del Balón Medicinal**

El objetivo principal de este test es pretende medir la fuerza explosiva de los miembros superiores. Descripción: Posición Inicial: de pie frente a la dirección del lanzamiento, pies separados aproximadamente a la anchura de los hombros, se sujeta el balón con ambas manos por encima o atrás de la cabeza. Desarrollo: ¡Al sentir la señal “preparado ... ya!!”, lanza el balón buscando la mayor distancia posible. Finalización: los pies deben permanecer siempre en contacto con el suelo, no se puede saltar. Valoración de la prueba: se registra la distancia alcanzada en centímetros entre la línea de partida y la huella de caída más próxima a ésta. Figura XX.

III.II Periodo de Entrenamiento

Tras el período de familiarización y las evaluaciones pre-intervención, los grupos experimentales (PLI y POD) llevarán a cabo un programa de entrenamiento de fuerza de 30 semanas de duración, 3 sesiones semanales, con equiparación de la carga externa entre ambos programas. Desde el principio, tal y como se acordará en la reunión informativa, se exigirá que los participantes realicen, como mínimo, el 80%

de las sesiones de modo presencial y monitorizado, dejando un pequeño margen para imprevistos (p.ej., indisponibilidad eventual, festivos, vacaciones, etc.).

II.II.I Procedimiento

El presente procedimiento está conformado por dos aspectos importantes lo que es la Evaluación y la Intervención, el proceso de intervención estuvo organizado en una Estructura de Entrenamiento basados en los criterios de Bompa (2002).

III.II.II Selección de los ejercicios

La Prescripción de ejercicios es la fase del diseño de programas de entrenamiento la cual representa el acto profesional consistente en preceptuar, ordenar o determinar un conjunto de ejercicios físicos dirigidos a mantener o mejorar la condición física y salud. El fin de todo este proceso es concretar los distintos componentes de la dosis mediante el planteamiento de un desafío neuromuscular para el sujeto en forma de ejercicio o tarea. Sin embargo, para poder alcanzar este propósito final se debe ser capaz de establecer determinados criterios o variables sobre la propia Selección de los ejercicios que permitan que dicha decisión se realice de forma unánime, inequívoca y útil para el técnico involucrado en dicho proceso (Heredia, 2014).

Las variables que conforman dicho análisis multivariable y que constituirán un algoritmo específico por sí mismas son las siguientes (Heredia, 2014):

- Región Corporal (RC) y Tipo Ejercicio (TE)
- Acción Motora (AM)
- Implicación articular (IA) y Núcleo Articular (NA)
- Plano de Movimiento (PM) y Movimiento Articular (MA)*
- Implicación Muscular (IM)*
- Posición Corporal (PC)
- Demandas de Estabilización (DE)
- Técnica de Ejecución (TE)

Región corporal (RC) y tipo de ejercicio (TEj). La RC hace referencia al área corporal involucrada dinámicamente en la realización del ejercicio. Esta primera variable viene incluida en el tipo de Organización Metodológica seleccionada en el componente de volumen del entrenamiento¹⁶. Se distinguen ejercicios específicos para tres RC distintas:

- *Hemisferio superior.* Ejercicios que sólo involucran musculatura de las extremidades superiores y parte del tronco.
- *Hemisferio inferior.* Ejercicios que sólo involucran musculatura de las extremidades inferiores incluida la cintura pélvica.
- *Core.* Ejercicios que sólo involucran musculatura del tronco y cinturón lumbo pélvico implicándolas en acciones para su control y estabilización.

Cada ejercicio podrá involucrar sólo una o varias regiones corporales y ello definirá a su vez distintos tipos de ejercicios (TE) con respecto a sus características motrices:

- Cuando el ejercicio involucre sólo uno de los dos hemisferios corporales será denominado ejercicio simple (p.ej. una acción de empuje de miembro inferior).
- Si el ejercicio involucrase los dos hemisferios corporales alternativa o simultáneamente podrá ser un ejercicio combinado (p.ej.: squat + tracción dorsal) o secuencial (p.ej.: cargada de fuerza). Los ejercicios secuenciales, a diferencia de los combinados, son aquellos que comprenden movimientos articulares cuyo objetivo último es transferir la mayor velocidad posible al último segmento de la cadena, en donde la fuerza generada en los núcleos articulares proximales se transmite secuencialmente hacia los segmentos distales¹⁵, caso de los levantamientos olímpicos.

III.II.III Acción Motora (AM).

En el contexto del acondicionamiento neuromuscular para la salud, las acciones motrices serán aquellos movimientos organizados en el espacio y el tiempo desarrollados para la consecución de un determinado fin¹⁷. Dichas acciones pueden ser realizadas por cualquiera de las regiones corporales en virtud de los distintos movimientos articulares posibles de realizar por cada núcleo articular.

Así, podemos describir dos tipos de acciones motoras básicas, como resultado de la interacción con algún tipo de resistencia externa. No obstante, pese a que este tipo de acciones, que a continuación describimos, sean de uso común, reconocemos que su definición resulta difícil en su aplicación al contexto del ejercicio físico. Es por ello que no hayamos encontrado en la literatura una definición unánime y convincente con aplicación a todos los movimientos articulares pese a su utilización generalizada. En la búsqueda por aportar algo de luz y una propuesta práctica y útil, nuestro grupo se atreve a plantear la siguiente definición:

- *Acciones de “empuje” (press)*: Acción muscular que implica la interacción con una resistencia a vencer mediante un movimiento en un sentido anterior (hacia delante), superior (hacia arriba) o medial (hacia la parte interna) para el miembro superior. O para el miembro inferior en un sentido posterior (hacia atrás), inferior (hacia abajo) o lateral (hacia la parte externa). Todo ello siempre considerando la posición corporal global y la posición anatómica de referencia.
- *Acciones de “tracción” (pulls)*: Acción muscular que implica la interacción con una resistencia a vencer mediante un movimiento en un sentido posterior (hacia atrás), inferior (hacia abajo) o lateral (hacia la parte externa) para miembro superior. O para el miembro inferior en un sentido anterior (hacia delante), superior (hacia arriba) o medial (hacia la parte interna). Todo ello siempre considerando la posición corporal global y anatómica de referencia.

III.II.IV *Implicación articular (IA) y núcleo articular (NA)*

Hace referencia a las principales articulaciones involucradas que posibilitan cada uno de las acciones motoras que constituirán los ejercicios seleccionados y sobre los que preferencialmente dirigiremos el objetivo de tal selección. De esta forma se puede discriminar entre ejercicios que comparten muchas de las variables de selección (región corporal, tipo de ejercicio, plano de movimiento, acción motora básica, etc.) pero implican distintas articulaciones. También se puede atender, en los ejercicios poli-articulares, al núcleo articular proximal, distal o ambos.

Se definen dos tipos de ejercicios atendiendo al número de articulaciones implicadas en el movimiento articular (desde el criterio de focalización/priorización del estímulo):

Globales o Poli-articulares. Involucran de forma agonista y prioritaria más de un núcleo articular para generar el movimiento, para ello intervienen varios grupos musculares. Parecen ser más apropiados para la mejora del rendimiento deportivo y la capacidad funcional por presentar una mayor similitud biomecánica con muchas de las actividades de la vida diaria y del deporte. Por lo general, este tipo de ejercicios suelen requerir de mayores niveles de activación neuronal, estabilización activa global y coordinación de movimientos [18]. Por esta razón, se recomienda efectuarlos al principio de la sesión de entrenamiento de fuerza [14, 18].

Analíticos o mono-articulares. En este tipo de ejercicios el número de núcleos articulares es bastante más reducido, involucrando de forma prioritaria y agonista a un núcleo articular principal para generar el movimiento, por lo que interviene un menor número de grupos musculares. Por lo general entrañan menor complejidad para ser ejecutados que los ejercicios poli-articulares y se recomienda realizarlos después de aquellos.

III.III *Planos de movimiento (PM) y movimiento articular (MA).*

Los planos de movimiento hacen referencia a cada uno de los planos geométricos, y que se corresponden con las 3 dimensiones del espacio. Dichos

planos, junto a cada uno de los ejes corporales, permiten definir, describir y situar los movimientos corporales en el espacio tridimensional.

Frontal o Coronal: Se orienta verticalmente, de tal forma que divide al sistema de referencia en mitad anterior (ventral) y posterior (dorsal) y se relaciona con un eje antero-posterior. A través de él se realizan los movimientos articulares de abducción y aducción e inclinación lateral.

Sagital o Anteroposterior: Se orienta verticalmente, pero a diferencia del plano frontal divide el sistema de referencia en dos mitades, derecha e izquierda, relacionándose con un eje medio-lateral. A través de él se realizan los movimientos articulares de flexión y extensión.

Transversal u Horizontal: Se orienta horizontalmente (paralelo al suelo), de forma que divide el sistema de referencia en mitad superior (cranial) e inferior (caudal) y se relaciona con eje supero-inferior. A través de él se realizan los movimientos articulares de rotación.

Aun cuando estos sean considerados los planos primarios, también es cierto que gran parte de los movimientos no se realizan en un plano único y específico, sino que se desarrollan desde una combinación de ambos [19]. Es difícil para los técnicos en su aplicación práctica, que se extrae de estos estudios biomecánicos, determinar el eje exacto a nivel articular desde el que se realiza el movimiento (al menos con la exactitud que requeriría para establecer determinadas variaciones que pudiesen ser significativas), así como atender a las posibles combinaciones al respecto de dichos planos de movimiento. Por tanto, entendemos que la clasificación propuesta exigirá determinar el plano prioritario o preferencial en el que se desarrolla el ejercicio para facilitar una selección mucho más eficiente desde un punto de vista operativo.

III.IV Implicación muscular (IM).

De la combinación de variables seleccionada anteriormente se infiere la participación prioritaria y preferencial de determinada musculatura de forma agonista.

Dicha resultante de la implicación muscular deberá ser considerada a fin de relacionar los niveles de eficacia con el objetivo pretendido al plantear dicho ejercicio.

III.V *Posición corporal (PC).*

La postura corporal adoptada desde la que se inicia y realiza el ejercicio tiene importantes repercusiones raquídeas desde el punto de vista de la seguridad. Sabemos que la magnitud de las cargas compresivas y de cizalla anterior posterior y lateral a nivel raquídeo está condicionada por dicha postura, ya que la misma modificará la distribución de carga entre los distintos componentes pasivos de la columna vertebral (núcleo pulposo y anillo fibroso, articulaciones interapofisarias, ligamentos intervertebrales).

Es sabido, por ejemplo, que diferentes posturas corporales determinan diferentes niveles de presión intradiscal, aumentando en sedestación sin apoyo y en flexión de tronco en bipedestación, mientras que, disminuyendo en los decúbitos, la bipedestación y la sedestación con apoyo del raquis [20].

De esta forma consideraremos las siguientes PC para la realización del ejercicio, y que en sí mismas son una variable a considerar a la hora de la Selección de ejercicios:

- Bipedestación (bipodal)
- Bipedestación (monopodal)
- Sedestación (con y sin apoyo del raquis)
- Rodillas (con el tronco perpendicular al suelo)
- Cuadru-sextupedia
- Decúbitos (lateral, dorsal, ventral)

III.VI *Demandas de estabilización (DE)*

A parte de estas cinco variables fundamentales expuestas debemos tener en consideración algunas otras que puedan ayudar a completar el análisis multivariable

para la selección de los ejercicios y poder establecer niveles de progresión y adecuación de cada ejercicio. Estas otras variables están relacionadas con las demandas de estabilización raquídea requeridas, es decir, con el grado de participación de la musculatura estabilizadora del tronco durante la realización del ejercicio como requisito fundamental para la correcta y eficiente ejecución del mismo.

Una de las variables determinantes de la demanda muscular estabilizadora del tronco es el grado de estabilidad externa o pasiva proporcionada para la realización del ejercicio. Cuando las condiciones de estabilidad donde se desarrolle el ejercicio se vean favorecidas o facilitadas (suelo firme o respaldos de bancos y máquinas como punto de soporte o apoyo para la columna) no se requerirá de un gran ajuste postural, implicación del sistema nervioso para otorgar estabilidad postural, y por tanto de una gran participación muscular activa del Core. Esta situación facilitada no supondrá un condicionante o dificultad añadida para el rendimiento de la tarea. Sin embargo, cuando el mismo ejercicio se desarrolle en un entorno que dificulte las condiciones de estabilidad raquídea - por ejemplo, soportes o puntos de apoyo desestabilizadores como dispositivos generadores de inestabilidad - se requerirá un gran ajuste corporal que solicitará intensamente la musculatura estabilizadora del tronco de forma activa (demanda de estabilización interna alta). Esta situación añadirá dificultad al propio ejercicio y podrá condicionar el rendimiento de la tarea. Entre ambos extremos tenemos una amplia gama de posibilidades para generar un estímulo y desafío en forma de progresión.

A este respecto un mismo ejercicio puede suponer un estímulo que implique desafíos distintos para la capacidad de estabilización del tronco por el hecho de seleccionar un tipo de ejecución unilateral o bilateral de los segmentos o extremidades involucradas. Un ejercicio resistido ejecutado unilateralmente es aquel que realiza el movimiento articular y acción motriz con la resistencia en una sola de las dos extremidades, estando la extremidad contralateral libre de carga. Del mismo modo, el ejercicio realizado bilateralmente es aquel que ejecuta el movimiento articular y acción motriz simultáneamente con ambas extremidades contralaterales

entre sí. La activación muscular estática necesaria del Core durante la ejecución de los ejercicios unilaterales puede ser una interesante propuesta de trabajo para aumentar las demandas de estabilización de dicha musculatura como ha sido apuntado por algunos estudios [21, 22, 23, 24, 25]. A la luz de estos estudios sabemos que los ejercicios de las extremidades superiores realizados en situaciones de baja estabilidad externa activan la musculatura central en respuesta a tales demandas para garantizar una óptima estabilidad. Así, cualquier ejercicio de este tipo, modificando los brazos de palanca y la acción motriz de empuje o tracción requerirá que la musculatura estabilizadora del tronco, especialmente del lado contralateral, contrarreste isométricamente el torque desestabilizador del centro de gravedad [25]. A partir de esta variable podríamos establecer criterios para desarrollar adecuadas progresiones en integración neuromuscular.

Asimismo, algunos estudios recientes han mostrado interesantes resultados sobre los incrementos de activación de determinada musculatura del tronco al realizar ejercicios de estabilización raquídea (puentes supinos en distintas posiciones) integrando movimientos de elevación de una pierna [26] y movimientos de los brazos [27]. Estos datos revelan que la integración de movimientos con las extremidades mientras se estabiliza el tronco en tareas específicas para ello puede incrementar las demandas de estabilización raquídea por el control postural requerido, lo que supone nuevas alternativas de progresión.

Por todo lo expuesto, la variable DE resulta fundamental dentro de la Selección de ejercicios por sus repercusiones a nivel operativo y de toma de decisiones respecto al programa de acondicionamiento físico global.

Técnica ejecución (TE). Esta última variable se relaciona con aquellas consideraciones respecto a la modificación de algún parámetro relacionado con la ejecución en sí del ejercicio. Por ejemplo, la realización de la ejecución de un movimiento para miembros superiores o inferiores de forma simultánea (bilateral, es decir los dos miembros realizan, por ejemplo una flexión de codo al mismo tiempo), alternativa (los dos miembros realizan una flexión de codo pero esta vez el movimiento de un miembro se inicia tras la finalización del anterior) o unilateral

(aunque trabajen ambos miembros en el ejercicio uno ejecutará todas sus repeticiones en primera instancia y posteriormente la realizará en otro). Cabrían algunas modificaciones más, pero baste estos ejemplos para poder contemplar las posibles combinaciones en este componente. De igual forma, también podría ser de interés reducir el rango de movimiento en la ejecución, incidir en una acción estática o favorecer algunas de las fases de dicho movimiento.

III.VII Estructura de la Intervención

III.VII.I *Macro ciclo*

Conjunto de varios meses (mesociclos) y semanas (microciclos) que constituyen la base estructural de los ciclos de larga duración, se suceden respetando las reglas del proceso de entrenamiento a largo plazo.

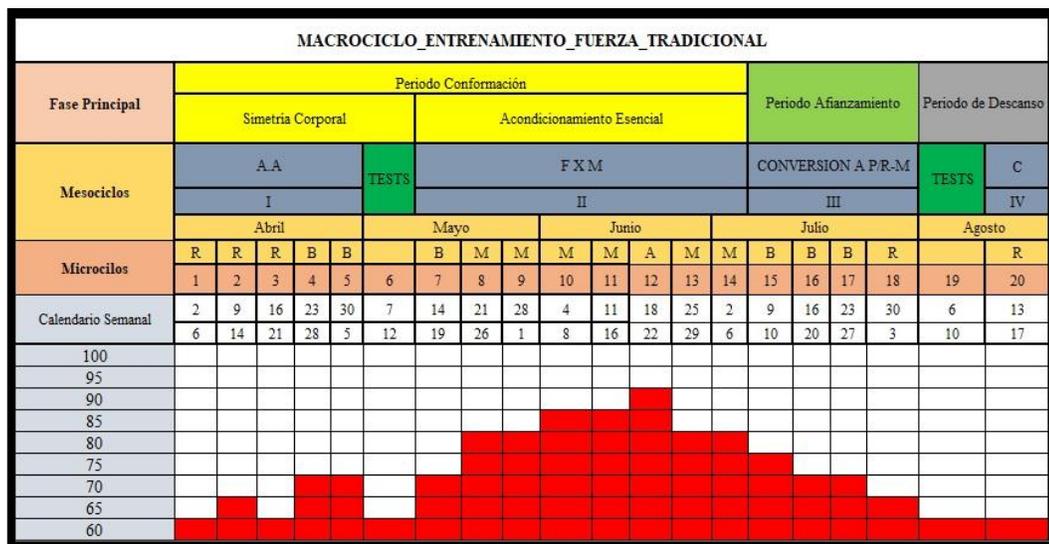


Figura 32. Macro ciclo de Fuerza, conformado por 20 semanas de intervención.

III.VII.II *Mesociclos*

Conjunto de varias semanas (microciclos) con una predominancia en sus objetivos y que, en conjunto constituyen un ciclo medio de entrenamiento, cuya

duración oscila entre las 2 y las 5 semanas, compuestos por varios microciclos relativamente definidos. A continuación, se presentan los 4 mesociclos que conformaron las 16 semanas de intervención.

Mesociclo adaptación anatómica (AA). El principal objetivo de esta fase es el de involucrar la mayor cantidad de grupos musculares, y preparar los músculos, ligamentos, tendones y articulaciones, a las cargas más elevadas durante las fases siguientes del entrenamiento. A través de la fase AA, el programa se focaliza en involucrar la mayoría, sino todos, los grupos musculares en un programa de tipo multilateral.

MACROCICLO ENTRENAMIENTO FUERZA TRADICIONAL																				
Fase Principal	Periodo Conformación												Periodo Afianzamiento	Periodo de Descanso						
	Simetría Corporal					Acondicionamiento Esencial														
Mesociclos	A.A				TESTS	F X M							CONVERSION A P.R-M			TESTS	C			
	I					II							III							
	Abril				Mayo			Junio				Julio			Agosto					
Microciclos	R	R	R	B	B		B	M	M	M	M	A	M	M	B	B	B	R		R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Calendario Semanal	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13
	6	14	21	28	5	12	19	26	1	8	16	22	29	6	10	20	27	3	10	17
100																				
95																				
90																				
85																				
80																				
75																				
70																				
65																				
60																				

Figura 33. Mesociclo denominado Adaptación Anatómica, conformado por 5 semanas de intervención.

Mesociclo Fuerza Máxima (FxM). Los objetivos principales de esta fase son los de desarrollar los más altos niveles de fuerza posibles. Es importante comprender que el incremento de la fuerza máxima se puede conseguir realizando ejercicios a bajas velocidades o a altas velocidades. La diferencia está planteada en el tipo de ejercicio que se utiliza.

MACROCICLO_ENTRENAMIENTO_FUERZA_TRADICIONAL																						
Fase Principal	Periodo Conformación												Periodo Afianzamiento				Periodo de Descanso					
	Simetría Corporal						Acondicionamiento Esencial															
Mesociclos	A.A					TESTS	F X M						CONVERSION A P/R-M				TESTS	C				
	I						II						III					IV				
Microciclos	Abril					Mayo					Junio					Julio					Agosto	
	R	R	R	B	B	B	M	M	M	M	A	M	M	B	B	B	R	R	R			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Calendario Semanal	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13		
	6	14	21	28	5	12	19	26	1	8	16	22	29	6	10	20	27	3	10	17		
100																						
95																						
90																						
85																						
80																						
75																						
70																						
65																						
60																						

Figura 34. Mesociclo denominado Fuerza Máxima, conformado por 8 semanas de intervención.

Parámetros de entrenamiento sugeridos para el entrenamiento de la fuerza máxima. Bompa, T. (2002).

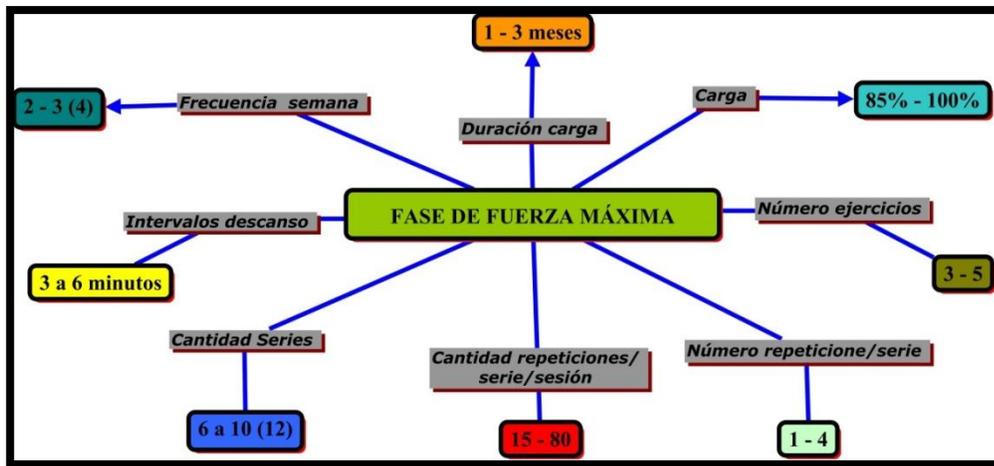


Figura 35. Mesociclo denominado Fuerza Máxima, conformado por 8 semanas de intervención

Mesociclo fase de conversión. El propósito principal de esta fase es la de convertir o «transformar» los aumentos de fuerza máxima en combinaciones de fuerza útil, específicas de cada actividad de la vida diaria o actividad de la vida laboral. De esta forma, dependiendo de las características, la fuerza máxima tiene que convertirse, tanto en tipo/s de potencia, de resistencia muscular, o ambas.

MACROCICLO ENTRENAMIENTO FUERZA TRADICIONAL																				
Fase Principal	Periodo Conformación												Periodo Afianzamiento	Periodo de Descanso						
	Simetría Corporal					Acondicionamiento Esencial														
Mesociclos	A.A			TESTS	F X M							CONVERSION A P.R-M			TESTS	C				
	I				II							III								
Microciclos	Abril					Mayo				Junio				Julio				Agosto		
	R	R	R	B	B		B	M	M	M	M	A	M	M	B	B	B	R		R
Calendario Semanal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	6	14	21	28	5	12	19	26	1	8	16	22	29	6	10	20	27	3	10	17
100																				
95																				
90																				
85																				
80																				
75																				
70																				
65																				
60																				

Figura 36. Mesociclo denominado Fase de Conversión (potencia), conformado por 4 semanas de intervención.

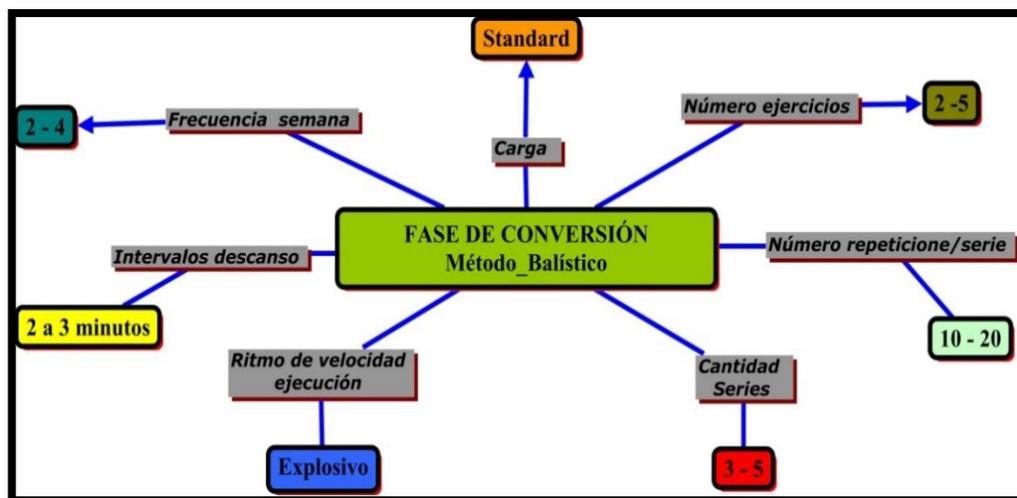


Figura 37. Parámetros de entrenamiento sugeridos para la conversión de la fuerza máxima a potencia (método balístico). Bompa, T. (2002).

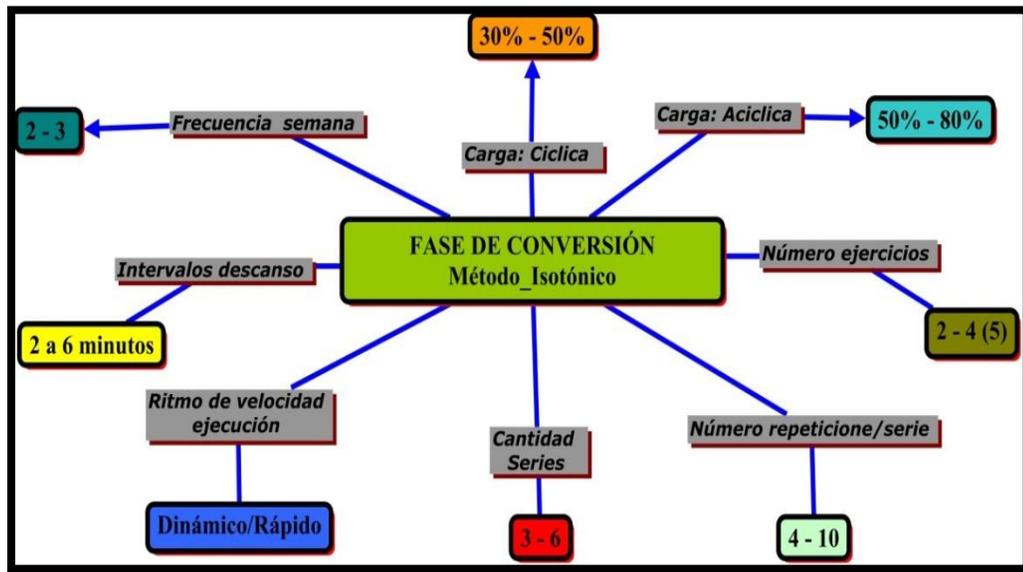


Figura 38. Parámetros de entrenamiento sugeridos para la conversión de la fuerza máxima a potencia (método isotónico). Bompa, T. (2002).

Mesociclo la fase de cesación. O fase de suspensión, o el final de un programa de mantenimiento de la fuerza. La meta principal es la eliminar la fatiga adquirida durante el plan de trabajo.

MACROCICLO_ENTRENAMIENTO_FUERZA_TRADICIONAL																				
Fase Principal	Periodo Conformación														Periodo Afianzamiento		Periodo de Descanso			
	Simetría Corporal					Acondicionamiento Esencial														
Mesociclos	A.A		TESTS		F X M						CONVERSION A P.R-M				TESTS		C			
	I				II						III				IV					
	Abril					Mayo				Junio				Julio				Agosto		
Microciclos	R	R	R	B	B	B	M	M	M	M	A	M	M	B	B	B	R	R	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Calendario Semanal	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13
	6	14	21	28	5	12	19	26	1	8	16	22	29	6	10	20	27	3	10	17
100																				
95																				
90																				
85																				
80																				
75																				
70																				
65																				
60																				

Figura 39. Mesociclo denominado Fase de Cesación, conformado por 2 semanas de intervención.

III.VII.III Microciclos

Un microciclo hace referencia a un programa de entrenamiento semanal y probablemente sea la herramienta más importante en la planificación. A lo largo de Macro ciclo de entrenamiento, la naturaleza y la dinámica de los microciclos se altera de acuerdo a la fase de entrenamiento, los objetivos y las demandas fisiológicas y psicológicas del proceso. Los tipos de microciclos utilizados en este Macro ciclo de intervención están basados en Bompa (20002), donde los microciclos siguen el principio de incremento progresivo de carga de entrenamiento desde el punto de vista la intensidad (microciclo de regeneración (R,) porcentaje de carga de 60%; microciclo de carga baja (B), con porcentaje de carga 70%; microciclo de carga media (M), con porcentaje de carga de 80%, y microciclo de carga alta (A) entre 90-100%).

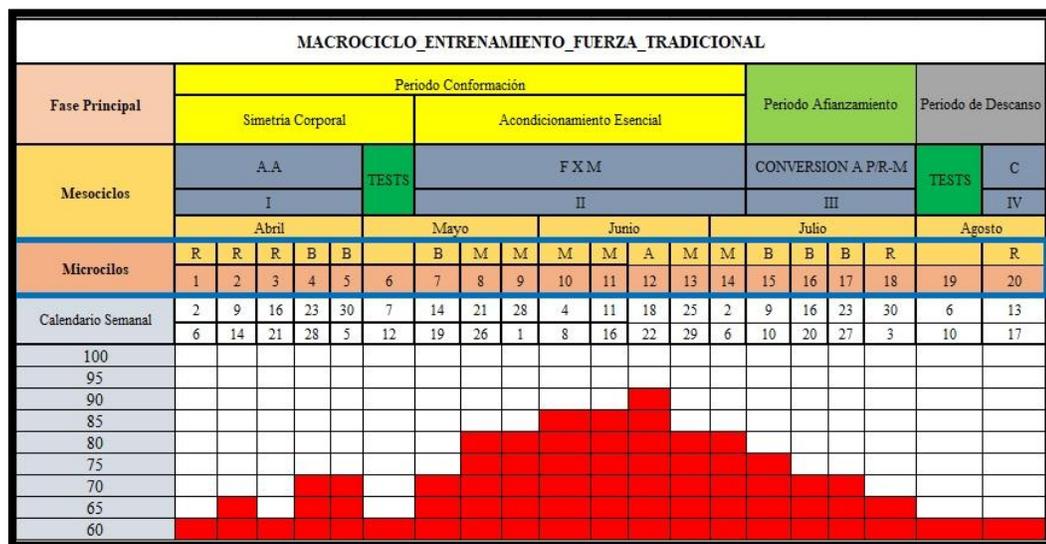


Figura 40. Microciclos, siguen el principio de incremento progresivo de carga de entrenamiento desde el punto de vista la intensidad (microciclo de regeneración (R,) porcentaje de carga de 60%; microciclo de carga baja (B), con porcentaje de carga 70%; microciclo de carga media (M), con porcentaje de carga de 80% y microciclo de carga alta (A) entre 90-100%).

III.VIII Sesión de Entrenamiento

Estructuras de cumplimiento efectivo de los contenidos de entrenamiento. A continuación, se describirán un ejemplo de una sesión de entrenamiento, basados en una Periodización Lineal Inversa.

Tabla 21. Sesión 2 al 6 de abril del 2018.

Contenido/s	Ejercicios
Medios	<i>Aparatos o material</i>
Métodos	<i>Repeticiones por Serie</i>
Descripción del ejercicio o actividad elegida	<i>Descripción</i>
Intensidad (1RM)	<i>60% 1 RM</i>
Volumen	<i>2 series x 12 repeticiones</i>
Densidad	<i>2 minutos de recuperación entre serie</i>
Frecuencia	<i>3 veces por semana</i>
Duración	<i>30 minutos</i>

III.IX Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó en el software SPSS versión 21.0. El nivel de significancia se estableció en $p \leq 0,05$ para todos los análisis. Para verificar el efecto de las intervenciones, se realizó una MANOVA de dos (grupo x momento) con medidas repetidas para el factor de momento para cada tipo de inicio. La prueba post hoc de Bonferroni se utilizó para verificar las diferencias entre los factores cuando se indicó la interacción en el análisis. Los tamaños del efecto (ES) también se calcularon utilizando la *d* de Cohen.

III.XX RESULTADOS

III.XX.I Velocidad Lineal en 10 Metros en (s)

Después del periodo de entrenamiento, se obtuvo un incremento en el grupo de entrenamiento lineal inverso (2,5%; ES=1.8; $p \leq 0.000$), lineal (9.9%; ES=0.83; $p \leq 0.000$), y grupo de ondulación diaria (3,2%; ES=2,20; $p \leq 0.000$). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cada uno de los grupos (figura 41).

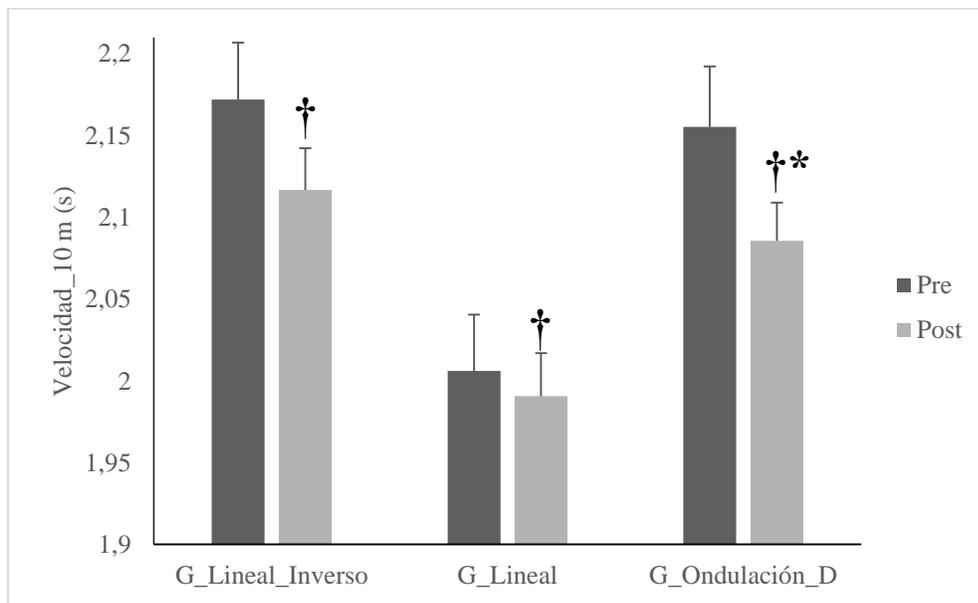


Figura 41. Rendimiento de velocidad en 10 metros (s) para los grupos de entrenamiento lineal inverso, lineal, y de ondulación diaria. Pre: valores iniciales; Pos: valores finales tras 20 semanas de intervención. †= Diferencias significativas entre el pre-test y pos-test. Tamaño del efecto ES

III.XX.II Salto CMJ (cm)

Después del periodo de entrenamiento, se obtuvo un incremento en el grupo de entrenamiento lineal inverso (7,5%; ES=2.2; $p \leq 0.000$), lineal (20%; ES=6.30; $p \leq 0.000$), y grupo de ondulación diaria (21,7%; ES=8,3; $p \leq 0.000$). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cada uno de los grupos (figura 42).

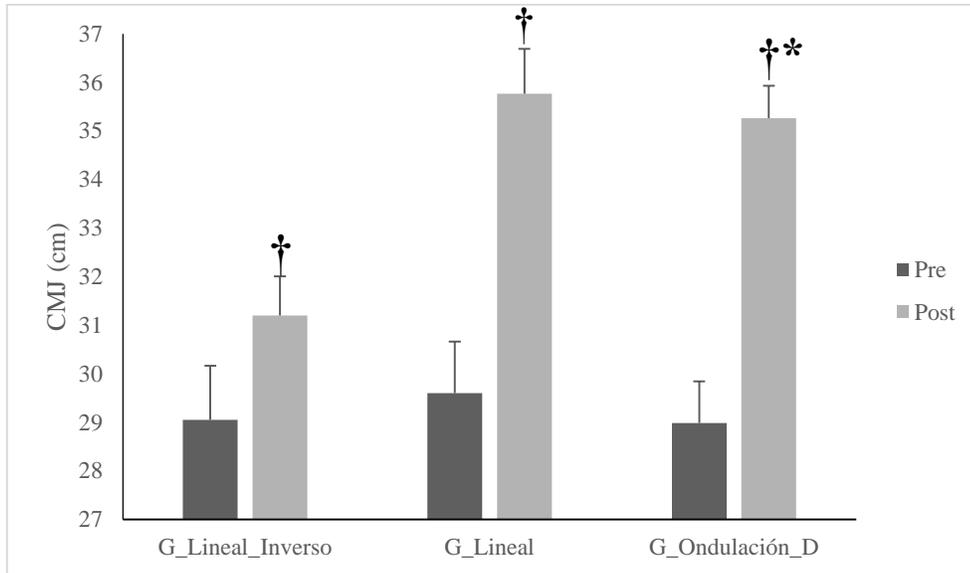


Figura 42. Rendimiento de salto CMJ (cm) para los grupos de entrenamiento lineal inverso, lineal, y de ondulación diaria. Pre: valores iniciales; Pos: valores finales tras 20 semanas de intervención. †= Diferencias significativas entre el pre-test y pos-test. Tamaño del efecto ES

III.XX.III Salto SJ (cm)

Después del periodo de entrenamiento, se obtuvo un incremento en el grupo de entrenamiento lineal inverso (6,6%; ES=1.6; $p \leq 0.000$), lineal (35,8%; ES=8.2; $p \leq 0.000$), y grupo de ondulación diaria (30,7%; ES=8,2; $p \leq 0.000$). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cada uno de los grupos (figura 43).

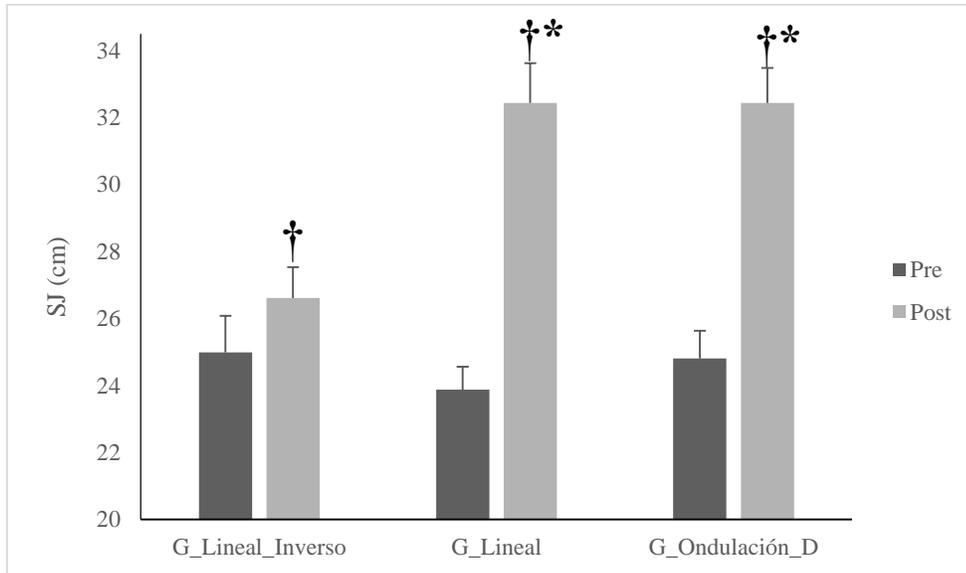


Figura 43. Rendimiento de salto SJ (cm) para los grupos de entrenamiento lineal inverso, lineal, y de ondulación diaria. Pre: valores iniciales; Pos: valores finales tras 20 semanas de intervención. †= Diferencias significativas entre el pre-test y pos-test. Tamaño del efecto ES

III.XX.IV Salto de Longitud (cm)

Después del periodo de entrenamiento, se obtuvo un incremento en el grupo de entrenamiento lineal inverso (1,5%; ES=0.91; $p \leq 0.783$), lineal (6,6%; ES=0.91; $p \leq 0.028$), y grupo de ondulación diaria (9,3%; ES=0,63; $p \leq 0.005$). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los grupo lineal y de ondulación diaria (figura 44).

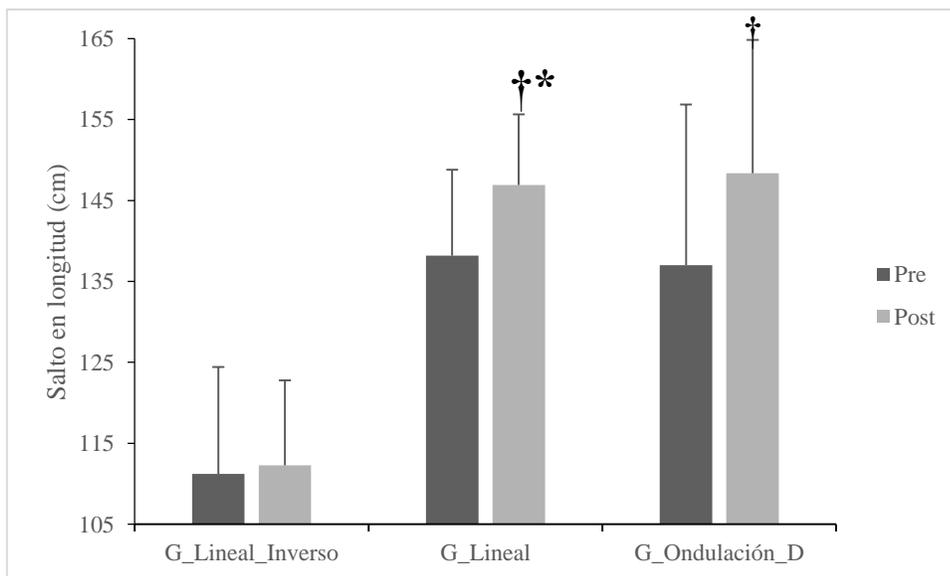


Figura 44. Rendimiento de salto de longitud (cm) para los grupos de entrenamiento lineal inverso, lineal, y de ondulación diaria. Pre: valores iniciales; Pos: valores finales tras 20 semanas de intervención. †= Diferencias significativas entre el pre-test y pos-test. Tamaño del efecto ES

III.XX.V Lanzamiento de balón (m)

Después del periodo de entrenamiento, se obtuvo un incremento en el grupo de entrenamiento lineal inverso (0,4%; ES=0.02; $p \leq 0.925$), lineal (16,8%; ES=2.2; $p \leq 0.00$), y grupo de ondulación diaria (3,6%; ES=0,64; $p \leq 0.032$). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los grupos lineales y de ondulación diaria (figura 45).

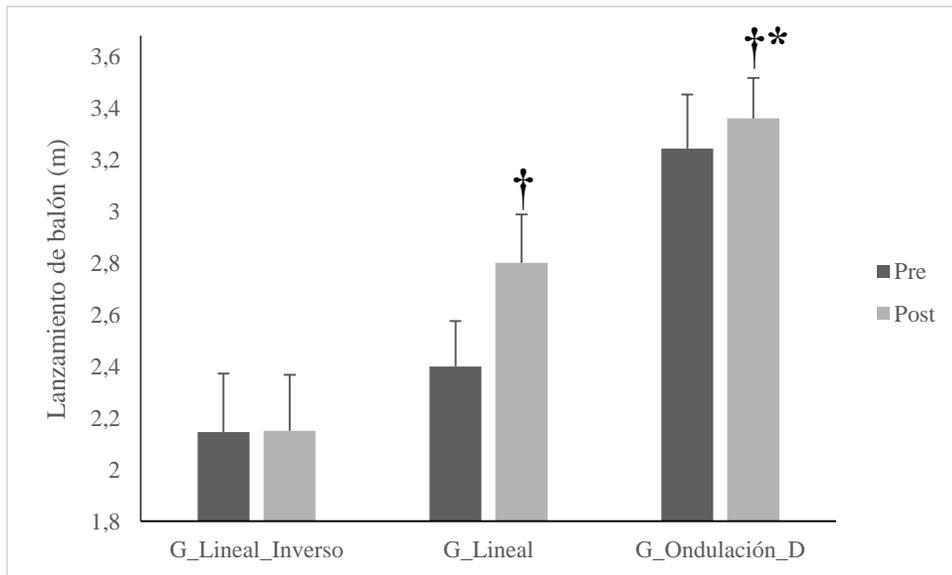


Figura 45. Rendimiento de lanzamiento de balón (m) para los grupos de entrenamiento lineal inverso, lineal, y de ondulación diaria. Pre: valores iniciales; Pos: valores finales tras 20 semanas de intervención. †= Diferencias significativas entre el pre-test y pos-test. Tamaño del efecto ES

III.XXI DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los principales hallazgos encontrados, luego del proceso de intervención y evaluación realizado en los niños púberes por medio de las pruebas de Velocidad Lineal en 10 Metros en (s), Salto CMJ (cm), Salto SJ (cm), Salto de Longitud (cm) y Lanzamiento de balón (m). Como primer hallazgo, se establece que un programa de entrenamiento de fuerza máxima con una intervención de 20 semanas en niños púberes, implementado mediante la periodización lineal inversa, de ondulación diaria y lineal, resultó en un aumento significativo de la fuerza en los sujetos objetos de estudio, encontrando resultados notables significativos en los grupos experimental lineal y de ondulación diaria, lo cual se puede evidenciar en las figuras de cada una de las pruebas realizadas. Seguidamente se encontró diferencias significativas entre pruebas, pero no entre grupos, lo que determina que cualquier porcentaje que se obtenga entre las pruebas es significativo para los sujetos, debido a la mejora de su rendimiento individual.

El segundo hallazgo se obtiene cuando, finalizada la intervención ningún sujeto objeto de estudio sufrió algún tipo de lesión óseo-muscular, del mismo modo en esta investigación se fortalece la importancia del desarrollo de la periodización de la fuerza, por los beneficios que esta brinda en la planificación de las cargas, las cuales se encontraron en la presente investigación, donde la periodización de la fuerza que obtuvo resultados significativos fue la de ondulada (diaria) siendo significativa en cuatro pruebas (Lanzamiento de balón m, Salto SJ cm, Salto CMJ cm y Velocidad Lineal en 10 Metros en s) y la lineal siendo significativa en dos pruebas (Salto SJ cm, y Salto de Longitud cm). Estos resultados se asemeja a estudios previos donde han encontrado importantes beneficios en la realización de trabajos periodizados y en lo que concierne a la obtención de la fuerza , autores como (García C, 2018; Steven Fleck; 2003; Fleck, 2011), quienes demostraron en sus investigaciones la importancia de periodizar las cargas, del mismo modo, investigadores como (Clavijo N, y col, 2011; Andrew Morrow 2004; Matthew Ra 2002) tienen gran similitud a la actual investigación estableciendo en sus proyectos investigativos que la

periodización que prevaleció en sus proyectos fue la experimental de ondulación diaria.

Seguidamente se encuentran otros antecedentes investigativos los cuales se asemejan a los de la presente investigación como es Souza, E. O., y cols (2014) quienes compararon el área transversal del músculo cuádriceps (CSA) y la fuerza máxima (1RM) después de tres regímenes diferentes de entrenamiento de fuerza, obteniendo resultados significativos en los grupos experimentales de ondulación diaria. También se encuentra Bartolomei, S., y cols (2014), quienes luego del trabajo investigativo en la comparación de dos tipos de periodización concluyen la importancia del trabajo periodizado. Continuamente encontramos la investigación expuesta en el estudio de Peltonen (2018) direccionada con el entrenamiento de fuerza periodizado, el cual manifiesta que esta, indujo diferentes respuestas fisiológicas interindividuales, y por lo tanto parece ser una herramienta útil para planificar y monitorear los programas de entrenamiento de fuerza para las necesidades individuales de rendimiento neuromuscular.

Por otra parte se encuentran los Meta-análisis y la investigación realizado por Harries, S. K., Lubans, D. R., & Callister, R. 2015; Harries, S. K y cols 2015; Apel, J. M., y cols 2011) quienes en sus estudio lograron determinar que no existe actualmente un soporte científico que sustente que es mejor y más eficiente la periodización de ondulación diaria sobre la lineal y manifiesta que es fundamental continuar trabajando sobre estas para encontrar la más eficiente, A lo que Franchini, E., (2015) ya había mencionado en sus resultados investigativo, mencionando que los dos periodizaciones tanto lineales con onduladas son eficientes para el desarrollo de la fuerza y deja abierta la puerta para continuar con posibles investigaciones. Más adelante aparece Williams, T. D (2017) quien confirma en su meta-análisis, logrando encontrar diferencias notables entre el trabajo periodizado y el no periodizado, encontrando resultados significativos en el uso de la periodización de la fuerza. Ahora bien con relación a los logros obtenidos en las anteriores investigaciones se discute con los resultados presentados en están investigación, los cuales hacen un aporte valioso en la importancia del desarrollo de las dos periodizaciones pero, se deja

constancia que siempre logra prevalecer en la mayoría de las intervenciones la de ondulación diaria sobre la tradicional lineal, a favor de esto se encuentra la investigación en mujeres de Bartolomei, S, y cols (2015), quien años atrás había ratificado la importancia del trabajo periodizado de ondulación diaria como el más eficiente para desarrollarlo en la obtención de fuerza. Contario a lo mencionado aparece De Souza, E. O. y cols (2018), quienes desarrollaron una comparación entre programas periodizados y no periodizados, donde no se encuentran resultados significativos en las periodización en todas las variables, manifestando que se lograron obtención de fuerza tanto en periodizados, y no periodizados pero no de una manera significativa, contarios a nuestro trabajo donde la periodización fue el punto de partida, encontrando porcentaje superior notables en todas las variables analizadas.

Finalmente se encuentran recientes aportes investigativos en el contexto de la fuerza como es Vantarakis, A y cols (2017), quienes soportan la importancia del trabajo periodizados en todas las poblaciones, desde la etapa inicial hasta la final, con el fin de lograr resultados idóneos para la población, al discutir dicha investigación con la actual es necesario resaltar de la investigación anterior la estadística utilizada, siendo está acorde con mi investigación, teniendo en cuenta que para los dichos procesos donde impliquen intervención el Análisis de Manova es la estadística más recomendada aplicándola en dos momentos y dos grupos. Lo que demuestra un buen uso e impacto en las pruebas realizadas.

III.XXII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAR, B. A. (2007) Resistance training health related benefits and exercise prescription guidelines In Avances en ciencias de la actividad física y el deporte. Entrenamiento de fuerza (Ed, Jimenez, A.) Escuela de estudios Universitarios Real-Madrid-UEM, Madrid, pp. 53-66.
- ARNASON, A., ANDERSEN, T. E., HOLEM, I., ENGBRETSEN, L. Y BAHR, R. (2007) Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. Scand. J. Med. Sci. Sports, March.
- BAECHLE, T. R., EAERLE, R. W. Y WATHEN, D. (2000) Resistance Training, Chapter 18 In Essential of Strength Training and Conditioning (NSCA), (Eds, Baechle, T. R. and Earle, R. W.,) Human Kinetics. Champaign IL, pp. 395-425.
- BAKER, D. (2001) A series of studies on the training of High Intensity Muscle Power in Rugby League Football Player J. Strength Cond. Res., 15, 198-209.
- BAKER, D. (2003) Acute effect of alternation Heavy and light resistance on power during upper-body complex power training J. Strength Cond. Res, 17, 493-497.
- BAKER, D. Y NEWTON, R. U. (2005) Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training, J. Strength Cond. Res, 19, 202-205.
- BAKER, D., WILSON, G. Y CARLYON, R. (1994) Periodization: The effect on strength of manipulating volume and Intensity. J. Strength Cond. Res, 8, 235-242.
- BOMPA, T. O. (1995) Periodización de la fuerza, la nueva onda en el entrenamiento de la fuerza, Biosystem Servicio educativo, Rosario, Argentina.
- BOMPA, T. O. (2003) Periodización, Teoría y Metodología del Entrenamiento, Hispano Europea, Barcelona.
- BOMPA, T. O. Y CORNACCHIA, L. (1998a) Serious Resistance Training., Human kinetics, Champaign IL.
- BOMPA, T. O. Y CORNACCHIA, L., (1998b) Serious Resistance Training, Human kinetics, Champaign IL.
- BOSCO, C. (1983) Elasticità muscolare e Forza esplosiva nelle attività fisico-sportive, Roma, Società Stampa Sportiva.

- BOSCO, C. (2000) La fuerza Muscular Aspectos metodológicos, Barcelona, Ind
- BOSCO, C., MONGONI, P. & LUHTANEN, P. (1983) Relationship between isokinetic performance and ballistic movement Eur J Appl Physiol., 51, 357-364.
- BRECHUE, W. F. & MAYHEW, J. L. (2009) Upper-body work capacity and 1RM prediction are unaltered by increasing muscular strength in college football players. J. Strength Cond. Res, 23, 2477- 2486.
- BROWN, L. E. & WEIR, J. P. (2001) ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength. JEPonline, 4, 1-21.
- CASAS, A. (2005) Evaluación de la aptitud física: selección, administración de protocolos y valores de referencia, capitulo IX. IN JIMÉNEZ, G. A., (Ed.) Entrenamiento Personalizado, bases fundamentos y aplicaciones. 1 ed. Barcelona, Inde.
- CREWETHER, B., CRONIN, J. & KEOGH, J. (2005) possible stimuli for strength and power adaptacion. Sport Medicine, 35, 967-989.
- CRONIN, J., MCNAIR, P. J. & MARSHALL, R. (2001) Developing explosive power: A comparison of technique and training. J. Sci. Med Sport, 4, 59-70.
- CRONIN, J. & SLEIVERT, G. (2005) Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. Sports Med., 35, 213-234.
- CRONIN, J. B., MCNAIR, P. J. & MARCHALL, R. N. (2003) Force velocity analysis of strength - training techniques and load: Implication for training strategy and research. J. Strength Cond. Res, 17, 148-145.
- DERENNE, C., HO, K. W. & MURPHY, J. C. (2001) Effects of general, special and specific resistance training on throwing velocity in baseball: E brief review. J. Strength Cond. Res, 15, 148-156.
- DUGAN, E. L., DOYLE, T. L. A., HUMPHRIES, B., HASSON, C. J. & NEWTON, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squat: A review of methods and calculations. J. Strength and Cond. Res, 18, 668-674.
- DRINKWATER, E., LAWTON, T. W., LINDSELL, R. P., PYNE, D. B., HUNT, P. H. Y MCKENNA, M. J. (2005) Training leading to repetition failure enhance Bench press strength gains in elite juniors athletes. J. Strength Cond. Res, 19, 382-388.

- DRINKWATER, E. J., LAWTON, T. W., MCKENNA, M. J., LINDSELL, R. P., HUNT, P. H. Y PYNE, D. B. (2007) Increased number of forced repetition does not enhance strength development with resistance training J. Strength and Cond. Res, 21, 841-847.
- DUCHATEAU, J., SEMMLER, J. G. Y ENOKA, R. M. (2006) Training adaptation in the behavior of human motor units. J. Appl Physiol, 101, 1766-1775.
- DUTHIE, G. M., YOUNG, W. B. Y AITKEN, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump Squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development. J. Strength Cond. Res, 16, 530-538.
- EARLE, R. W. & BAECHLE, T. R. (2000) Strength training and Spotting Techniques, chapter 21. IN BAECHLE, T. R. & EARLE, R. W. (Eds.) Essentials of Strength Training and Conditioning (NSCA). 2 ed. Champaing IL, Human Kinetics.
- EARLE, R. W. Y BAECHLE, T. R. (2004A). Resistance Training Program Design, Chapter 15. In NSCA Personal trainer manual. 2º ed. (Eds, Earle RW and TR, B.) Human Kinetics, Champaing IL, pp. 361-398.
- EARLE, R. W. Y BAECHLE, T. R., (2004B) NSCA's Essential of Personal Training, chapter 15 In NSCA Personal trainer manual (Ed, Baechle, T. R., .) Human Kinetics, Champaing IL, pp. 361-398.
- ENOKA, R. M. (2002) Neuromechanics of Human Movement, Human Kinetics.
- ESCAMILLA, R. F., FLEISIG, G. S., LOWRY, T. M., BARRENTINE, S. W. & ANDREWS, J. R. (2001) A Three dimensional Biomechanical Analysis of squat during varying stance Widths. Med Sci. Sport Exerc, 33, 984-998.
- ESCAMILLA, R. F., LANDER, J. E. & GARHAMMER J (2000) Biomechanics of Powerlifting and Weightlifting Exercises, Chapter 39. IN GARRET, W. E. & KIRKENDALL, D. F. (Eds.) Exercise and Sport Science. Philadelphia, Lippincott Williams & Willkins.
- FAIGEMBAUM, A. D., MILLIKEN, L. A. & WESTCOTT, W. L. (2003) Maximal strength testing in healthy children. J. Strength Cond. Res, 17, 162-166.
- FARIES, M. D. Y GREENWOOD, M. (2007) Core Training: Stabilizing the confusion. Strength Cond. J., 29, 10-25.
- FLECK, S. J. (1999) Periodized strength training: A critical review J. Strength Cond. Res, 13, 82-89.

- FOSTER, C., FLORHAUG, J. A., FRANKLIN, J., GOTTSCHALL, L., HROVATIN, L. A., PARKER, S., DOLESHAL, P. Y DODGE, C. (2001) A new approach to monitoring exercise training J. Strength and Cond. Res, 18, 109-115.
- FRY, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fiber adaptation Sports Med., 34, 663-669.
- GAMBETA, V. (2007). Athletic development. The art & science of functional sports conditioning, Human Kinetics.
- GAMBLE P. (2007) An Integrated approach to training core stability, Strength Cond. J., 29, 58-68.
- GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. & RIBAS, S., J. (2002) Bases de la Programación del Entrenamiento de la fuerza, Barcelona, Inde.
- GOUVALI, M. K. & BOUDOLOS, K. (2005) Dynamic and electromyographical analysis in variants of push-up exercise. J. Strength and Cond. Res, 19, 146-151.
- GRIVAUDO, C. G. & GANZIT, G. P. (1988) Medicina dello sport, Torino, ISEF.
- HARRE, D. (1987a) La resistenza alla forza, parte 1. Rivista di Cultura Sportiva (SDS), 29-35.
- GRAHAM, J. (2002). Periodization Research and Example Application. Strength Cond. J., 24, 52-70.
- HARMAN, E. (2000). The Biomechanics of Resistance Exercise, Chapter 3 In Essential of Strength Training and Conditioning (NSCA) (Ed, Earle, R. W.) Human Kinetics, Champaign IL, pp. 25-56.
- HARRE, D. (1987b) La resistenza alla forza, parte 2. Rivista di Cultura Sportiva (SDS), 45-49.
- HASEGAWA, H., DZIADOS, J., NEWTON, R. U., FRY, A. C., KRAEMER, W. J. Y HÄKKINEN, K. (2002) Periodized training programmes for athletes, Chapter 5 In Strength training for sport (Eds, Kraemer, W. J. and Häkkinen, K., .) Blackwell Sciences, pp. 69-134.
- HOLLANDER, B. D., KRAEMER, R. R., KILPATRICK, M. W., RAMADAN, Z. G., REEVES, G. V., FRANCOIS, M., HEBERT, E. P. & TRYNIECKI, J. L. (2007) Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. J. Strength Cond. Res, 21, 4-40.

- HORI, N., NEWTON, R. U., NOSAKA, K. & MCGUIGAN, R. M. (2006) Comparison of different methods of determining power output in weightlifting exercises. *Strength Cond. J.*, 28, 34-40.
- IZQUIERDO, M., GONZALEZ-BADILLO, J. J., HÄKKINEN, K., IBÁÑEZ, J., KRAEMER, W. J., ALTADILL, A., ESLAVA, J. & GOROSTIAGA, E.M. (2005) Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int. J. Sports Med.* DOI 10.1055/s-2005- 872825.
- IZQUIERDO, M., IBAÑEZ, J., GONZÁLEZ-BADILLO, J. J., HÄKKINEN, K., RATAMESS, N. A., KRAEMER, W. J., FRENCH, D. N., ESLAVA, J., ALTADILL, A., ASIAIN, X. Y GOROSTIAGA, E. M. (2006) Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol*, 100.
- KELLIS, E., ARAMBATZI, F. & PAPADOPOULOS, C. (2005) Effects of load reaction force and lower limb kinematics during concentric squat. *J Sports Sci*, 23, 1045-1055.
- KNUDSON, D. & D., J. (1998) Analysis of three-test duration of the bench trunk-curl. *J. Strength and Cond. Res*, 12, 150-151.
- KNUDSON, D. & JOHNSTON, D. (1995) Validity and reliability of a bench trunk-curl test of abdominal endurance. *J. Strength and Cond. Res*, 9, 165-169.
- KNUTTGEN, H. G. & KRAEMER, W. J. (1987) Terminology and measurement in exercise performance. *J. Appl Sports Sci. Res.* 1, 1-10.
- KNUTZEN, K. M., BRILLA, L. R. & CAINE, D. (1999) Validity of 1 RM prediction equation for older Adults. *J. Strength Cond. Res*, 13, 242-246.
- KRAEMER, J. W. Y FLECK, S. J. (2007) Optimizing strength training. Designing nonlinear periodization workouts, *Human Kinetics*.
- KRAEMER, W. J. (2002). Development a strength, training workout Chapter 3 In *Strength training for sport*. (Eds, Kraemer, W. J. and Häkikinen, A.) Blackwell Sciences, pp. 37-54.
- KRAEMER, W. J. Y RATAMES, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training Progression and Exercise Prescription *Med Sci. Sport Exerc*, 36, 674-688
- LACHANCE, F. P. & HORTOBAGYI, T. (1994) Influence of cadence on muscular performance during push-up and pull-up exercise. *J. Strength and Cond. Res*, 8, 76-79.

- LESUER, D. A., MCCORMICK, J. H., MAYHEW, J. L., WASSERSTEIN, R. L. & ARNOLD, D. M. (1997a) The Accuracy of seven prediction for estimating 1 - RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *J. Strength and Cond. Res*, 11, 211-213.
- LESUER, D. A., MCCORMICK, J. H., MAYHEW, J. L., WASSERSTEIN, R. L. & ARNOLD, D. M. (1997b) The Accuracy of seven prediction for estimating 1 - RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *J. Strength Cond. Res*, 11, 211-213.
- LAGALLY, K. M., MCGAW, S. T., YOUNG, G. T., HEATHER, C. M. Y THOMAS, D. Q. (2004) Rating of perceived Exertion and Muscle Activity During The Bench Press Exercise in Recreational And Novice Lifters. *Strength Cond. J.*, 18, 359-364.
- LOGAN, P., FORNASIERO, D., ABERNETHY, P. & LYNCH, K. (2000a) Protocols for assessment of isoinertial strength. IN AUSTRALIAN SPORT COMMISSION (Ed.) *Physiological Test for Elite Athletes*. 1. Champaign IL, Human Kinetics.
- LOGAN, P., FORNASIERO, D., ABERNETHY, P. & LYNCH, K. (2000b) Protocols for assessment of isoinertial strength Chapter. IN AUSTRALIAN SPORT COMMISSION (Ed.) *Physiological Test for Elite Athletes*. 1th ed. Champaign IL, Human Kinetics.
- LOCKIE, R. G., MURPHY, A. J. Y SPINKS, C. D. (2003) Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field- sport athletes *J. Strength Cond. Res*, 17, 760-767.
- MARTIN, D., CARL, K. & LEHNERTZ, K. (2001) *Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo*, Barcelona, Paidotribo.
- MAYHEW, J. L., BALL, T. E., ARNOLD, M. D. & BOWEN, J. (1992) Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and woman. *J. Appl Sport Sci Res.*, 6, 200- 206.
- MCBRIDE, J. M., BLOW, D., KIRBY, T. J., HAINES, T. L., DAYNE, A. M. & TRIPLETT, N. T. (2009) Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *J. Strength Cond. Res*, 23, 1633-1636.
- MEYLAN, C., CRONIN, J. & NOSAKA, K. (2008) Isoenertial Assessment of eccentric muscular strength. *Strength Cond. J*, 30, 56-64.

- NACLERIO, A. F. (2006a) Evaluación y planificación del entrenamiento de fuerza en deportes de conjunto. Apunte de cátedra., Grupo sobreentrenamiento.
- NACLERIO, A. F. (2006b) Valoración de la fuerza y la potencia mecánica producida en los ejercicios con resistencias en diferentes poblaciones de deportistas a lo largo de una temporada. Departamento de fisiología. León, Universidad de León.
- NACLERIO, A. F. & JIMÉNEZ, G. A. (2005). Entrenamiento de la fuerza contra resistencias: como determinar las zonas de entrenamiento, Revista Edudeporte - Número 11.
- NACLERIO, A. F., LEYVA RODRIGUEZ, J. & PANTOJA GARCÍA, D. (2005) Valoración de los niveles de fuerza máxima aplicada, y su influencia sobre el rendimiento en la prueba de máximas repeticiones con 40 kg en opositores a bomberos. Madrid, Congreso internacional UEM.
- NACLERIO, F. (2008) Análisis del Rendimiento de Fuerza y Potencia En diferentes Deportes., GSE www.sobreentrenamiento.com.
- NACLERIO, F., COLADO, J. C., LLANA, S. & V., T. (2006) Strength and power in a timed 40-second repetition test with 40kg. Applied ergonomics. Supplement in CD with the Proceedings IEA congress.
- NACLERIO, F., COLADO, J. C., RHEA, M. R., BUNKER, D. & TRIPLETT, N. T. (2009). The influence of strength and power on muscle endurance test performance. J. Strength Cond. Res, 23, 1483-1488.
- NACLERIO, F., FORTE, D., COLADO JC, BENAVENT, J.Y. & CHULVI, I. (2007) Analysis of the Force and Power Produced in the Squat over 52 Weeks Training. Med Sci. Sport Exerc, 39, S293.
- PETERSEN, P. Y HÖLMICH, P. (2005) Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. Br. J. Sports Med., 39, 319-323.
- PETERSON, M. D., RHEA, M. R. Y ALVAR, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: A meta- analysis to determine the dose response relationship J. Strength Cond. Res, 18, 377-382.
- PETERSON, M. D., RHEA, M. R. Y ALVAR, B. A. (2005). Application of the dose-response for muscular strength: A review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription Strength Cond. J., 19, 950-958.
- PINCIVERO, D. M., DIXON, P. T. & COELHO, A. J. (2003a) Knee Extensor Torque, Work, and Emg During Subjectively Graded Dynamic Contractions. Muscle Nerve .28.

- PINCIVERO, P. M., COELHO, A. J. & CAMPY, R. M. (2003b) Perceived exertion and máximal quadripces femoris muscle strength during dynamic knee exercise in young adult males and females. *Eur J Appl Physiol.*, 89, 50-156.
- RAHMANI, A., VIALE, F., DALLEAU, G. & LACOUR, J.R. (2002) Force/Velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur J Appl Physiol.*, 84, 227-232.
- REYNOLDS, J. M., GORDON, T. J. & ROBERGS, R. A. (2006) Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *J. Strength Cond. Res*, 20, 584-592.
- ROBERTSON, R. J., GOSS, F. L., RUTKOWSKI, J., LENZ, B., DIXON, C., TIMMER, J., FRAZEE, K., DUBE, J. & ANDREACCI, J. (2003) Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale For Resistance Exercise. *Med Sci. Sport Exerc*, 35, 333-341.
- ROBERTSON, R. J., GOSS, F. L., AARON, D. J., GAIROLA, A., KOWALLIS, R. A., LIU, Y., RANDALL, C. R., TESSMER, K. A., SCHNORR, T. L., SCHROEDER, A. E. Y WHITE, B. (2008) One repetition maximum prediction models for children using OMNI RPE Scale *J. Strength Cond. Res*, 22, 196- 20.
- ROBBINS, D. W. (2005). Post activation potentiation and its practical applicability: a brief review *J. Strength and Cond. Res*, 19, 453-458.
- RODRÍGUEZ, M. I. & CHAGAS GOMES, P. S. (2003) Muscular strength and endurance test: reliability and prediction of one maximum- Review and new evidences. *Rev Brass Med. Esporte*, 9, 336-346.
- RHEA, M. R., ALAVER, B. A., BURKETT, L. Y BALLS, A. (2003) A Meta-Analysis to determine the Dose Response for strength development *Med Sci. Sport Exerc*, 35, 456- 464.
- RHEA, M. R. Y ALDERMAN, B. L. (2004). A Meta-Analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs *Res. Quaterly Exc. Sports*, 75, 413- 422.
- SAKAMOTO, A. & SINCLAIR, P. J. (2006) Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J. Strength and Cond. Res*, 20, 523-527.
- SALE, G. D. (1991) Testing Strength and Power, chapter 3. IN MACDOUGAL, J. C., WENGER, H. A. & GREEN, H. J. (Eds.) *Physiological Testing of high performance athlete.* 2^o ed. Champaing IL, Human Kinetics.

- SAYERS, S. P., HARACKIEWICZ, D. V., HARMAN, E. A., FRYKMAN, P. N. & ROSENSTEIN, M. T. (1999) Cross-Validation of three-jump power equation. *Med Sci. Sport Exerc*, 31, 572-577.
- SHIM, A. L., BAILEY, M. L. & WESTINGS, S. H. (2001) Development of a field test for Upper-Body Power. *J. Strength Cond. Res*, 15, 192-197.
- SIFF, M. C. (2004) Supertraining, Denver USA, Supertraining institute.
- SIMPSON, S. R., ROZENEK, R., GARHAMMER, J., LACOURSE, M. & STORER, T. (1997) Comparison of one repetition maximums between free weight and universal machine exercises. *J. Strength and Cond. Res*, 11, 103-106.
- SIMAO, R., DE TARSO VERAS FARINATI, P., DOEDERIEIN POLITO, M., SPUTO MAIOR, A. Y FLECK, S. J. (2005) Influence of exercise order on the number of repetition performed and perceived exertion during resistance exercises. *J. Strength and Cond. Res*, 19, 152-156
- SUMINISKI, R. R., ROBERTSON, R. J., ARSLANINAN, S., KANG, J., UTTER, A. C., DASILVA, S. J., GOSS, F. L. Y METZ, K. F. (1997) Perception of Effort during resistance Exercise. *J. Strength and Cond. Res*, 11, 261-265.
- SWANK, A. M., STEINEL, L. & MOORE, A. (2003) Strategies for Effectively Using Rating of perceives Exertion. *Strength Cond. J*, 25, 23-25.
- TIMMONS, M. K., STEVENS, S. M. & PINCIVERO, D. M. (2009). The effect of arm abduction angle and contraction intensity on perceived exertion. *Eur J Appl Physiol.*, 106.
- WARE, J. S., CLEMENS, C. T., MAYEHEW, J. L. & JOHNSTON, T. J. (1995) Muscular endurance repetition to predict bench press and squat In college football player. *J. Strength Cond. Res*, 9, 99-103.
- WATHEN, D. & ROLL, F. (1994) Training Methods and Modes, chapter 22. IN BAECHLE, T. R. (Ed.) *Essential of Strength Training and Conditioning (NSCA)*. Champaing IL, Human Kinetics.
- WEINECK, J. (2005) *Entrenamiento total*, Barcelona, Paidotribo.
- WERNBOM, M., AUGUSTSSON, J. Y THMEEË, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional in humans. *Sport Med.*, 37, 225-264.

- WILLARDSON, J. M. (2006). A brief Review: Factor that affecting the length of the rest interval between resistance exercises sets J. Strength and Cond. Res, 4, 978-984.
- WILLARDSON, J. W. (2007). The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs J. Strength and Cond. Res, 21, 628-631.
- WILSON G.J., C., E. B. & K., K. G. (1989) Bar path and force Profile Characteristics for maximal and submaximal loads in the Bench press. Int J Sports Biomech, 5, 390-402.
- WILSON, G. J., C., E. B. & K., K. G. (1989) Bar path and force Profile Characteristics for maximal and submaximal loads in the Bench press. Int J Sports Biomech, 5, 390-402.
- WISLØFF, U., HELGERUD, J. & HOFF, J. S. (1998) strength and endurance of elite soccer player. Med Sci. Sport Exerc, 30, 462-467.
- WOOD, T. M., MADDALOZZO, G. F. & HARTE, R. A. (2002) Accuracy of seven equations for predicting 1 - RM performance of apparently healthy, sedentary older adults. Meas Phys Educ Exerc Sci, 6, 67-94.
- YOUNG, W. B. (2006) Transfer of strength and power training to sports performance. Int. J. sports physiol and performance, 1, 74-83.