

Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE)

Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio

## **Trabajo Final**

# **“Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)”**

Alumno: Saja, Juan Manuel

Cohorte 2012

Correo Electrónico: [juanmsaja@hotmail.com](mailto:juanmsaja@hotmail.com)

## Índice de Contenidos

<b>1.</b>	Capacidades	Páginas 3 a 84
<b>1.1.</b>	Aptitud Aeróbica	Páginas 3 a 14
<b>1.2.</b>	Aceleración	Páginas 15 a 28
<b>1.3.</b>	Fuerza	Páginas 29 a 61
<b>1.4.</b>	Flexibilidad	Páginas 62 a 74
<b>1.5.</b>	Coordinación – Agilidad	Páginas 75 a 84
<b>2.</b>	Ventana Óptima de Posibilidades	Páginas 85 a 87
<b>3.</b>	Planificación	Páginas 88 a 89
<b>4.</b>	Bibliografía	Páginas 90 a 107

El objetivo primordial del presente trabajo es presentar con fundamentos científicos actualizados algunos contenidos que deben ser considerados para planificar y sistematizar las sesiones de entrenamiento con el fin de optimizar el desarrollo de los mismos y del proceso formativo.

Para esto es necesario explicar cuáles son los contenidos que abordaremos en cada edad del Fútbol Infantil. Por esto mismo comenzaremos desarrollando lo que entendemos por cada una de las capacidades involucradas en este deporte.

### 1. Capacidades

Se realizará una descripción de sus características, sus objetivos, los métodos que se utilizarán y las manifestaciones encontradas (las cuales han sido clasificadas con fines analíticos, por lo que podrían ser otras), así como también las que deberían trabajarse específicamente durante el desarrollo de este proceso formativo.

#### 1.1. Aptitud Aeróbica (o *Resistencia*)

Para comenzar a definirla debemos entender en primer lugar que vamos a hacer referencia específicamente a la *Resistencia* aplicada al fútbol (entendiendo a este como un deporte acíclico). Algunas características de la *Resistencia* para cualquier tipo de deporte (Esteve Lanao y cols, 2011) son:

- Capacidad Física y Mental (Bompa, 2009; Zintl, 1991).
- Tiene la capacidad de retrasar la fatiga y sus efectos (Friel, 2009).
- Poder mantener un esfuerzo sin que disminuya la intensidad de trabajo, o bien, la capacidad de recuperarse rápidamente después de un esfuerzo físico o psíquico (Maughan, 1992; Zintl, 1991).
- En ella influye la interacción de los sistemas de producción de energía o potencia (Gastin, 2001).
- Su factor clave es el tiempo (Péronnet, 2001).

Es importante aclarar algunos de los aspectos indicados. Ya que consideramos al fútbol como un deporte acíclico, debemos diferenciar a estos de los deportes cíclicos. Esto tiene vital importancia sobre todo por la recuperación a corto plazo y justamente no tanto por la capacidad de mantener un esfuerzo continuo (ya que esto no sucede en la competición misma).

Otra diferenciación necesaria es vinculada a dos conceptos que a menudo producen graves confusiones en cuanto a la predominancia de los sistemas de producción de energía en los esfuerzos.

Uno de los temas clásicos es saber cuanto de aeróbico tiene un determinado esfuerzo en el que no hay fatiga (donde no se prolonga el esfuerzo hasta el máximo posible y la intensidad es más o menos constante). Por otro lado, es conocer la contribución total porcentual de las fuentes aeróbicas y anaeróbicas en esfuerzos máximos, a intensidad más o menos constante, durante un determinado tiempo). Y, por último, conocer esta última misma distribución en esfuerzos a intensidad variable y durante un tiempo específico (como es el caso del Fútbol).

También debemos diferenciar la habilidad de mantener durante un largo tiempo un esfuerzo de predominio aeróbico / anaeróbico (capacidad) o de generar mucha energía por unidad de tiempo (potencia).

Al mismo tiempo, y como venimos mencionando, el fútbol es considerado un deporte acíclico en el cual se integran funciones en una acción (por ejemplo: un centro a la carrera). Los deportes de conjunto y estas características conllevan que las acciones de juego presenten variaciones significativas en la intensidad, duración, frecuencia, cinética y cinemática de las acciones musculares, con implicancias directas sobre las respuestas del sistema cardiovascular, neuromuscular y metabólico (Casas, 2008).

Estos deportes basan sus acciones en patrones de movimiento muy específicos, que requiere, por ejemplo, cambios de dirección a gran velocidad y el desarrollo de la capacidad para repetir aceleraciones y frenadas bruscas.

En el fútbol se han registrado aproximadamente 1350 acciones musculares diferentes durante una misma competencia, incluyendo alrededor de 220 carreras de alta intensidad (Mohr y cols, 2003) con cambios de actividad cada 4 – 6 segundos (Reilly, 1976).

En los libros especializados en entrenamiento deportivo se pueden encontrar como vimos anteriormente una gran cantidad de definiciones en relación al término *Resistencia*. Pero, en el ámbito del fútbol precisamente la misma no existe como un objetivo en sí misma sino que forma parte del objetivo deportivo, es decir, del rendimiento buscado por este deporte y que no está pensado en la victoria en la competencia únicamente (Martin y cols, 2001).

En nuestro caso en particular la *Resistencia* está relacionada con la capacidad para repetir aceleraciones y desaceleraciones a medida que transcurre el juego (Reilly, 1994; Bangsbo, 1992) y con el desarrollo de otras acciones musculares repetitivas (como los cambios rápidos de dirección,

las detenciones repentinas, los intervalos irregulares de esfuerzos intensos, las combinaciones de saltos, los lanzamientos, las carreras, etc.) (Casas, 2011).

El entrenamiento de la *Resistencia* en el fútbol debe estar relacionado con la estructura del rendimiento deportivo (Neumann, 1990). Es preciso considerar la especificidad y particularidad del modelo de rendimiento (la competición) y no asumir un modelo “universal” para el entrenamiento de la *Resistencia* como suele ocurrir.

Al mismo tiempo, es de vital importancia comprender que la *Resistencia* no hace referencia únicamente a la cantidad de Oxígeno ( $O_2$ ) que llega al músculo, sino también por los factores musculares que son esencialmente condicionantes y modelan las adaptaciones al entrenamiento. Además, se ha reconocido ampliamente que el término apropiado para utilizar en niños y adolescentes es el Consumo de Oxígeno Pico ( $VO_{2\text{pico}}$ ), es decir, el mayor valor de  $VO_2$  medido durante un test de ejercicio hasta el agotamiento y no utilizar el término  $VO_{2\text{máx}}$  ya que implica la existencia de una meseta en el  $VO_2$  (Armstrong y Davies, 1981; Armstrong y Welsman, 1994).

El  $VO_{2\text{pico}}$  limita la capacidad de los niños para realizar ejercicios aeróbicos pero no describe completamente todos los aspectos de la *Resistencia* (Armstrong y cols, 2008) ya que la intensidad y duración de ejercicio requerida para inducir el  $VO_{2\text{pico}}$  raramente es experimentada por los niños (Armstrong y Welsman, 2006; Riddoch y Boreham, 1995).

La mayor parte de la actividad física habitual de los niños es submáxima y de corta duración. En estas circunstancias, es la cinética transitoria del  $VO_2$  lo que mejor valor da a la respuesta integrada del sistema de transporte de oxígeno y los requerimientos metabólicos de los músculos activos (Armstrong y cols, 1990). La constante de tiempo de la respuesta cinética del  $VO_2$  de los niños no se relaciona con el  $VO_{2\text{máx}}$  (Armstrong y cols, 2008) y además, el  $VO_{2\text{máx}}$  no es ni la mejor medida de la capacidad para realizar ejercicios submáximos en estado estable ni la forma más sensible de monitorear las mejoras en la aptitud aeróbica con el entrenamiento (aunque es la medida más ampliamente documentada).

En este sentido la cinética y cinemática de las acciones musculares es siempre cambiante (por la diversidad de situaciones) y esto implica efectos neuromusculares y metabólicos también diferentes (Bisciotti y cols, 2000).

En este sentido resulta necesario hablar de *Resistencia Específica*, la cual desarrolla la capacidad de soportar y sostener altas tasas e intensidades de acciones específicas durante la competición deportiva, desarrolla las condiciones volitivas para soportar el desgaste de los esfuerzos y asegura la máxima disponibilidad corporal para el deportista durante toda la competición.

Balsom (1993) afirma que la *Resistencia Específica* en el fútbol es la capacidad de poder realizar esfuerzos de corta duración y alta intensidad alternados con períodos aleatorios de baja intensidad y descanso de mucha mayor duración. La carrera no lineal, las aceleraciones y desaceleraciones cortas, intensas y repetitivas, con recorridos similares a los que realiza el jugador dentro de la cancha, la alternancia de esfuerzos cortos e intensos con pausas de recuperación variables, los cambios de dirección a una velocidad elevada y otras acciones caracterizan los contenidos esenciales del entrenamiento de la *Resistencia Específica*.

### **1.1.1. Adaptaciones asociadas con el crecimiento en el entrenamiento de la Aptitud Aeróbica (o *Resistencia*).**

Para examinar las adaptaciones al entrenamiento aeróbico en niños pueden tomarse 2 aproximaciones dependiendo de la respuesta que se busque. En los estudios de tipo transversal, se valoran fisiológicamente a un grupo de niños entrenados y se los compara con grupos de niños desentrenados (grupo control). Mientras que en los estudios longitudinales, los sujetos son examinados antes y después de su participación en un programa de entrenamiento.

En este sentido en ambos tipos de estudios se han encontrado mayores valores de volumen latido (SV) y de gasto cardíaco (Q) durante ejercicios máximos (Raven, 1972; Rowland y cols, 2002; Unnithan y cols, 1997). Como resultado, además, probablemente haya una mejora en el flujo sanguíneo y el transporte de oxígeno hacia los músculos de los niños entrenados y esto podría explicar los mayores valores de  $VO_{2máx}$ , dado que la diferencia arterio – venosa de oxígeno ( $a - v O_2$ ) durante el ejercicio máximo es similar (Nottin y cols, 2002; Rowland y cols, 2000) o menor (Raven y cols, 1972) en los niños entrenados comparados con los niños desentrenados. Por lo tanto, los mayores valores de  $VO_{2máx}$  en niños entrenados parecen estar relacionados con la mejora de la función cardíaca.

Al mismo tiempo se ha observado una mayor economía de carrera y que la concentración de lactato a un determinado nivel de ejercicio submáximo es menor en niños entrenados que en desentrenados (Van Huss y cols, 1988; Van Huss y cols, 1986). Esta última adaptación es consistente con el incremento inducido por el entrenamiento en la capacidad oxidativa (Hawley, 2002; Holloszy y Coyle, 1984). En base a esta información parece que el  $VO_{2máx}$  en niños y adolescentes entrenados en la *Resistencia* es superior al  $VO_{2máx}$  de niños y adolescentes desentrenados de edad similar y del mismo sexo, cuando se realizan comparaciones directas.

La información además sugiere que el entrenamiento aeróbico incrementa el volumen latido máximo ( $SV_{máx}$ ) y el gasto cardíaco máximo ( $Q_{máx}$ ), quizás como resultado de la expansión del

ventrículo izquierdo. Con respecto al ejercicio submáximo parece ser que el entrenamiento aeróbico reduce la frecuencia cardíaca e incrementa el volumen latido. También se ha observado que la economía de carrera es mayor en los niños entrenados, que el umbral ventilatorio es mayor y que la concentración de lactato es menor, lo cual podría deberse a un incremento en la capacidad oxidativa.

En relación con los estudios longitudinales, la limitada evidencia sugiere que el incremento en el  $VO_{2máx}$  puede atribuirse a los incrementos en el gasto cardíaco máximo ( $Q_{máx}$ ) y en el volumen latido máximo ( $SV_{máx}$ ). Estas adaptaciones pueden deberse a cambios morfológicos y funcionales en el miocardio (Tolfrey, 2008). Sin embargo, podrían existir factores cardíacos y extra – cardíacos que podrían explicar este incremento y que no son del todo claros.

### **1.1.2. Respuestas del Sistema Cardiovascular al entrenamiento de la Aptitud Aeróbica (o Resistencia) en relación con la Maduración y el Crecimiento**

Durante ejercicios progresivos hasta el agotamiento, el aumento de la Frecuencia Cardíaca es relativamente lineal hasta que se alcanzan altas intensidades de ejercicio (75% del  $VO_{2píco}$ ) en donde los valores muestran una pequeña declinación. Como en los adultos, este aplanamiento de la curva Frecuencia Cardíaca – Carga se observa en casi todos los niños (Rowland, 2008).

Es en este momento en donde debemos desmitificar la famosa ecuación de estimación de la Frecuencia Cardíaca Máxima en los niños ( $220 - \text{Edad}$ ). Básicamente porque la Frecuencia Cardíaca Pico durante un test progresivo se mantiene estable a lo largo de los años pediátricos, al menos, hasta finales de la pubertad. Esto significa que este tipo de ecuación no es aplicable en niños.

Ahora bien, en relación al Volumen Latido, las consideraciones sobre éste deben realizarse en base al ajuste del mismo por el tamaño corporal, ya que el volumen de sangre expulsado por latido está estrechamente relacionado con el tamaño ventricular y, por extensión, con el crecimiento somático. Los limitados datos en este sentido sugieren que expresar el Volumen Latido y el Gasto Cardíaco (Q) en relación con el área de superficie corporal es una forma adecuada para “normalizar” los valores y realizar comparaciones interindividuales (Rowland, 2008). En este sentido se ha reportado que el incremento en el Gasto Cardíaco (Q) y en el Volumen Sistólico (VS) es directamente proporcional a los cambios en el área de sección cruzada de niños durante la realización de ejercicios submáximos (Armstrong y Welsman, 2002).

En cambio, durante ejercicios en posición erguida, el Volumen Sistólico (VS) se incrementa inicialmente entre un 30% y un 40% por encima de los valores pre – ejercicio, pero luego de alcanzar

cierta intensidad ( $> 50\%$  del  $VO_{2\text{pico}}$ ), el Volumen Sistólico (VS) se estabiliza y se mantiene estable hasta el punto del agotamiento.

En niños y en adultos, el incremento en el Gasto Cardíaco (Q) está vinculado con las demandas metabólicas ( $VO_2$ ) de los músculos activos. En este sentido, el índice del Gasto Cardíaco Pico (el Gasto Cardíaco ajustado por el área de superficie corporal) en niños es de aproximadamente  $10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ .

### 1.1.3. Respuestas Metabólicas al entrenamiento de la Aptitud Aeróbica (o Resistencia) en niños

En reposo, las concentraciones de Adenosin Tri Fosfato (ATP) son de aproximadamente  $5 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de peso húmedo de músculo, lo cual no cambia con la edad y con valores similares a los reportados para los adultos. En un estudio Eriksson y Saltin (1974) mostraron que la concentración de ATP se mantuvo inalterada luego de 6 minutos de ejercicio submáximo, pero se observó una leve reducción luego del ejercicio máximo (Eriksson y Saltin, 1974).

La concentración de Fosfocreatina (PCr) en los niños de 11 años fue de  $15 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  peso húmedo, pero a los 15 años fue un 63% mayor, valor comparable al reportado en adultos en otros estudios. La concentración de PCr se redujo gradualmente luego de las sesiones de ejercicio de intensidad creciente alcanzando valores de  $5 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  luego del ejercicio máximo.

En este sentido en un estudio (Eriksson, 1973) halló que luego del entrenamiento las reservas de ATP y PCr se habían incrementado significativamente. En los niños de 11 años, la concentración de glucógeno en reposo fue de  $54 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  y se incrementó con la edad hasta alcanzar  $87 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  en los niños de 15 años. Con el ejercicio se observó una gradual reducción en las reservas de glucógeno en todos los grupos, pero la reducción fue 3 veces mayor en los niños mayores comparados con los niños de menor edad, lo que sugiere un incremento en la actividad glucolítica con la edad.

A su vez, se ha encontrado un incremento del 29% en la actividad de la Succinato Deshidrogenasa (SDH) y un incremento del 83% en la actividad de la Fosfofructo Kinasa (PFK) luego del entrenamiento. Siendo que, los niveles pre entrenamiento de la SDH y la PFK eran un 20% y un 50% respectivamente más altos que los valores reportados para los adultos. Además se reportó que la actividad de las enzimas glucolíticas no fueron significativamente entre los adultos y los niños. En este estudio tampoco se observaron diferencias en la actividad de la Lactato Deshidrogenasa (LDH). De las enzimas estudiadas (Haralambie, 1982) sólo la citrato sintetasa (CS) no mostró diferencias significativas entre los adultos y los adolescentes, mientras que todas las demás enzimas oxidativas

exhibieron una mayor actividad en los adolescentes. No se hallaron diferencias entre los adultos y los adolescentes respecto de la actividad de tres enzimas del metabolismo de los ácidos grasos pero las enzimas involucradas en el metabolismo de los aminoácidos tendieron a tener una mayor actividad en los adolescentes.

Es decir, la relación de la actividad entre las enzimas glucolíticas / oxidativas fue un 59% mayor en los adultos jóvenes que en los niños. Estos estudios indicarían que los niños tienen una menor actividad de las enzimas glucolíticas, que los adolescentes, pero aunque los datos son menos claros, la actividad de las enzimas glucolíticas de los adolescentes no parece ser significativamente menor que la de los adultos. Por otra parte, la actividad de las enzimas oxidativas indica que los niños son capaces de oxidar piruvato y ácidos grasos libres a una mayor tasa que los adolescentes, y que estos tienen una mayor capacidad oxidativa que los adultos. Por último, y resumiendo, debemos indicar que la actividad glucolítica se incrementa con la edad, al menos hasta la adolescencia y posiblemente en la adultez joven, pareciendo existir una relación independiente (es decir, además de la edad) entre el estatus de maduración y el metabolismo del ejercicio.

### 1.1.4. El desarrollo del Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ )

El efecto que tiene el entrenamiento sobre el desarrollo de la potencia aeróbica máxima ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) durante la niñez y la adolescencia es objeto de estudio de gran interés en la actualidad del conocimiento científico.

En este sentido casi no existen datos acerca del  $VO_{2m\acute{a}x}$  para el período de la niñez temprana (2 – 6 años) pero sí ha sido estudiado en niños y adolescentes de forma longitudinal (Andersen y cols, 1978; Andersen y cols, 1980; Andersen y cols, 1976; Bailey y cols, 1978; Hermansen y Oseid, 1971; Kobayashi, 1978; Rutenfranz, 1981; Sprynarova, 1966) y transversal (Andersen y cols, 1974; Andersen y cols, 1980; Chan y cols, 1976; Chatterjee y cols, 1979; Davies y cols, 1972; Eriksson y Saltin, 1974; Flandrois y cols, 1982; Gaisl y Buchberger, 1977; Ikai y Kitagawa, 1972; Kemper y Verschuur, 1981; Kramer y Lurie, 1964; Matsui y cols, 1972; Nagle y cols, 1977; Nakagawa y Ishiko, 1970; Robinson, 1938; Rutenfranz y cols, 1981; Seliger y cols, 1971; Spurr y cols, 1982; Thiart y Wessels, 1974; Weber y cols, 1976; Wilmore y Sigerseth, 1967; Yamaji y Miyashita, 1977; Yoshizawa, 1973).

En la Tabla 1 podemos observar que de la examinación de los valores obtenidos año por año en estudios longitudinales, revelaron que el  $VO_{2m\acute{a}x}$  expresado en  $L \cdot min^{-1}$  se incrementa con la edad. La única conclusión que puede sacarse de estos datos longitudinales es que el  $VO_{2m\acute{a}x}$  expresado en forma relativa a la masa corporal es generalmente estable. Asimismo, estas tendencias sugieren que

### Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)

los niños incrementan su  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo a la masa corporal con la edad, mientras que las mujeres presentan una reducción del mismo.

Referencia	País	Edad	N	Modo	L.min <sup>-1</sup>	Ml.Min <sup>-1</sup> .Kg <sup>-1</sup>
Andersen, 1978 Andersen, 1980 Andersen, 1976 Rutenfranz, 1981	Noruega	8.4	29	B	1.44	52,7
		9.4	29	B	1.59	51.4
		10.4	31	B	2.02	60.0
		11.4	29	B	2.07	56.9
		12.3	30	B	2.31	58.0
		13.0	29	B	2.70	61.4
		14.0	27	B	2.82	56.6
		15.0	27	B	3.14	56.0
Bayley, 1978	Canadá	8.1	51	T	1.46	56.4
		9.1	51	T	1.72	59.5
		10.1	51	T	1.82	56.9
		11.1	51	T	1.96	56.3
		12.0	51	T	2.18	56.6
		13.0	51	T	2.39	55.1
		14.1	51	T	2.73	54.6
		15.0	51	T	2.94	52.6
Hermansen y Oseid, 1971	Noruega	10.5	20	T	1.96	54.3
		11.5	20	T	2.17	54.7
		12.5	20	T	2.52	58.1
Kobayashi, 1978	Japón (Entrenados)	9.7	7	T	1.29	47.5
		10.7	7	T	1.42	49.8
		11.7	7	T	1.55	49.2

**Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)**

		12.7	7	T	1.77	47.0
		13.7	7	T	2.54	56.9
		14.7	7	T	3.13	63.2
		15.8	5	T	3.00	55.0
	Japón (Desentrenados)	13.2	43	T	1,91	45.0
		14.2	43	T	2.34	48.0
		15.2	43	T	2.61	49.1
Rutenfranz, 1981	Alemania	12.0	28	B	2.33	57.4
		13.0	27	B	2.50	54.1
		14.0	26	B	2.83	52.1
		15.0	27	B	3.05	51.8
		16.0	23	B	3.00	47.1
		17.0	26	B	3.11	47.5
Sprynarova, 1966	Checoslovaquia	10.9	114	T	1.77	48.0
		11.9	114	T	2.05	50.7
		12.9	114	T	2.25	50.5

**Tabla 1.** Estudios longitudinales acerca de la potencia aeróbica máxima en niños. T = Cinta Ergométrica. B = Cicloergómetro.

**1.1.5. Respuesta ventilatoria y control de la ventilación durante el entrenamiento de la Aptitud Aeróbica (o Resistencia) en niños**

Al comienzo del ejercicio progresivo la ventilación se incrementa para regular la presión parcial de dióxido de carbono a través de la alteración de la frecuencia respiratoria y del volumen corriente (Fawkner, 2008) y los cambios en la ventilación son paralelos a los cambios en la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) y del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) hasta intensidades que se aproximan al umbral ventilatorio. Por encima de este, el  $VCO_2$  se incrementa y la ventilación aumenta más que el  $VO_2$ . Subsiguientemente, a medida que la intensidad del ejercicio se aproxima a la máxima se

produce una compensación ventilatoria de la acidosis metabólica lo cual resulta en un incremento de la ventilación que es desproporcionado con el  $VO_2$  y el  $VCO_2$ .

Los niños exhiben una mayor ventilación por kilogramo de masa corporal y una mayor ventilación para una demanda metabólica dada ( $V_E / VO_2$ ) en comparación con los adultos. Esto indicaría que los niños hiperventilan durante los ejercicios submáximos.

En este sentido hay evidencia que respalda una relación causal entre la hiperventilación y un menor "punto de ajuste" de la presión parcial de dióxido de carbono ( $PaCO_2$ ) en comparación con los adultos. En relación con la sensibilidad de los centros respiratorios, se ha observado que los niños tienen una mayor sensibilidad de los centros respiratorios en comparación con los adultos (Gratas – Delamarche y cols, 1993).

Por último, debemos considerar que a mayores intensidades de ejercicio, el incremento en la ventilación corriente se ve atenuado y se estabiliza (alrededor del 50% - 60% de la capacidad vital). En contraste, se ha sugerido que los niños, durante un ejercicio de intensidad creciente, primero dependen en mayor medida del incremento en la frecuencia respiratoria, y que a altas intensidades de ejercicio, el incremento en la ventilación se produce principalmente por cambios en la ventilación corriente, mientras que la frecuencia ventilatoria tiende a estabilizarse.

### 1.1.6. Entrenabilidad de la Aptitud Aeróbica (o *Resistencia*) en niños

Durante varios años ha existido la noción de que hay una edad óptima o un nivel de maduración óptimo en el cual este tipo de entrenamiento sería más efectivo para producir adaptaciones que incrementen el  $VO_{2máx}$ . En efecto, se ha propuesto (Katch, 1983) que existe una edad crítica o punto de maduración crítico cuando el estímulo de ejercicio puede ser más efectivo para producir una adaptación. Así es que autores como Payne (1993) y Rowland (1985; 1992), sugirieron que antes de la pubertad, las respuestas hormonales que inician las adaptaciones anatómicas o fisiológicas al entrenamiento podrían estar reducidas.

Al mismo tiempo la evidencia mostró incrementos en el  $VO_{2máx}$  en los niños entrenados y/o altamente activos que fueron mayores al momento de y luego del pico de velocidad de crecimiento en talla, lo cual respaldaría este concepto previo (Kobayashi, 1978; Mercier, 1987; Mirwald, 1981). Sin embargo, existe evidencia contraria a la idea de que existe una edad crítica para maximizar el grado de mejora del  $VO_{2máx}$  (Daniels, 1971 y 1978).

En resumen, la actualidad del conocimiento científico parecería indicar que el entrenamiento de la aptitud aeróbica (o *Resistencia*) de gran frecuencia, intensidad y duración provocaría el

incremento del  $VO_{2m\acute{a}x}$  en niños y adolescentes, aunque la importancia de cada una de estas variables requiere de mayor investigación. Al mismo tiempo, no resulta claro si existe una edad o nivel de maduración crítico para maximizar las adaptaciones al entrenamiento aeróbico en niños y adolescentes. Por último, de igual importancia, el nivel de  $VO_{2m\acute{a}x}$  pre entrenamiento puede influenciar la magnitud de la mejora en esta variable.

### 1.1.7. Evaluación de la Aptitud Aeróbica (o Resistencia)

En este apartado daremos lugar a la descripción de las posibles evaluaciones que podrían ser utilizadas en la etapa de 12 y 13 años para la evaluación de esta capacidad

¿Por qué no evaluamos antes? Porque consideramos que los niños están en una etapa lúdica en su totalidad en donde el foco de atención debe pasar por la calidad del entrenamiento y no por una evaluación inespecífica.

¿Por qué evaluamos a partir de los 12 años? Debido a que entendemos que estamos entrando en una etapa de maduración, crecimiento y desarrollo pleno y por lo tanto debemos identificar momentos claves dentro de este proceso.

#### 1.1.7.1. Test de Léger Lambert o Course Navette

**Objetivo:** Medir la Potencia Aeróbica Máxima

**Material e Instalaciones:** espacio plano con dos líneas paralelas a 20 metros de distancia y con un margen mínimo de un metro por los exteriores. Reproductor de Audio con alcance suficiente para ser oído por quienes ejecutan el test.

**Desarrollo:** los ejecutantes se colocarán detrás de la línea con 1 metro de distancia entre ellos. Se pondrá en marcha la cinta en el Reproductor de Audio y al oír la señal de salida tendrán que desplazarse hasta la línea contraria (20 Metros) y pisarla para volver hacia la inicial. Se repetirá de forma constante este ciclo hasta que no pueda llegar a pisar la línea en el momento que lo señale la cinta. En ese momento se retirará de la prueba registrando el último “palier” que se haya completado.

**Observaciones:** La línea debe ser pisada en el mismo momento que lo indica la cinta. El  $VO_{2m\acute{a}x}$  se calcula a partir de la velocidad de carrera que alcanzó el ejecutante en el último periodo que pudo soportar, según la siguiente ecuación:

$$VO_{2m\acute{a}x} = 5,857 \times \text{Velocidad (Km/h)} - 19,458$$

1.1.8 Desarrollo de la Aptitud Aeróbica (o *Resistencia*) en el Fútbol Infantil

Edad	Manifestaciones	Objetivos	Medios / Métodos
6 - 7	Capacidad Aeróbica	-Estimulación a través de actividades lúdicas y destrezas  -Lograr que los niños se diviertan  -Autorregulación de la intensidad	-Actividades lúdicas Inespecíficas  -Postas en equipos  -Pistas de obstáculos
8			
9			
10			
11			
12	<b>Diversificación de la Aptitud Aeróbica</b>  1- Baja Intensidad (Capacidad) 2- Media Intensidad (Potencia – 1) 3- Alta Intensidad (Potencia – 2)	<b>Inicio de la Sistematización</b>  -Aumento de la Intensidad  -Actividades lúdicas con incremento de energía / demanda de las destrezas	-Juegos Específicos  -Circuitos Específicos Continuos / Intervalados  -Intermitentes
13		<b>Aumento del Volumen Total</b>  20 % - 30 %  <b>Aumento de la Frecuencia</b>  Volumen Total Capacidad: 4000 Metros  Volumen Total Potencia: 2000 Metros	

### 1.2. Aceleración (o *Velocidad*)

Es la capacidad que permite al jugador la máxima aceleración de su cuerpo y el mantenimiento del máximo adquirido por unidad de tiempo y se expresa en m/s (metros recorridos por segundo). En Fútbol Infantil, ¿Buscamos generar un velocista o un jugador de fútbol que sea veloz?

Nos inclinamos por la segunda cuestión debido a que nuestro objetivo no pasa por alcanzar la mayor velocidad posible en una determinada distancia (lo cual no quiere decir que no utilicemos una evaluación de este tipo para tener un parámetro de referencia) sino que entendemos la necesidad de formar jugadores que sean veloces en las decisiones y ejecuciones en posesión o no de la pelota.

Para esto es necesario que el jugador pueda realizar correctamente cada fase de la carrera y es preciso que las emplee dentro del patrón biomecánico exacto para conseguir una buena eficacia mecánica en cada zancada (Pascua Piqueras, 2011). En este sentido la aceleración no puede ser entendida como una capacidad independiente y pura ya que es necesario para su correcta optimización una fuerza óptima para cada fase de su carrera. Es así que depende de varios factores, aunque el más importante podría ser la *Fuerza* en todas sus manifestaciones. Además del aprendizaje motor, cuyo principal responsable es el Sistema Nervioso Central (SNC) (en los procesos nerviosos para la contracción – relajación muscular, la frecuencia de impulsos y la coordinación general y armónica del movimiento).

Es necesario tener en cuenta que la velocidad de carrera depende de la frecuencia y la longitud de cada zancada. La longitud de zancada es la distancia entre la toma de contacto de un pie en el piso y el apoyo del otro pie, que es el que iniciará el paso siguiente. La frecuencia, en cambio, es igual al tiempo que transcurre entre los dos contactos con el suelo (en m/s); esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\text{Frecuencia} = 1 / T$$

$$T = \text{Tiempo de Contacto} + \text{Tiempo de Vuelo}$$

Precisamente el apoyo del pie en el piso es la única oportunidad que tiene el jugador de aplicar la fuerza necesaria para garantizar la máxima aceleración de desplazamiento (a esto se lo llama Tiempo de Contacto). Por el contrario, se conoce como Tiempo de Vuelo o tiempo de suspensión al lapso de permanencia del cuerpo en el aire, que sucede entre dos apoyos. Por lo tanto:

$$\text{Velocidad} = \text{Longitud de Zancada} \times \text{Frecuencia de Pasos}$$

### 1.2.1. Factores determinantes de la *Velocidad* y la *Rapidez*

#### 1.2.1.1. La genética

Diversos estudios realizados sobre la heredabilidad de las diferentes cualidades físicas cifran entre el 60% y el 80% su grado en las diferentes cualidades. Dentro de la *Velocidad*, estos valores son algo superiores a los determinados para la *Fuerza* y la *Resistencia*.

Los nuevos conocimientos en genética han orientado las investigaciones hacia la búsqueda de los genes implicados en la manifestación de cada una de las cualidades físicas. En este sentido, recientemente se han publicado resultados que asocian a la cualidad de la *Velocidad* con la presencia del gen ACTN3 en el cromosoma 11 y, más concretamente, la presencia de la variante mutante (inactiva) del gen en un tanto por ciento de la población, han permitido asociarlo con diferencias en el rendimiento en las tareas de *Velocidad*.

Los estudios ponen de manifiesto que los individuos mutantes (XX) que no disponen de la facultad de expresar correctamente la proteína actinina 3, importante en la transmisión mecánica de la fuerza en las fibras rápidas, son significativamente más lentos que los individuos homocigóticos y heterocigóticos (RR y RX), que poseen la capacidad de sintetizar correctamente la mencionada proteína.

La ausencia de los mutantes en las poblaciones de alto rendimiento de especialistas en *Velocidad* y su presencia en las de *Resistencia* ha sido evidenciada por varios autores (North). Por consiguiente, puede afirmarse que existe una predisposición genética para el rendimiento en *Velocidad*, como una respuesta diferente a su entrenamiento.

#### 1.2.1.2. La raza

Diversos estudios, sin ser significativos para todas las etnias, ponen en valor diferencias raciales que pueden justificar parte de los resultados hallados. Por ejemplo, se sabe que el mencionado gen ACTN3 se distribuye de 3 formas distintas en varias poblaciones estudiadas (RR, RX y XX). Asimismo se observan diferencias de tipo anatómico o morfológico, antropométrico y fisiológico. Los resultados indicaron que los deportistas “negroides” tenían (para una misma estatura) los brazos más largos, las piernas y caderas más estrechas, los huesos más anchos, los músculos de la pantorrilla más finos y porcentajes más bajos de grasa subcutánea.

En el campo de la *Velocidad*, algunas de estas diferencias pueden asociarse con ventajas en el rendimiento. La *Velocidad* máxima de carrera tiene una alta correlación con la velocidad angular de la flexión y extensión de la articulación de la cadera. Los músculos flexores de la cadera más importantes durante la carrera son el psoas ilíaco y el recto femoral.

Diversos anatomistas y forenses han determinado algunas diferencias biológicas en estos músculos (Hanson, 1999). El músculo psoas suele tener un músculo accesorio, el psoas menor, que se origina en las vértebras T12 y L1 y tiene una incidencia genética diferente. Este músculo está presente en el 87% de los varones caucásicos y tan sólo en el 9% de los negroides. Sin embargo, y quizás para compensarlo, la sección anatómica y fisiológica del psoas mayor en estos últimos triplica a la de los caucásicos. Algunas diferencias en la musculatura extensora de la cadera y en la morfología de la zona lumbar y sacra pueden completar un conjunto altamente beneficioso para los movimientos de la carrera.

En otro estudio, centrado en las propiedades viscoelásticas de los músculos y tendones, también se encontraron diferencias (Fukashiro y cols, 2002). Éstas se observaron únicamente a nivel de la viscosidad muscular, ya que los músculos del tríceps sural resultaron más indeformables y elásticos (estos están implicados en el apoyo del pie en la carrera en los sujetos con predominancia de Fibras Rápidas - FT). Por lo tanto, se puede decir que existen indicios que permitirían un menor tiempo de contacto en el suelo y un menor tiempo de recobro de la pierna.

### 1.2.1.3. La edad y el género

Existe una progresiva disminución del rendimiento en las pruebas de *Velocidad* debido a la edad y a la diferencia asociada con el género. Debido al deterioro que sufre la *Velocidad* con el avance de la edad, esta cualidad será difícil de evaluar si se aísla de las otras capacidades. Comienza por una disminución del 0,2% al 0,3% anual y aumenta hasta tasas del 1% al 1,5% anual a lo largo de las décadas.

Estudios sobre el deterioro de la *Fuerza* y la *Potencia* muestran un descenso de la *Potencia* superior al descenso de la *Fuerza* en poblaciones de más de 65 años (3,5% vs 1,5% anual). El descenso de la función neuromuscular se evidencia en el aspecto neural debido a una reducción del número y tamaño de las motoneuronas, una menor mielinización de los axones y otras alteraciones morfológicas (Aagaard, 2000).

### 1.2.1.4. Factores antropométricos, anatómicos y fisiológicos

Los aspectos anatómicos y fisiológicos condicionan notablemente la velocidad de movimiento, tanto segmentaria como de desplazamiento. Una talla pequeña siempre ha sido asociada a una mayor rapidez de movimientos en todos los deportes. Es decir, a una mayor frecuencia de movimientos en la locomoción y un menor tiempo en completar un movimiento acíclico. En consecuencia, no es posible hallar un patrón antropométrico sin asociarlo al tipo de deporte y a la técnica del movimiento.

Asimismo existen otros aspectos morfológicos músculo – tendinosos que se han relacionado con una velocidad de carrera elevada. Una mayor longitud de los fascículos musculares en relación con el tamaño de la extremidad en varios grupos musculares, es decir, un mayor número de sarcómeros en serie se ha correlacionado con mejores tiempos en pruebas de velocidad (Kumagai y cols, 2000).

La capacidad de elongación del tendón y de la unión músculo – tendinosa del vasto lateral es otro factor relacionado con una mayor *Velocidad* de carrera (Stafilidis y cols, 2007). En poblaciones de deportistas de *Potencia*, también se ha podido evidenciar una concentración diferente de proteínas estructurales (como la desmina) y variaciones en los subtipos de proteínas elásticas como la titina.

También existen razones fisiológicas. La que se ha documentado más reiteradamente es la diferencia del porcentaje de fibras rápidas en el músculo. Los estudios de biopsias musculares indican una buena correlación ( $r = -0,69$ ) entre un mayor porcentaje de fibras rápidas y un menor tiempo en los 100 metros (Mero y cols, 1981).

Los valores citados en la bibliografía dependen de las diferentes taxonomías histológicas, pero normalmente indican diferencias de un 200% y 300% en los porcentajes de fibras rápidas entre corredores de *Velocidad* y los de *Resistencia*.

También se ha estudiado la implicación del aspecto neural en la *Velocidad*. Algunos de los parámetros cuantificados han sido: el tamaño del axón, el grosor de la vaina de mielina, la velocidad de conducción del nervio, el registro electromiográfico de la diferencia de potencial y frecuencial, la estrategia de inervación y las diversas reacciones reflejas (ondas H y M).

En los deportistas de *Velocidad* y *Fuerza Explosiva* la intensidad del Reflejo de Hoffmann es menor que en los deportistas de *Resistencia*, y sobre todo el cociente entre la onda H y la onda M (respuesta muscular). Esto puede explicarse principalmente por la inhibición presináptica de la interneurona Ia (PSI), relacionada con la coordinación intramuscular que favorece la contracción selectiva de las fibras rápidas. Esta relación también se encuentra según el nivel de activación que

requiere un ejercicio, de manera que a medida que se intensifica la tarea, crece la inhibición presináptica.

### 1.2.1.5. Factores ambientales

La temperatura es uno de los factores ambientales más estudiados en relación a la *Velocidad*. La temperatura ambiente afecta a la temperatura muscular, y ello condiciona diversos aspectos, como la viscosidad y elasticidad muscular. En este sentido, el frío perjudica los resultados de *Velocidad* de carrera y de agilidad.

Por su parte, la altitud permite mejores registros en *Velocidad* de desplazamiento o de salto, lanzamiento y golpeo. Esto se debe a la disminución de la presión atmosférica, la resistencia del aire y a la menor aceleración de la gravedad. Una altitud de 2000 metros disminuye cerca de un 30% la densidad del aire en comparación con una altitud a nivel del mar, lo que implica una mejora cercana a 0,15 segundos en 100 metros.

### 1.2.2. Los tipos de *Velocidad*

Las clasificaciones encontradas sobre los tipos de *Velocidad* coinciden en diferenciar el concepto de *Velocidad* de Reacción de la *Velocidad* de movimiento segmentario (acíclica) y frecuencial (cíclica) y de la *Velocidad* de desplazamiento (cíclica). Entre las últimas, la diferenciación es más difícil en las fases de aceleración y frenado. En la Figura 1 podemos distinguir una clasificación de las subdivisiones de la *Velocidad* Motriz.

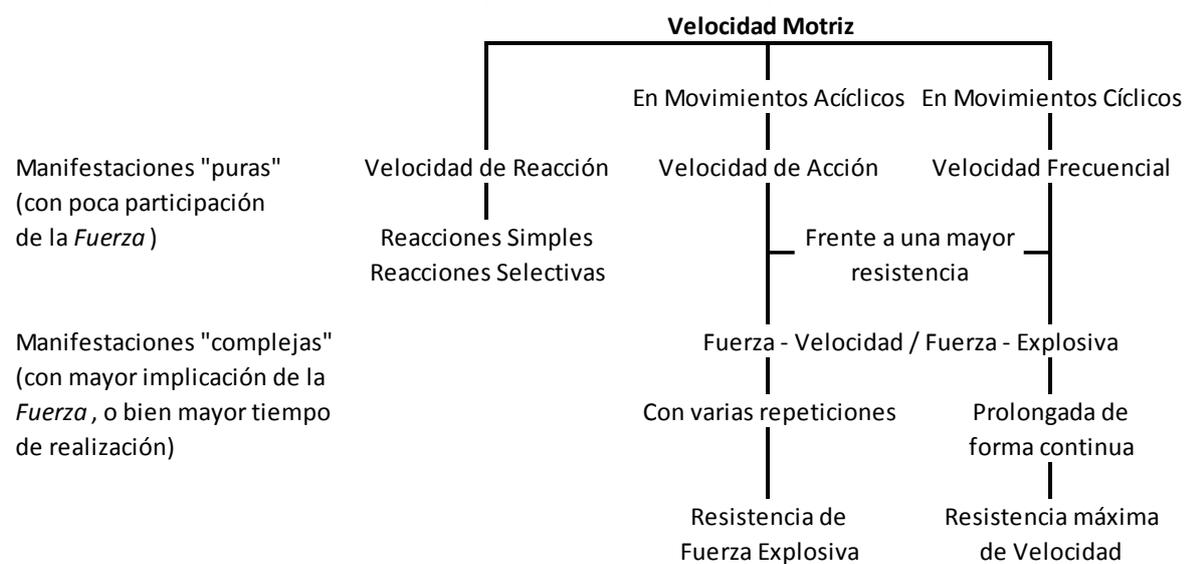


Figura 1. Manifestaciones de la *Velocidad*

### 1.2.2.1. La *Velocidad* de Reacción (Tiempo de Reacción)

Es la capacidad de respuesta en el menor tiempo posible ante un estímulo (por ejemplo, visual, auditivo, etc.).

#### 1.2.2.1.1. La *Velocidad* de Reacción Simple (Tiempo de Reacción Simple)

Es la capacidad de responder mediante una única respuesta determinada previamente ante un estímulo prefijado. La fuente del estímulo, tipo e intensidad, es determinante en la duración. Los estímulos visuales dan tiempos de reacción más lentos que los acústicos y táctiles. Los tiempos promedio en poblaciones entrenadas son: estímulo acústico (de 0,140 a 0,160 segundos), estímulo óptico (0,160 a 0,200 segundos) y estímulo táctil (0,145 segundos a 0,155 segundos). Si se analizan sus fases podemos diferenciar:

- A) Captación del Estímulo:** tiempo que el receptor tarda en captar el estímulo. Es decir, el tiempo que el estímulo tarda en llegar desde donde se produce hasta el receptor.
- B) Aferencia hasta la zona del Sistema Nervioso Central (SNC):** tiempo que el estímulo tarda en recorrer la vía aferente. Es decir, el tiempo que el estímulo tarda en llegar desde el receptor hasta la zona del cerebro correspondiente a cada uno de los nervios sensoriales.
- C) Tiempo de Elaboración de la Respuesta:** es la selección de una respuesta correcta o idónea entre toda la gama de experiencias almacenadas en la memoria. Es la fase del tiempo de reacción que mejor se puede desarrollar a través del entrenamiento. Depende principalmente de la capacidad de concentración (visual, auditiva), de la atención selectiva y de la experiencia.
- D) Tiempo de Transmisión del Impulso Nervioso al Músculo:** tiempo que el estímulo tarda en recorrer la vía aferente hasta llegar a la placa motora. Al igual que ocurre con la Fase B, es un factor muy estable que apenas se puede alterar con el proceso de entrenamiento.
- E) Tiempo de Reacción Motriz o Retardo Electromecánico:** conocida como fase de ejecución o *Tiempo Latente* (Grosser, 1992) y puede mejorarse notablemente mediante el entrenamiento. Abarca desde que el impulso traspasa la placa motora hasta el inicio del movimiento. Ocupa del 15% al 25% del tiempo de reacción total, aunque recientemente Pain y Hibbs (2007) han cifrado esta fase en casi el 40%.

Las primeras 4 fases son las que se denominan tiempo de reacción premotriz. Éste comienza en el momento en que el estímulo acontece y termina en las primeras manifestaciones que aparecen en una Electromiografía (EMG), lo que constituye el 60% - 85% del tiempo de reacción total.

Conceptualmente, este es el verdadero tiempo de reacción en situaciones deportivas, ya que la fase motriz puede ser más larga, en función de una correcta ejecución técnica, posiciones más flexionadas, etc. El retardo electromecánico varía entre 10 m/s a 100 m/s entre los diferentes músculos y de 10 m/s a 50 m/s en el mismo músculo dependiendo de su longitud y grado de tensión previo.

### **1.2.2.1.2. La *Velocidad* de Reacción Compleja (Tiempo de Reacción Discriminativo o Complejo)**

Es la capacidad de responder a 2 ó más estímulos prefijados con 2 ó más respuestas también determinadas previamente. También puede diferenciarse en tiempo de reconocimiento y tiempo de decisión. Incluso la variación de la intensidad del estímulo puede provocar que una ejecución simple se transforme en una compleja.

En 1952, Hick formula la ley que lleva su nombre, que establece una relación directa entre el número de estímulos posibles y el mayor tiempo de decisión. Esta relación no es lineal, y cuando las variables aumentan, el tiempo de reacción ya no crece tanto. El aumento de la experiencia deportiva suele generar una mayor capacidad de tomar antes las decisiones y con menor índice de error.

El hecho de que los deportistas experimentados presenten un mayor aprendizaje motor se traduce en una mejor atención selectiva, que discrimina la información relevante y, disminuye, por lo tanto, las variables que se toman en cuenta para decidir.

### **1.2.2.2. La *Velocidad* y/o rapidez de movimiento**

La rapidez es la capacidad de lograr una alta velocidad de movimiento en ausencia de resistencia externa y de fatiga. La mayoría de las manifestaciones de la rapidez dependen poco del nivel de condición física, sobre todo en edades escolares, aunque si lo hacen de las características del Sistema Nervioso Central (SNC) del sujeto.

### **1.2.3. Entrenamiento de la *Velocidad* de Reacción**

La velocidad de reacción simple puede mejorarse de un 10% al 20% pero sobre todo puede disminuir su variabilidad. Las fases 1, 3 y 5 parecen ser las que permitirían la mejora. Para mejorar los movimientos con reacciones simples Zaciorskij (1995) recomienda tres métodos: parcial o analítico, sensorial y de repeticiones.

El entrenamiento puede organizarse con ejercicios parciales, con los que se conseguiría mejorar y automatizar los movimientos iniciales, sin estímulo de inicio. Mejora de la habilidad sensorial trabajando con el estímulo específico con variaciones y acciones diversas como por ejemplo, las salidas desde diferentes posiciones. Por último, la asociación estímulo – respuesta específicos, con control del resultado y en situaciones similares a las de competición. El último factor es añadir una carga adicional con dificultades de ruido, ambiente, etc. Este trabajo no debe prolongarse por más de 3 a 4 semanas ya que puede producir fatiga neural.

La velocidad de reacción compleja se basa en la mejora de la percepción y la identificación del estímulo. A menudo, la respuesta se inicia de forma anticipada, porque es más rápido modificarla que esperar la identificación del estímulo para actuar. Hay una gran cantidad de acciones deportivas que no disponen del tiempo normal de procesamiento y acción. En las actuaciones de los arqueros de fútbol ante un penal por ejemplo, el deportista experto obtiene información relevante en las fases previas de los lanzadores. Esto le permite tomar decisiones que se anticipan o se realizan simultáneamente al lanzamiento, a la espera de confirmar o modificar la información en el camino de aproximación. En todos estos casos, el tiempo desde la salida del objeto hasta alcanzar al deportista es menor a las 400 milésimas de segundo. Es decir, se encuentra muy cerca del límite temporal de acción ante un estímulo simple.

El entrenamiento de la mejora de la velocidad de reacción compleja debe conseguir un aprendizaje perceptivo y de toma de decisiones. La especificidad de las situaciones y acciones es insustituible en este proceso. En la primera fase se puede comenzar de la misma forma que en las reacciones simples, aunque ampliando los movimientos posibles y los tipos de estímulos inespecíficos, y dentro del marco del desarrollo de la velocidad de reacción compleja previamente programado. Posteriormente, es preciso añadir e integrar, en el caso de las tareas abiertas y de regulación externa, el aprendizaje perceptivo y de toma de decisiones.

### **1.2.4. El entrenamiento de la velocidad de movimiento: salto, lanzamiento y golpeo**

Mejorar la velocidad de movimiento en este tipo de movimientos acíclicos suele asociarse a un incremento de la potencia específica de los músculos agonistas y a la mejora de la técnica de ejecución. Por lo tanto, se emplea un incremento del trabajo de fuerza específico para incrementar la potencia, y un trabajo de reprogramación del gesto técnico, que incrementa considerablemente la coordinación intermuscular gracias al aumento de la velocidad de la coordinación.

Generalmente, la fuerza inespecífica no puede correlacionarse con el rendimiento en muchas de estas tareas. Se han observado correlaciones muy bajas entre la fuerza de los extensores de la rodilla

y la velocidad de remate en fútbol. Los ejercicios especiales auxiliares y los ejercicios especiales tratan de reproducir la parte de la dinámica interna y coordinativa del movimiento.

En el primer caso se aleja del estereotipo externo del movimiento y en el segundo caso se deben reproducir convenientemente las partes fundamentales del movimiento deportivo, sin que la carga altere la coordinación específica. Este tipo de tareas se integran en el entrenamiento mediante complejos de ejercicios auxiliares combinados con especiales, o especiales combinados con el movimiento competitivo.

El ejercicio deportivo ligeramente modificado es el siguiente medio de entrenamiento. Normalmente, se suele combinar el ejercicio deportivo en condiciones estándar con el ejercicio facilitado y/o dificultado. Esto mejora la activación selectiva de las fibras musculares implicadas en el movimiento, que a su vez mejora la sinergia y la secuencia adecuada de contracción. Para mejorar la realización del ejercicio deportivo en condiciones estándar, se emplea la huella de activación que el ejercicio más intenso crea (potenciación post activación o PAP), lo que da lugar a los denominados métodos de influencia variable e influencia conjugada de Kuznetzov (1989).

La intención es romper el estereotipo dinámico excesivamente fijado (también llamado barrera de velocidad) e incrementar la fuerza y las coordinaciones específicas que están integradas en el gesto técnico. Para ello, se utiliza la huella de facilitación que las variaciones sobre la situación estandarizada crean.

La variación del ejercicio dificulta o facilita el mismo. Es importante tener en cuenta que si es excesiva causa un deterioro técnico y coordinativo, ya que puede aparecer otro programa que interfiera con el correcto, y la variación insuficiente no produce ningún estímulo de adaptación. En cada movimiento hay factores que determinan los umbrales de trabajo óptimos. Hay acciones que comprometen los límites articulares y su modificación incrementa el riesgo de lesión. En todo movimiento coordinado hay eslabones más débiles en la cadena que condicionan o limitan, ya que el organismo los protegerá cambiando la secuencia de coordinación o aumentando el uso de los músculos sinergistas.

La regla de un 10% para el límite de deterioro de la acción (no confundir con el porcentaje de la carga o peso añadido) es válida para el ejercicio competitivo dificultado, pero en ejercicios específicos y auxiliares este porcentaje puede aumentarse. No obstante, dependiendo del ejercicio, puede resultar excesiva en cuanto a la facilitación. Se ha observado que en la hipervelocidad de carrera ese límite es excesivo ya que genera un deterioro técnico e incrementa innecesariamente el riesgo de lesión.

El método de influencia variable para el desarrollo de la velocidad incluye la realización de 1 ó 2 acciones en situación facilitada seguidas de 1 ó 2 acciones en situación estándar.

### **1.2.5. Consideraciones Metabólicas respecto de la *Velocidad***

A continuación desarrollaremos cuestiones de vital importancia para la correcta programación de esta capacidad.

#### **1.2.5.1. Producción de Energía con prevalencia Citoplasmática en edades Infantiles**

En este tipo de deportes como el caso del fútbol, el rendimiento de los niños es marcadamente menor que el de los adultos. Esto refleja parcialmente la menor habilidad que poseen para generar energía mecánica a partir de las fuentes de energía química durante la actividad intensa y de corta duración (Van Praagh y Dore, 2002).

No obstante esto, los niños poseen la capacidad de recuperarse más rápidamente que los adultos luego de carreras de alta intensidad (Ratel y cols, 2004, 2006a). Esto posiblemente se deba a una más rápida resíntesis de fosfocreatina (PCr), una mayor capacidad oxidativa, una mejor regulación del equilibrio ácido – base, un más rápido ajuste de los parámetros cardiorrespiratorios y una menor producción y/o mayor remoción de los subproductos metabólicos (Ratel, 2003, 2006b).

#### **1.2.5.2. Determinantes del Rendimiento prevalentemente Citoplasmático de Alta Intensidad**

Entre las variables que determinan el rendimiento de máxima intensidad se encuentran las relaciones fuerza – longitud, fuerza – velocidad y potencia – velocidad. Así como también, la composición de los tipos de fibras musculares, el tamaño, la geometría muscular y las dimensiones musculares. Al mismo tiempo los factores genéticos explican aproximadamente el 50% de la varianza total en el fenotipo de rendimiento prevalentemente citoplasmático de corta duración.

Si bien en los adultos son múltiples los determinantes del rendimiento de este tipo, en los niños los principales factores podrían resumirse en:

- Actividad de las enzimas limitantes del metabolismo prevalentemente citoplasmático.
- La masa muscular.
- La composición del tipo de fibras musculares.

### 1.2.5.3. Determinantes del rendimiento prevalentemente Citoplasmático en relación con el Crecimiento.

Algunos de los determinantes morfológicos, fisiológicos y bioquímicos de este tipo de rendimientos cambian durante el crecimiento (Malina y Bouchard, 1991). Por ejemplo la masa muscular se incrementa con la edad, particularmente con el rápido crecimiento adolescente en los varones y esto tiene una consecuencia directa sobre la producción absoluta de potencia que puede ser generada. El contenido de ATP y de PCr en los músculos también se incrementa durante el crecimiento.

Además, los niños no son capaces de alcanzar altos niveles sanguíneos o musculares de lactato durante el ejercicio máximo en comparación con los adultos. Consistentemente tampoco son capaces de generar o sostener altos niveles de acidosis.

Estos factores limitantes podrían deberse a la limitada actividad enzimática de la vía energética (glucógeno, fosforilasa, Fosfofructokinasa –PFK– y LDH). Este nivel de maduración del sistema endócrino incide sobre el nivel potencial de los niños enfrentarse a esfuerzos del tipo prevalentemente citoplasmáticos. Las principales enzimas de esta vía energética, aparecen en menor cantidad y, al mismo tiempo, son menos activas. En este sentido la actividad de la Fosfofructokinasa (PFK), en los niños de entre 11 y 13 años es entre un 30% y un 50% menor que en los adultos (Berg y Keul, 1988).

Relativamente pocos estudios se han realizado sobre el desarrollo de esta capacidad de trabajo en niños adolescentes. Tal es el caso de las investigaciones de Blimkie y Bar – Or (1996) que apuntan a la capacidad absoluta de un niño de 8 años que es de un 45% a 50% menor del valor que puede alcanzar un niño de 14 años. Mientras que la capacidad relativa está alrededor del 65% al 70% en la misma comparación etárea.

Todo esto corrobora que biológicamente el niño tiene una menor capacidad glucolítica, es decir, está menos adaptado para este tipo de esfuerzos que el adulto.

### 1.2.6. Evaluación de la *Velocidad*

La evaluación de los distintos factores que determinan la velocidad se realiza principalmente con sistemas de fisiología (como las biopsias musculares, los electromiogramas, las mediciones de los reflejos, etc.). Un método reciente que puede aportar información es la mecanomiografía, que permite la obtención de varios parámetros de cada músculo por separado.

Sin embargo los tests de campo siguen practicándose. Su principal inconveniente es que tiene una duración relativamente breve (5 a 15 segundos), lo que conlleva la necesidad de efectuar un cronometraje preciso tanto en la salida como en la llegada. La mayor fuente de variación se produce en la salida, debido a que todavía no se ha conseguido cronometraje plenamente electrónico. Hay que recordar que dependiendo de cómo ésta se efectúe (al estímulo, cronometrando al movimiento o pasando una célula delante del deportista) se pueden generar diferencias hasta de un segundo. Por lo tanto, es fundamental crear unos protocolos estables en función de los medios de que se disponga.

### **1.2.6.1. Los tests de control de la Velocidad de Reacción**

Los tests de control más empleados requieren un cronómetro milesimal y diferentes formas de presentar los estímulos. El test más simple sin material consiste en dejar caer un elemento y comprobar los centímetros que desciende hasta agarrarla. Los demás tests requieren aparatos más sofisticados.

### **1.2.6.2. Los tests de control de la Velocidad Segmentaria, cíclica frecuencial o acíclica**

A continuación se enumeran algunos de los tests más empleados para valorar estos tipos de *Velocidad* (Mackenzie, 2005):

- Tapping Test
- Hexagonal Obstacle Test
- Zig – Zag Test
- 505 Agility Test
- Illinois Agility Run Test
- Lateral Change of Direction Test
- Quick Feet Test
- Burpee Test
- “T” Drill Test
- Shuttle Run Test

Uno de los problemas de estos test es aislar la dependencia de los test de velocidad de desplazamiento, por ello generalmente se emplea más de un test. Otro tipo de pruebas son las que se crearon para determinar la velocidad de reacción ante estímulos variables. Sin embargo, los protocolos están poco normalizados.

Otro de los inconvenientes que todavía se encuentra es la adaptación de las medidas inglesas y el sistema métrico. La mayoría de los tests se definieron en yardas y se aplican también en metros, redondeando las yardas (0,91 metros) como metros. Esto genera diferencias del 10% en los recorridos, que se deben transmitir a los tiempos de valoración.

### 1.2.6.3. Los tests de control de la Velocidad de Desplazamiento

Para evaluar la *Velocidad* de Desplazamiento, los tests más frecuentes son:

- 10 Stride Test, 30 Meters
- Acceleration Test, 60 Meters
- Speed Test
- Shuttle Run Test, 150 Meters
- Endurance Test, 40 Meters
- Sprint Test, 30 Meters
- Sprint Fatigue Power Maintenance Test, Flying 30 Meters
- LAS (Lactic vs Sped)
- Wingate Anaerobic 30 Cycle Test
- 35 Meters Speed Test
- Multiple Sprint Test

Una vez más, la fiabilidad de los medios de cronometraje condicionará estos tests. No obstante, si se dispone de sistemas de células fotoeléctricas o cámaras de alta velocidad, el problema se reduce. Uno de los tests más empleados para valorar tanto la *Aceleración* como la *Velocidad* máxima en deportistas no especialistas de atletismo es el test de 40 Metros, que controla los tiempos parciales mediante barreras de células fotoeléctricas, midiendo de esta forma la *Aceleración* y la *Velocidad* lanzada.

1.2.7. Desarrollo de la Velocidad (o *Aceleración*) en el Fútbol Infantil

Edad	Manifestaciones	Objetivos	Medios / Métodos
6 - 7	Reacción Desplazamiento	-Velocidad de Reacción (Estímulos acústicos y ópticos)	-Juegos Inespecíficos
8		-Velocidad Cíclica y Acíclica	-Postas en Equipos
9		-Velocidad Frecuencial	-Juegos con Obstáculos
10		-Velocidad de Reacción (Estímulos acústicos y ópticos)	-Juegos Específicos
11		-Velocidad Cíclica y Acíclica	-Juegos Inespecíficos
		-Velocidad Frecuencial y de Movimiento	-Postas en Equipos -Juegos con Obstáculos
12		-Velocidad Simple y Gestual	-Juegos Específicos -Juegos Inespecíficos -Postas en Equipos
	-Velocidad Frecuencial y de Movimiento -Velocidad Gestual -Iniciación a los gestos técnicos de la carrera -Movimientos repentinos de Aceleración y Desaceleración -Agilidad y Rapidez Multidireccional -Encadenamientos		
13	-Velocidad Simple	-Juegos con Obstáculos -Repeticiones	
	-Velocidad Frecuencial -Velocidad Gestual -Desarrollo de los gestos técnicos de la carrera lineal y lateral -Movimientos repentinos de Aceleración y Desaceleración -Agilidad y Rapidez Multidireccional -Encadenamientos		

### 1.3. Fuerza

Tradicionalmente el entrenamiento de la *Fuerza* se ha asociado a la práctica de actividades como el culturismo, la musculación o el levantamiento de peso. No obstante eso, las evidencias científicas de los últimos 30 años demuestran sus beneficios sobre el rendimiento deportivo y la salud, siempre que se aplique en forma adecuada y se tengan en cuenta las necesidades y objetivos particulares de cada persona (Pedersen, 2006).

La programación y el control del entrenamiento de *Fuerza* requiere que el entrenador sepa identificar la dosis correcta de entrenamiento para alcanzar los objetivos perseguidos, favorecer mejoras continuas y evitar el sobreentrenamiento. (Naclerio y cols, 2011)

#### 1.3.1. Programación y Control de los Entrenamientos de *Fuerza*

Para que un programa de entrenamiento de *Fuerza* tenga éxito, es necesario conocer y tener un adecuado manejo de dos tipos de variables que el entrenador utiliza para programar (o variables de programación) y las que le sirven para controlar el desarrollo de los entrenamientos (o variables de control).

##### 1.3.1.1. Variables de Programación

Dentro de estas variables, se distinguen dos tipos, íntimamente relacionadas e independientes entre sí.

###### 1.3.1.1.1. Variables Mecánicas

Son aquellas que determinan la zona corporal a entrenar, es decir, donde se van a producir los efectos de los entrenamientos. Estas variables influyen en los aspectos cinéticos y cinemáticos, ya que comprenden la selección de los medios (pesos libres, bandas elásticas, etc.) y de los ejercicios, así como el orden en que éstos se realizarán en cada sesión.

###### 1.3.1.1.1.1. Medios de Entrenamiento

Son los dispositivos utilizados para entrenar. Según la forma o características cinéticas por las que cada medio aplica fuerzas sobre el sistema neuromuscular, se han distinguido 13 medios de

entrenamiento de *Fuerza* (Naclerio, 2005; Siff, 2004). Cabe destacar que no todos podrán ser aplicados en el Fútbol Infantil.

### 1.3.1.1.1.2. Tipos de ejercicios

Según el grado de similitud con el gesto deportivo y su influencia sobre el rendimiento, los ejercicios pueden clasificarse en:

- **Ejercicio Deportivo:** constituyen los mismos gestos del deporte, no sólo desde el punto de vista mecánico sino también del de las condiciones de espacio, situación y reglamento de competición.
- **Ejercicios Especiales:** comprenden acciones muy similares al gesto deportivo, pero que se realizan en situaciones diferentes a las de competición. Los lanzamientos sin adversarios o con implementos más ligeros o pesados, la práctica de jugadas preparadas y los juegos en espacios reducidos son algunos ejemplos.
- **Ejercicios Auxiliares:** son ejercicios que sirven para mejorar el rendimiento físico en general, cuya mecánica de ejecución es significativamente diferente del gesto deportivo. Estos, a su vez, se clasifican en (Bompa, 1995):

-**Ejercicios Motores Principales:** son los que se consideran más importantes para mejorar el rendimiento deportivo. Suelen aplicarse durante la mayor parte de la temporada e incluso en el periodo competitivo para mantener los niveles de fuerza. En general, son ejercicios multiarticulares con los que se activa significativamente la musculatura central que está vinculada a la estabilidad de la columna vertebral y la pelvis, como por ejemplo la sentadilla o la cargada.

-**Ejercicios Suplementarios:** son similares a los anteriores, aunque su importancia para mejorar el rendimiento es algo menor. Se aplican para fortalecer ángulos o zonas menos entrenadas por los ejercicios principales. Muchos pueden pasar de ser Motores Principales a Suplementarios y viceversa. Esto depende de las similitudes mecánicas que mantengan con los gestos específicos del deporte y de las necesidades que demuestre cada deportista en cada etapa o periodo de su preparación. Por ejemplo, el Split frontal saltando puede considerarse un ejercicio principal para un jugador de fútbol y, en cambio, ser suplementario para un jugador de vóley.

-**Ejercicios Asistentes:** se aplican para fortalecer zonas musculares específicas, evitar desequilibrios musculares o prevenir la incidencia de lesiones. 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 los isquiosurales y el cuádriceps, o la estabilidad de la columna y la pelvis que dependen en gran medida del nivel de la fuerza de la musculatura abdominal y lumbar) (Youdas y cols, 2007).

Un ejemplo son los ejercicios abdominales, que se emplean para mantener o desarrollar la fuerza de los músculos estabilizadores profundos y externos de la columna, o los ejercicios excéntricos (como la caída nórdica) cuya aplicación ocasiona adaptaciones positivas en la musculatura isquiosural que reducen la incidencia de lesiones en deportistas de conjunto.

### 1.3.1.1.1.3. Orden de ejecución de los ejercicios

Diversos estudios han demostrado que, independientemente de las características mecánicas de los ejercicios (multiarticular o monoarticular), los que se realizan al inicio del entrenamiento muestran un mayor dominio técnico y alcanzan mayores beneficios respecto que los que se realizan al final (Simao y cols, 2005).

No obstante, el orden de los ejercicios siempre debe organizarse en función de los objetivos que se persigan. En este sentido se propone modificar el orden de los ejercicios en función de los objetivos de cada periodo de la temporada (Hasegawa, 2002):

- En la fase de adaptación anatómica e hipertrofia muscular comenzar con los ejercicios que fortalecen las zonas más débiles.
- En la fase de fuerza máxima comenzar con los ejercicios motores principales.
- En la fase de preparación específica comenzar con los ejercicios que sean más similares a las acciones deportivas.
- En la fase de competición comenzar con los ejercicios que más se parezcan al gesto deportivo, en donde se entrena la fuerza que se manifiesta específicamente en el deporte.

Por su parte, Fleck y Kraemer (2007) recomiendan comenzar con los ejercicios multiarticulares más complejos y finalizar con los monoarticulares. No obstante, los ejercicios que se están aprendiendo siempre deben realizarse sin fatiga y, por lo tanto, van al inicio de la sesión. Por otro lado, si en una misma sesión se entrenan diferentes manifestaciones de la *Fuerza*, en primer lugar deben entrenarse la *Fuerza Explosiva o Potencia*, en segundo lugar la *Fuerza Máxima* y por último la *Fuerza Resistencia*.

### 1.3.1.1.2. Variables Fisiológicas

Son las variables que determinan el efecto del entrenamiento sobre el organismo, desde el punto de vista funcional (aumento de fuerza, resistencia, potencia, etc.) y morfológico (grado de hipertrofia). Estas variables están definidas por la intensidad, el volumen, la densidad, la frecuencia y la duración de los entrenamientos.

#### 1.3.1.1.2.1. Intensidad

Constituye una variable esencial y concreta que marca la orientación del entrenamiento y, por lo tanto, necesita ser cuantificada de forma objetiva para reflejar el grado de estrés muscular producido en cada esfuerzo (Graham, 2002).

La intensidad de los ejercicios de *Fuerza* ha sido comúnmente asociada con el porcentaje de peso utilizado (Fleck, 1999; Wernbom y cols, 2007), aunque cuando además del peso se tiene en cuenta la velocidad de movimiento, la intensidad podría estimarse con mayor precisión por medio de la potencia mecánica producida (Knutten, 2007).

Esta última consideración es aplicable a los ejercicios de empuje o tracción, como la sentadilla o press de banco, donde se observa una relación inversa y directamente proporcional entre la fuerza y la velocidad (Siff, 2004). En estos ejercicios, al movilizar de forma explosiva pesos ligeros (30% al 60% de la Repetición Máxima –1RM-), el grado de esfuerzo realizado se relaciona con la potencia mecánica alcanzada, ya que aunque el esfuerzo es máximo, la fuerza aplicada (N) es relativamente baja. No obstante, con pesos mayores al 60% con pesos máximos, el grado de estrés muscular se relacionará con el peso movilizado (% 1 RM), que exigirá la aplicación de altos niveles de fuerza, mientras que la potencia mecánica disminuye progresivamente a medida que los pesos se incrementan. Esta caída de la potencia mecánica se debe fundamentalmente a la reducción progresiva de la velocidad de movimiento, que llega a ser cercana al 85% al 90% respecto de la velocidad alcanzada con pesos muy ligeros (Naclerio, 2008).

A diferencia de los ejercicios de empuje o tracción, en los ejercicios secuenciales (levantamientos olímpicos), si bien la fuerza y la velocidad muestran una relación inversa, la caída de esta última (a medida que aumenta el peso movilizado) no es tan pronunciada y, por lo tanto, la potencia crece hasta alcanzar los valores más altos con pesos superiores al 70% del 1 RM (Naclerio, 2008). De todas formas, aunque en los deportistas de mayor nivel, la potencia podría reflejar adecuadamente la intensidad del ejercicio (Garhammer, 1993), el hecho de que las cargas sean siempre movilizadas con

## Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)

la mayor velocidad y una ejecución técnica correcta permite asociar la intensidad con el porcentaje de peso movilizado (% 1 RM) (Siff, 2004).

### 1.3.1.1.2.2. Zonas de manifestación de la fuerza

Las relaciones establecidas entre el peso (% 1 RM), la velocidad y la potencia en cada tipo de ejercicio (secuencial o de empuje) determinan zonas de manifestación de la fuerza que se diferencian fundamentalmente por la intensidad de los esfuerzos realizados.

En los ejercicios de empuje o tracción, la relación entre el nivel de fuerza, la velocidad y potencia que se alcanzan con pesos ligeros a máximos permite distinguir cuatro zonas o manifestaciones de la fuerza.

**Zonas y Manifestaciones de la Fuerza (Naclerio, 2011)**

Zona de Entrenamiento	Resistencia de Pesos Bajos	Resistencia de Pesos Altos	Fuerza Máxima	Fuerza Potencia	Fuerza Explosiva
% 1 RM	30% - 65%	65% - 80%	80% - 100%	60% - 80%	30% - 60%
% Máxima Potencia	50% - 89%	50% - 89%	25% - 100%	90%	
Repeticiones por Serie	15	6 - 15	1 - 6	1 - 5	
Serie por Grupo Muscular	6	4 - 12 (Nivel)	1 - 9	3 - 6	
Pausas entre Series	Micro: 30'' - 1' 30'' Macro: 3'	Micro: 30'' - 1' 30'' Macro: 1' 30'' - 5'	1' - 3' (1 - 3 Rep) 5' (Más de 3 Rep)	1' (1 - 3 Rep)	2' (1 - 2 Rep)
				3' (Más de 3 Rep)	3' (Más de 3 Rep)
				Macropausa: 5'	
PSE	3/4 - 10	5/6 - 10	8 - 10	4/6 - 8	0/3 - 5
Adaptaciones	Baja Hipertrofia Adaptación Coordinación Intermuscular	Alta Hipertrofia  MHC  FT	Hipertrofia FT  Reclutamiento UM	Coordinación Intermuscular  Hipertrofia Selectiva FT  VDF	

### 1.3.1.1.2.3. Volumen

La metodología más precisa y apropiada para cuantificar el volumen de entrenamiento de Fuerza consiste en calcular el trabajo total realizado (J). Éste está determinado por el desplazamiento (m) o el tiempo (en el caso de las acciones estáticas) durante el que se aplica un determinado nivel de fuerza (N).

No obstante, el coste de los dispositivos necesarios (plataformas dinamométricas, transductores de velocidad, etc.) y la complejidad de su utilización sólo permite su aplicación con fines de investigación (Mc Bride, 2009). La elevada complejidad para cuantificar las variables que definen el volumen de los entrenamientos de fuerza es la causa principal de que no se haya encontrado un método estandarizado para cuantificarlo. En algunos casos, el volumen ha sido asociado con el tiempo que se está bajo tensión al realizar un esfuerzo (Mc Bride, 2009). Sin embargo, en el campo del entrenamiento de la Fuerza, la forma más utilizada para cuantificar el volumen consiste en sumar la cantidad total de Kilogramos que se ha movilizado en uno o varios entrenamientos. Este valor se calcula multiplicando las series por las repeticiones por los pesos utilizados en cada ejercicio. En este último caso, el volumen resultante constituye un valor absoluto, que refleja la capacidad de un deportista y permite compararlo con otros. Igualmente, no es una variable que pueda emplearse de forma generalizada para programar o periodizar los entrenamientos en diferentes deportistas.

Con el objetivo de cuantificar el impacto del volumen de forma individualizada Naclerio (2004) consideró tener en cuenta la cantidad total de repeticiones y relacionarlas con el porcentaje de peso movilizado. De esta forma, se obtiene un índice o volumen %, que se establece de acuerdo al nivel de Fuerza Máxima (1 RM) de cada persona. Esta variable permite comparar el volumen realizado por cada deportista, independientemente de las diferencias en el rendimiento. Para poder valorar el efecto del entrenamiento es imprescindible asociar el volumen % resultante con la zona de manifestación de la fuerza entrenada.

Ostrowoki (1997) indicó la existencia de un umbral o rango de volumen óptimo (cantidad mínima de trabajo necesario para alcanzar los objetivos), por encima del cual los beneficios no se incrementan y tienden a estabilizarse o incluso a reducirse, debido al incremento de la fatiga, el riesgo de agotamiento o lesión. Aunque los volúmenes inferiores al óptimo pueden inducir mejoras, siempre serán progresivamente inferiores, de modo que pueden llegar al umbral o volumen mínimo, por debajo del cual no se obtienen beneficios. La magnitud de este volumen mínimo u óptimo va a depender de las características de cada persona y de los objetivos que su entrenamiento persiga.

### 1.3.1.1.2.4. Densidad

Esta variable expresa la relación entre la duración del esfuerzo y la longitud de la pausa de recuperación. Tanto la longitud de la pausa como su carácter (activo o pasivo) influyen en el grado de recuperación. Además, determinan variaciones en los procesos energéticos y el tipo de unidades motoras reclutadas a medida que transcurre el entrenamiento (Dí' Slep, 2002).

A medida que las series se suceden, las pausas de recuperación deberían alargarse para poder mantener la intensidad del esfuerzo deseada (según la manifestación sobre la cual estemos trabajando).

### 1.3.1.1.2.5. Frecuencia

Se refiere al número de entrenamientos realizados y al espacio de tiempo que transcurre entre cada sesión (Fleck, 1999). En deportistas de rendimiento que realizan altos volúmenes (repeticiones totales) por sesión, los mejores resultados se obtienen con dos entrenamientos por semana.

Su aplicación en deportes de conjunto depende de los objetivos que se persigan en cada momento de la temporada. En el inicio (si los niveles de Fuerza son bajos) pueden realizarse de 3 a 4 entrenamientos semanales, mientras que en los periodos específicos o competitivos (cuando los niveles de fuerza deben mantenerse y mejorar el rendimiento específico) con 1 ó 2 entrenamientos por semana es suficiente (Fleck, 2002).

### 1.3.1.1.2.6. Duración

Hace referencia al tiempo que dura cada entrenamiento. Si bien está muy relacionado con el Volumen, a diferencia de éste (el cual cuantifica el trabajo realizado), sólo se relaciona con el tiempo que dura la sesión de entrenamiento (Naclerio, 2005).

### 1.3.1.2. Variables de Control

Existen distintos métodos para controlar la intensidad de los entrenamientos de Fuerza (análisis de la respuesta electromiográfica, hormonal, metabólica, etc.) y, aunque son de gran utilidad en el campo científico, tienen poca aplicación práctica. Una posibilidad es controlar el grado de esfuerzo muscular utilizando escalas numéricas que reflejen el esfuerzo expresado al realizar una actividad física (Marcora, 2009), que en el caso de los entrenamientos de Fuerza puede indicarse al final de

cada serie de ejercicios (Robertson, 1997), o al terminar la sesión de entrenamiento completa (Foster, 2004).

Aunque originariamente la Percepción Subjetiva de Esfuerzo (PSE) se aplicó para controlar la intensidad de los entrenamientos de resistencia en ejercicios cíclicos como el ciclismo, la carrera o la natación, esta herramienta también ha mostrado ser de gran utilidad para controlar la intensidad en ejercicios acíclicos como los que se realizan en los entrenamientos de Fuerza (Lagally, 2004).

De acuerdo con Robertson y cols (1997), la percepción de esfuerzo se define como la intensidad subjetiva del ejercicio, el estrés, la disconformidad o el grado de fatiga percibido durante el ejercicio. Estos autores comprobaron la validez de una escala numérica (de 0 a 10) específicamente diseñada con instrucciones verbales y figuras para controlar el grado de esfuerzo determinado por las concentraciones de lactato y el peso total movilizado.

Naclerio y cols (2010) observaron que la Percepción Subjetiva del Esfuerzo (medida por la escala OMNI – RES 0 – 10) es una herramienta útil para controlar la intensidad en cada zona de entrenamiento de la fuerza. Esto es así porque la percepción manifestada al inicio de cada serie (entre la primera y la tercera repetición) refleja el porcentaje de peso (% 1 RM), mientras que las variaciones de la potencia y la percepción subjetiva, expresadas al final de cada repetición de 8 series realizadas hasta el fallo muscular con diferentes porcentajes del 1 RM (30% al 100%), indica el esfuerzo total y la zona de entrenamiento trabajada en cada caso. Es así como podemos observar que la percepción subjetiva aumenta con respecto a los valores iniciales cuando la potencia mecánica disminuye en un 10% en relación con los valores máximos alcanzados al inicio de las series con pesos inferiores al 90% de 1 RM.

### **1.3.2. Métodos de Entrenamiento de la Fuerza**

Los métodos de entrenamiento son las estrategias que se emplean para organizar las sesiones. Estos métodos tienen una especial relación con los objetivos y la zona de fuerza a entrenar. Siguiendo a Kuznetsov (1989), se distinguen tres métodos básicos para entrenar la fuerza:

#### **1.3.2.1. Métodos de Preparación General**

Su objetivo es mejorar el rendimiento de las capacidades básicas, utilizando ejercicios auxiliares para inducir adaptaciones fundamentales a nivel osteoarticular y muscular, que garanticen la realización segura de los entrenamientos específicos.

### 1.3.2.2. Métodos de Preparación Específica

En este método se utilizan los ejercicios auxiliares para mejorar el rendimiento en la misma zona de fuerza que se manifiesta en las acciones deportivas.

### 1.3.2.3. Métodos de Preparación Especial

Su objetivo es mejorar el rendimiento en los ejercicios específicos de cada deporte, utilizando ejercicios especiales y deportivos, en los que la fuerza se aplica en estrecha relación con otra capacidad condicional (*Velocidad, Resistencia, etc.*). Estos métodos comprenden numerosas variantes de aplicación como veremos a continuación.

#### 1.3.2.3.1. Método Complejo

Los efectos de este método se basan en el principio de Potenciación Post Activación (PAP) o Potenciamiento Post Tetánico (PTP), que se refiere al fenómeno por el cual las características de la contracción muscular mejoran considerablemente gracias al efecto de un ejercicio previo. Las diferencias entre PAP y PTP se deben a la naturaleza de estas contracciones. El PTP está causado por medios involuntarios (electroestimulador), mientras que el PAP está inducido por acciones voluntarias (Tillin, 2009).

La complejidad de este método requiere que se programen adecuadamente las variables mecánicas (el tipo de ejercicio) y las fisiológicas (la intensidad, el volumen y la densidad), ya que la configuración de estas afecta significativamente a la respuesta que el ejercicio previo o estimulante genera en el ejercicio posterior o potenciado.

##### 1.3.2.3.1.1. Efecto del Tipo de Ejercicio

Según el tipo de ejercicio que se realice el entrenamiento puede plantearse de las siguientes maneras.

- **Potenciamiento entre Ejercicios Auxiliares:** Por ejemplo 3 repeticiones de sentadilla con el 85% (Fuerza Máxima) (Pausa de Recuperación) y 3 repeticiones de sentadilla balística con el 40% de 1 RM (Fuerza Explosiva y Específica). Esta variante en la que se utilizan dos ejercicios auxiliares muy similares, realizando un volumen bajo en la zona de Fuerza Máxima para estimular mejoras en la zona de Fuerza Explosiva, suele aplicarse en deportes predominantemente explosivos (Tillin, 2009).

- **Potenciamiento desde Ejercicios Auxiliares hacia Especiales:** por ejemplo al realizar 2 series de 3 repeticiones con el 80% de 1 RM en press de banca, luego 4 repeticiones con el 30% en press de banca balístico en multipower, seguidas de 4 lanzamientos de pelota. En esta variante, el ejercicio especial incluido al final de la secuencia debería beneficiarse del potenciamiento creado por los dos ejercicios auxiliares anteriores (Verchoshansky, 1996).
- **Potenciamiento entre Ejercicios Especiales:** por ejemplo al efectuar 3 saltos verticales haciendo el gesto del cabeceo en fútbol, seguidos de otros 3 saltos con un ligero sobrepeso (5% del peso corporal). Esta variante se aplica para mejorar el rendimiento en ejercicios especiales y deportivos, por ello es preciso mantener una acción motora similar entre el ejercicio previo y el posterior (Verchoshansky, 1996). Este puede aplicarse de distintas maneras según las necesidades y los objetivos de cada caso.

Para mejorar la aplicación de fuerzas en los gestos deportivos se emplean pesos superiores a los de competición (como por ejemplo realizar salidas o aceleraciones con arrastres para mejorar la fase de aceleración en deportes de conjunto) (Young, 2006).

Para entrenar diferentes situaciones y mejorar la respuesta motora específica de los deportistas, se utilizan pesos iguales a los que se emplean en competición, pero cambiando la situación de modo de enfatizar acciones más veloces, mejorar la atención, etc. Un ejemplo de esto es cuando se juega al fútbol en espacios reducidos (SSG).

Para mejorar la velocidad de movimiento, la coordinación intermuscular o la capacidad de aplicar fuerza con más velocidad se utilizan pesos inferiores a los de competición. Por ejemplo cuando se lanzan implementos más ligeros o se entrenan en condiciones que facilitan la velocidad de movimiento (carrera en bajada, tracción con tubos de goma, etc.) (Tidow, 1990).

En cualquiera de las variantes anteriores es necesario mantener una adecuada correspondencia mecánica con la estructura del gesto deportivo, ya que un ejercicio especial puede transformarse en auxiliar cuando la sobrecarga es inadecuada (muy alta o muy ligera) y producir variaciones muy significativas con respecto a la acción deportiva específica.

### **1.3.2.3.1.2. Efecto de la pausa de recuperación entre el ejercicio estimulante y potenciado.**

La longitud de la pausa depende fundamentalmente de la intensidad y del volumen del ejercicio previo. Después de las acciones cortas e intensas se han observado mejoras significativas en el salto

vertical. No obstante, otros estudios muestran efectos distintos, en los que no se producen cambios o se reduce el rendimiento, incluso con pausas más largas pero con volúmenes de ejercicios previos más elevados (Tillin, 2009).

Los estudios actuales no son concluyentes en lo referente a como programar adecuadamente la intensidad, el volumen y la duración de las pausas para lograr un potenciamiento más efectivo. Únicamente recomiendan realizar pausas mínimas o cortas después de llevar a cabo un bajo volumen de ejercicios potenciadores (1 a 2 repeticiones) e ir alargando la pausa a medida que el volumen se incrementa (Tillin, 2009). La duración de las pausas que se aplican en el método complejo oscila desde las mínimas o muy cortas (15 segundos) hasta las que pueden durar horas (Saez Saez de Villareal, 2007). De esta forma podemos observar cuatro tipos de pausas para aplicar el método complejo en una sesión de entrenamiento:

- **Inmediata (<30 Segundos):** este tipo de pausa mejora el rendimiento de la potencia cuando la diferencia de los pesos entre los ejercicios previos y posteriores no es muy elevada y se mantienen dentro de la misma zona de entrenamiento de la fuerza.
- **Corta (Entre 30 Segundos y 2 Minutos):** del mismo modo que en el caso anterior, sólo se han observado efectos positivos, cuando la diferencia entre los pesos movilizados entre el ejercicio previo y el posterior no es muy elevada y ambos ejercicios se realizan en la misma zona de entrenamiento de la fuerza.
- **Media (2 Minutos hasta 5 Minutos):** estas longitudes de pausa han mostrado resultados contradictorios. Parece ser que después de llevar a cabo 2 a 3 series de 2 a 3 repeticiones de un ejercicio con pesos altos, la pausa mínima aconsejada antes de realizar un ejercicio explosivo debe ser de 4 a 5 minutos (Dochety, 2004).
- **Larga (5 Minutos hasta 20 Minutos):** en este caso, la sesión de entrenamiento debe organizarse en bloques concentrados, en los que se agrupan los ejercicios con características similares. Una vez que los ejercicios se han llevado a cabo, se debe dejar una pausa algo más larga para proseguir con otro grupo de ejercicios más específicos. Un ejemplo: se plantean dos bloques de trabajo y en el primero se programan dos ejercicios auxiliares. El primero se ejecuta en la zona de Fuerza Potencia y el segundo en la zona de Fuerza Explosiva. Una vez que se ha finalizado este primer bloque, se dejan 15 minutos de macropausa antes de pasar al segundo bloque en el que sólo se incluyen dos ejercicios especiales.

### 1.3.3. Entrenamiento sobre superficies inestables

Desde la aparición de las primeras pelotas de estabilidad de la mano de Aquilino Cosani a finales de los años 60 (Hernando Castañeda, 2009), la utilización de este y otros materiales inestables ha ido creciendo exponencialmente. En la última década, las superficies inestables se han convertido en una herramienta muy habitual y utilizada en centros deportivos, clínicas de rehabilitación y gimnasios (Hernando Castañeda, 2009; López Elvira, 2008; Wikstrom, 2009) y se emplean para multitud de objetivos entre los que se destacan: el rendimiento deportivo (Cressey, 2007), la salud (Di Stefano, 2009; Marshall, 2006) o la prevención y recuperación de lesiones (Monfort – Panego, 2009).

Actualmente, el trabajo con este tipo de materiales, muy variados en su composición, así como en las respuestas biomecánicas de sus materiales, sigue careciendo de una sistematización de la dosificación de la carga que proveen y de la complejidad real de los ejercicios. De manera que constituye un ámbito donde los mitos y las falsas creencias sin una sólida fundamentación científica están bastante extendidos (Colado, 2008 y López Elvira, 2008).

El tiempo de permanencia sobre una superficie determinada se toma en muchas ocasiones como patrón de referencia para establecer la progresión en el entrenamiento (Willardson, 2009), independientemente de muchos otros factores como los niveles de activación y sincronización muscular, la complejidad técnica o las variables cinemáticas (Martínez y Benito Peinado, 2011).

Sobre estos parámetros, la investigación de los últimos años comienza a aportar bastante información, si bien una de las principales conclusiones que se encuentran es que se trata de un campo de investigación con muchos interrogantes por resolver (Behm, 2006). Y esto genera una gran variabilidad interindividual de respuesta ante situaciones de inestabilidad (Colado, 2008).

#### 1.3.3.1. Definición y tipos de superficies inestables

Marín propone una definición sencilla y concisa de lo que es una superficie inestable: “Material de morfología regular o irregular que no está firmemente unido al suelo” (López Elvira, 2008). Por su parte, Hernando Castañeda (2005) aportan una definición más amplia e inclusiva: “Cualquier material, diseñado específicamente o adaptado, que por sus características físicas no esté firmemente unido al suelo, pudiendo rodar, deslizarse, vibrar o realizar cualquier otro tipo de movimiento que genere situaciones en las que sea necesaria la intervención del equilibrio con el fin de mejorar la condición física. Asimismo, Isidro (Hurd, 2006) define como material desestabilizado: “Aquel que empleamos para aumentar los requerimientos de estabilización activa proporcionando

un entorno inestable que potencia la actividad propioceptiva y las demandas de control neuromuscular”.

La primera de las definiciones pasa por alto la posibilidad de que una superficie no deslizante, rodadora o anclada al suelo (como puede ser un *Core Board* bloqueado o una plataforma vibratoria) ofrezca un estímulo de inestabilidad cuando se aplica una fuerza sobre él. Con respecto a la segunda definición cabría destacar que todo acondicionamiento físico se basa en la estimulación neuromuscular y tiene un componente de activación cinestésica y propioceptiva, o, según palabras de Allum (1998): “virtualmente todo comportamiento motor incluye control postural, un proceso neural complejo implicado en la organización de la estabilidad y la orientación del cuerpo en el espacio”.

Por estos motivos, y dada la cantidad de materiales disponibles en el mercado que pueden ser considerados como una superficie inestable, es necesario proponer una definición alternativa, indicando que una superficie inestable es una superficie o material de entrenamiento maleable, que se deforma o desplaza por la aplicación de fuerzas que sobre él haga el ejecutante, o que puede tener una distribución no uniforme de su masa (como por ejemplo, los cilindros rellenos de agua) o un comportamiento dinámico antes de interactuar con el suelo (por ejemplo, las plataformas vibratorias).

Gonzalo (2009) partiendo de las propuestas de los autores anteriormente citados, redactó una clasificación de las superficies inestables, en base a los grados de libertad que ofrecían y a la cantidad de inestabilidad que propiciaban. Esta última propiedad se determinó utilizando una escala tipo Likert por un comité de expertos y, a pesar de no presentar una validez biomecánica precisa, a nivel práctico ofrece un interesante punto de referencia sobre el cual construir progresiones de ejercicios y cuantificación de sesiones con este tipo de material. En ella, además, es posible observar la gran cantidad de implementos que existen en el mercado.

<b>Nivel de Estabilidad</b>			
<b>Eje de Movimiento Permitido</b>	<b>Leve</b>	<b>Moderado</b>	<b>Elevado</b>
<b>1 Eje</b>		Foam – Roller; Rocker Boards; Physio Roll; T – Bow	Fitball Roller; Egg Ball; Aire Body Bolster; Discos Rotadores

## Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)

<b>2 Ejes</b>	Balance Pad	Trampolín; Balance Wedges; Balance Beam; Thera Band Stability Trainers; Bosu; Ballast Ball; Elípticas de Paso Variable; FIT Disc; Patinetes Ruedas Misma Dirección	Fitball; Ayrex; Bosu; Bosu Invertido; Plato de Bholler o Wobble Board; Dina – Disc Plus; PB Disc Pillow; Balance Steps; TRIM Disc; Plato con Ruedas en Direcciones Diferentes
<b>3 Ejes</b>	Plataforma Vibratoria; Sistemas Interactivos; Core Board (Posición Baja Inestabilidad)	Plataforma Vibratoria; Sistemas Interactivos; Core Board (Posición Alta Inestabilidad); MFT Challenge Disc; MFT S – 3 Check	Plataforma Vibratoria; Sistemas Interactivos; Vibrosphere; Balones Medicinales; Extreme Balance Board; TRX; Core – Tex; Combinaciones en serie de Superficies Inestables; Huber LPG; Sport Disc

### 1.3.3.2. Conceptualización del Equilibrio y la Estabilidad Central en el Entrenamiento Deportivo

#### 1.3.3.2.1. Equilibrio

Desde un punto de vista físico, el equilibrio es un concepto que se produce cuando todas las fuerzas y los momentos de fuerza que actúan sobre un cuerpo suman cero. Es, por lo tanto, un concepto absoluto que sólo admite dos gradaciones: un cuerpo está en equilibrio o en desequilibrio (Lephart, 2000b).

Para analizar el estado de equilibrio de un cuerpo, es preciso conocer la relación que establece entre su centro de gravedad (CG) y su base de sustentación (BS): un cuerpo estará en equilibrio cuando la proyección vertical de su CG caiga dentro de los límites de su BS (Lephart, 2000b). Para entender completamente esta definición, es importante definir 2 de los conceptos expuestos:

- **Centro de Gravedad y Centro de Masa:** punto en el que se resume todo el peso (CG) o toda la masa (CM) del cuerpo, y que no tiene por qué estar situado dentro de la materia del objeto. Aunque son conceptos similares, pero no idénticos, en la mayoría de las situaciones

prácticas en el ámbito del rendimiento deportivo se puede asumir que se encuentran en el mismo lugar (Lephart, 2000b).

- **Base de Sustentación:** es el área contenida al unir los puntos de apoyo más externos. En el cuerpo humano, la base de sustentación se encuentra delimitada por los márgenes externos del apoyo de los dos pies y todo lo que queda entre ellos (Lephart, 2000b).

Más allá de la física, desde un punto de vista más neurofisiológico, se puede considerar que el equilibrio es la habilidad para mantener el centro de masas del cuerpo sobre su base de sustentación, tanto si ésta se encuentra en movimiento como si no es así (Paterno, 2004 y Spinka, 2001).

Por consiguiente, el concepto de equilibrio en el ser humano presenta muchos otros matices, pues siempre se encuentra en una situación de equilibrio constante (López Elvira, 2008), algo que se conoce en términos anglosajones como *Postural Sway*. Este término define el movimiento mínimo y uniforme del centro de masas del cuerpo alrededor del punto de equilibrio del mismo (Lephart, 2000a). Cuando se hace referencia a esta visión más integrada del equilibrio humano, se establecen tradicionalmente dos categorías del mismo (Di Stefano, 2009):

- **Equilibrio Estático:** habilidad para mantener el centro de gravedad del cuerpo dentro de la base de sustentación en una situación sin movimiento.
- **Equilibrio Dinámico:** habilidad para mantener el equilibrio dentro de una transición entre un estado dinámico y otro estático, mientras se realiza algún tipo de movimiento.

### 1.3.3.2.2. Control Postural

El control de la posición corporal en el espacio que tiene el objetivo de mantener el equilibrio y la orientación constituye un factor importante de rendimiento en la mayoría de las modalidades deportivas (Koshida, 2008). El control postural implica tres procesos (Lephart, 2000a):

- Adquisición de información aferente a través de los canales somatosensoriales, visuales y vestibulares.
- Integración y procesamiento de esta información por el sistema nervioso central (SNC) para la selección y coordinación jerárquica de las respuestas motrices adecuadas.
- Ejecución por parte del sistema músculo – esquelético de los comandos motores emitidos por el sistema nervioso central (SNC).

### 1.3.3.2.3. Estabilidad

Si se define a la estabilidad desde el punto de vista de la física, es la capacidad del cuerpo para mantener el equilibrio o, lo que es lo mismo, evitar ser desequilibrado. Este es un concepto, al contrario que el de equilibrio, que admite gradaciones y rangos, desde muy inestable hasta muy estable. Las variables que influyen sobre este concepto, aparte de las propias del equilibrio (Base de Sustentación y Centro de Gravedad) son el peso y el rozamiento (Lephart, 2000b).

A nivel mecánico, cuanto más centrada se encuentra la proyección vertical del CG dentro de la BS, y cuanto más bajo se encuentra el CG (menor energía potencial y mayores ángulos de caída), más equilibrado está el objeto (Lephart, 2000b). Estos son conceptos sencillos que se pueden trasladar a la creación de progresiones con superficies inestables, simplemente jugando con la BS y la colocación del CG del deportista sobre el implemento.

La estabilidad funcional más local (a nivel de una articulación) depende de varios factores (Isidro, 2007): la contención pasiva de los ligamentos y la cápsula articular, la geometría de la articulación, la fricción entre los cartílagos articulares y la carga impuesta mediante la compresión de las fuerzas resultantes que actúan sobre la articulación (gravedad, inercia y muscular).

De todos los factores, el más determinante es el último. Por lo tanto, se puede afirmar que la estabilización activa, gracias a la correcta aplicación de fuerzas musculares (pues las otras dos no dependen del deportista), mediante procesos de activación antagonista concomitante (co – contracción), es determinante y debe ser entrenada (Behm, 2006; Isidro, 2007).

La relación entre la estabilidad dinámica de una articulación y un patrón de movimiento eficiente es compleja. Parece ser que la co – contracción antagonista de la musculatura posterior del muslo es crucial en la mayor parte de los movimientos funcionales del miembro inferior, ya que mantiene esa estabilidad dinámica y sirve de protección ante la excesiva aplicación de cargas articulares (Ford, 2008). En el caso del tronco, diversas investigaciones han señalado que la co – contracción de la musculatura central es un factor fundamental para el mantenimiento de la estabilidad vertebral (Brown, 2006).

### 1.3.3.2.4. Estabilidad Central

La estabilidad central también es conocida como estabilidad del *Core*, puede ser definida como la habilidad para controlar la posición y el movimiento del tronco sobre la pelvis, facilitando la óptima

producción, transferencia y control de las fuerzas y el movimiento hacia los segmentos distales en actividades cinéticas integradas (Kibele, 2009). El *Core* es el corsé muscular que trabaja como una unidad para estabilizar el cuerpo y, en particular la columna, con y sin movimiento de las extremidades asociado (Borghuis, 2008).

Panjabi definió la estabilidad del *Core* como la capacidad del sistema de estabilización para mantener las zonas neutrales intervertebrales dentro de sus límites fisiológicos. Creó un modelo de referencia al considerar que los contribuyentes a la estabilidad espinal pueden clasificarse en tres grupos: pasivos (vértebras, ligamentos y discos intervertebrales), activos (músculos y tendones de la zona) y neurales (sistema nervioso central y otros nervios contribuyentes) (Panjabi, 1992).

Algunos autores opinan que la musculatura del suelo pélvico debería incluirse dentro del concepto de *Core*, como cierre inferior del corsé muscular mencionado por Borghuis (2008). Esta afirmación se basa en la demostración de los efectos perjudiciales que provoca el incremento de la presión intraabdominal sobre la salud del periné. Por ello la realización de deportes de alto impacto se convierten en factores de riesgo (Bo, 2004).

### **1.3.3.3. Efectos del Entrenamiento sobre Superficies Inestables**

#### **1.3.3.3.1. Efectos sobre la activación muscular**

Una de las mayores utilidades que se le han atribuido a las superficies inestables es su capacidad para incrementar el reclutamiento muscular, sobre todo de la zona lumbo – abdominal y de las piernas (Behm, 2006).

En este sentido, uno de los puntos en los que parece haber mayor consenso es que realizar los ejercicios en una superficie inestable sobreincrementa la co – activación anatagonista (co – contracción) en el tronco (Stanton, 2004), miembro inferior (Yoo, 2009; Hubscher, 2010; Fransson, 2007; Behm, 2002) y en el miembro superior (Behm, 2006). La co – activación es un mecanismo útil para desarrollar la estabilidad articular y se la ha relacionado con la prevención de lesiones (Hrysomallis, 2007), a pesar de que limita la producción de fuerza, sobre todo en los gestos deportivos.

### 1.3.3.3.2. Efectos sobre la producción de fuerza

Behm señala que la co – activación antagonista puede mejorar el control motor y el equilibrio. Sin embargo, también considera que puede contribuir a un notable decremento de la producción de fuerza bajo esas condiciones, opinión compartida por Willardson.

### 1.3.3.3.3. Efectos sobre el rendimiento

Una revisión sistemática sobre el efecto del entrenamiento de equilibrio, que tiene como uno de sus componentes principales la utilización de superficies inestables, llega a la conclusión de que existe una evidencia sólida de que ese tipo de entrenamiento provoca una mejora del equilibrio estático y dinámico (Di Stefano, 2009). Para obtener estos resultados positivos, los autores de la revisión sugieren un programa de, como mínimo, 4 semanas, 3 sesiones semanales y 10 minutos de duración por sesión. También recomiendan que se vayan incluyendo progresivamente ejercicios de estabilización dinámica. Por lo tanto, es recomendable la utilización de superficies inestables para mejorar esas capacidades en nuestros deportistas.

Myer aconseja el trabajo combinado de pliometría con ejercicios de estabilización dinámica y equilibrio; para este segundo objetivo la herramienta de entrenamiento principal, pero no exclusiva, que recomienda es el Bosu. La unión de ambos tipos de entrenamiento mejora determinadas medidas de rendimiento relacionadas con la capacidad de salto, el patrón de amortiguamiento de caídas y la fuerza del tren inferior, así como también una reducción de los indicadores fisiológicos relacionados con el riesgo de sufrir una lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) (Myer, 2008).

### 1.3.3.3.4. Efectos sobre la prevención o recuperación de lesiones

Las superficies inestables han sido frecuentemente utilizadas como una herramienta terapéutica más dentro del proceso de rehabilitación de distintos tipos de lesiones, especialmente las que están relacionadas con el miembro inferior, y más concretamente con el tobillo (Kibler, 2006).

La aparición de nuevo equipamiento, así como una creciente preocupación por la optimización de los programas de tratamiento y la prevención de lesiones deportivas ha provocado que en los últimos años la investigación aplicada haya crecido exponencialmente. Gracias a esto es posible acceder a diversas revisiones sistemáticas, que valoran globalmente su efecto sobre el deportista

lesionado de forma aguda o crónica (Etti Griffin, 2003; Hrysomallis, 2007; Hubscher, 2010; Mc Bride, 2006; Mc Keon, 2008; Monfort – Panego, 2009; Wahl, 2008).

### 1.3.4. El Ciclo Estiramiento – Acortamiento (CEA) como capacidad muscular entrenable

Tradicionalmente se han establecido tres formas aisladas de tensión muscular: acortamiento o concéntrica, alargamiento o excéntrica y mantenimiento o isométrica. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las manifestaciones puras de estos tres tipos de tensión se alejan bastante de la forma natural con la que el organismo aplica fuerza al realizar los diferentes ejercicios deportivos. La mayoría de las acciones se producen mediante la interacción constante de las fuerzas internas y las fuerzas externas que determinan eventos de impacto, estiramiento o acortamiento muscular (Komi, 2000a; Komi, 2000b).

La carrera o los saltos son ejemplos claros en donde las fuerzas externas (gravedad) provocan el estiramiento de la unidad músculo – tendón. Este tipo de acciones múltiples, en donde se suceden de forma continuada tensiones excéntricas – isométricas – concéntricas con un tiempo de transición muy corto entre la fase excéntrica y la concéntrica, se las denomina Ciclo de Estiramiento – Acortamiento (CEA) (Stretch – Shortening Cycle, SSC) (González, 2000; Izquierdo, 2008; Komi, 2000a; Komi, 2000b).

Una característica muy importante del CEA es la preactivación que se registra en el músculo previamente a su estiramiento (alargamiento excéntrico activo) (Komi, 2000b). Se puede asumir que la preactivación es parte de un patrón de movimiento organizado centralmente y controlado visualmente, que ayuda a incrementar el grado de rigidez muscular (Grande Rodríguez y Naclerio, 2011).

Con esta forma de intervención muscular, en donde el músculo está activamente elongado, se alcanzan mayores niveles de fuerza en la fase concéntrica que si esta misma acción concéntrica se realiza de forma aislada (Izquierdo, 2008; Komi, 1984; López Calbet, 1996).

En las acciones típicas que se manifiestan a través del CEA se produce una elongación del músculo mientras se activan los sarcómeros en un intento de evitar la elongación (fase excéntrica), esto eleva la tensión de los elementos elásticos en serie (titina y tendones), para finalmente detener por completo esta elongación (fase isométrica,  $V_{\text{elongación}} = 0 \text{ m.s}^{-1}$ ). En este momento se inicia la fase de acortamiento muscular (fase concéntrica). Según Izquierdo (2008) los mecanismos que explican este potenciamiento son:

- Utilización de la energía o capacidad elástica.

- Participación de los reflejos musculares.
- Tiempo para el desarrollo de la fuerza.
- Potenciación de la fuerza.

### 1.3.4.1. Fases del CEA en función de la actividad eléctrica muscular

Tomando como modelo al salto con caída previa (*Drop Jump, DJ*), López Calbet (1995) distinguió tres fases en las acciones del CEA:

- **Preactivación:** se extiende desde el momento en que la actividad mioeléctrica se incrementa por encima de los niveles de reposo, hasta que se toma contacto con el suelo. En esta fase los centros superiores del sistema nervioso central ajustan el grado de preactivación y rigidez muscular en función de la magnitud del estiramiento previsto (a mayor altura de caída, mayor preactivación y, por lo tanto, mayor rigidez). Cuanto menor es la rigidez previa al contacto, menor es también la capacidad de movimiento reactivo posterior.
- **Activación (contracción muscular excéntrica):** va desde que se toma contacto con el suelo hasta la finalización del alargamiento muscular (fin de la fase excéntrica). En esta fase se detectan picos en la actividad eléctrica muscular, que se deben a la acción de los husos musculares (respuesta voluntaria) y al reflejo miotático (respuesta refleja), que facilita la activación de los músculos sometidos al estiramiento.
- **Contracción Muscular Concéntrica:** en esta fase se aprovechan los efectos de la capacidad elástica muscular potenciada por la fase de estiramiento precedente. Para utilizar de forma óptima el potenciamiento elástico, es necesario que la fase concéntrica se produzca de forma inmediata a la fase excéntrica, ya que si el tiempo de transición o acople es muy prolongado, la energía acumulada en la fase de alargamiento activo se disipa en forma de calor. Cuando la altura de caída es excesiva, la persona deberá amortiguar una elevada cantidad de energía cinética al aterrizar, que requerirá mayor cantidad y tiempo para producir la fuerza necesaria, y por lo tanto, se alargará el tiempo de acoplamiento entre fase excéntrica y concéntrica. De esta forma, no se aprovechará la capacidad elástica, sino que se entrenará la capacidad muscular para tolerar cargas de alargamiento en acciones excéntricas.

### 1.3.4.2. Clasificación de las acciones de Estiramiento – Acortamiento

Schmidtblicher establece que según el tiempo de contacto del pie en el suelo durante la fase de apoyo en los saltos o incluso durante los pasos de una carrera, pueden distinguirse dos tipos de acciones de estiramiento – acortamiento:

- **Larga Duración:** el tiempo de apoyo es superior a los 250ms, como sucede en el salto con contramovimiento (CMJ) o en algunos saltos verticales. Estas acciones se caracterizan por un amplio desplazamiento de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo, y una duración más larga de la fase de activación (entre 300ms y 500ms) (Schmidtblicher, 1986).
- **Corta Duración:** el tiempo de apoyo es inferior a los 250ms. Este es el caso de los tiempos de contacto del pie con el suelo en las carreras de velocidad o en el salto en longitud, donde los desplazamientos angulares, especialmente a nivel de las rodillas, son más pequeños (Schmidtblicher, 1986).

Aunque estas dos acciones pueden ser similares desde el punto de vista cinemático, no lo son desde el punto de vista cinético, ya que presentan diferencias significativas en la forma de aplicar la fuerza, alcanzar velocidad y producir potencia. Según Young (1995), estas acciones están determinadas por estímulos neurales diferentes, ya que en los gestos de larga duración, el tiempo para aplicar la fuerza es más largo, y aunque se logran niveles más altos de fuerza, su desarrollo también es más lento, mientras que en las acciones de corta duración la velocidad de desarrollo de fuerza es muy elevada. Además, en los CEA de larga duración la actividad eléctrica durante la fase excéntrica no excede los valores de la fase concéntrica (Schmidtblicher, 2000) mientras que en los CEA de corta duración la actividad eléctrica (EMG) muestra un patrón totalmente cambiante con una fase de preactivación (antes de contactar el suelo) de 100ms a 150ms, picos de actividad electromiográfica que son más altos que los observados en las contracciones voluntarias máximas (medida en una posición articular comparable) y una actividad eléctrica relativamente baja en la fase concéntrica (Schmidtblicher, 1992).

Un aspecto de gran importancia durante las fases de aprendizaje y entrenamiento de los saltos es consolidar adecuadamente las técnicas de aterrizaje. Para efectuar la caída, se debe comenzar por la parte delantera del pie (y no por el talón), ya que así se reduce en un 50% el impacto sobre las articulaciones. En cuanto a esto, la técnica propuesta por Bosco – Pittera como alternativa para realizar los saltos con caída previa (*Drop Jump, DJ*) o en profundidad (*Deep Jump*), partiendo desde una posición de semiflexión, permite aterrizar con una posición más conveniente de las caderas y rodillas. Esto atenúa el nivel de las fuerzas aplicadas sobre estos núcleos articulares al mismo tiempo que se incrementa la activación muscular. Esta forma de ejercitación constituye una variante que

puede introducirse durante las fases de enseñanza o como medio de entrenamiento alternativo a la realización de los saltos tradicionales (Bosco, 1992).

Tradicionalmente se han distinguido dos tipos de *Drop Jump (DJ)*: *Countermovement Drop Jump (CMDJ)* o saltos pliométricos de gran amplitud, y *Bounce Drop Jumps (BDJ)*, o saltos pliométricos de pequeña amplitud (López Calbet, 1996).

Los *CMDJ* se caracterizan por una fase de frenado o amortiguación más prolongada, que conlleva a una flexión de las rodillas más amplia (90°) y a un mayor tiempo de contacto.

Los *BDJ* son saltos con muy poca amplitud, en donde el deportista debe rebotar intentando estar el menor tiempo posible en contacto con el suelo. La amplitud articular es pequeña y el tiempo de contacto muy bajo.

Estas diferencias técnicas deben considerarse para elaborar los programas de entrenamiento y, especialmente, cuando se mida la capacidad de salto vertical. Así, para mejorar la potencia del aparato extensor de la rodilla y tobillo son más apropiados los *BDJ*, mientras que los *CMDJ* son más adecuados para mejorar la coordinación en la ejecución de los saltos con mayor amplitud.

Al mismo tiempo, López Calbet (1996) diferencia las acciones de CEA teniendo en cuenta su velocidad de ejecución en acciones rápidas o lentas:

- **Acciones de CEA Rápidas:** el proceso de preactivación permite establecer un mayor número de puentes cruzados en las fibras musculares rápidas. Al acortarse el músculo con gran rapidez, sólo una parte de las cabezas de miosina contribuyen a la producción de tensión. Así pues, durante un CEA rápido se favorece la acumulación de energía potencial elástica y la producción de tensión por parte de las fibras rápidas.
- **Acciones de CEA Lentas:** en este caso, la preactivación sigue siendo más rápida e intensa en las fibras rápidas, pero al transcurrir más tiempo hasta que se produce el estiramiento, parte de los puentes cruzados de las fibras rápidas se desenganchan y, por lo tanto, son las fibras lentas las que conservan una mayor capacidad de producir un potenciamiento elástico.

### 1.3.4.3. Valoración de la Fuerza mediante los Tests de Saltos

La valoración de la fuerza mediante tests de saltos se ha utilizado en múltiples casos, empleando diversos materiales y métodos para evaluar el rendimiento deportivo. Como primera reseña específica a un test de salto se debe señalar el *Test de Sargent*, que data de 1921 y también ha sido denominado *Test de saltar y tocar* o *Test de saltar y alcanzar*. Desde sus orígenes este test se ha

estandarizado de distintas formas, aunque el protocolo más utilizado es el que estandarizó Lewis en 1977 (Villa, 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 anterior, éste mide la capacidad de impulso vertical de las piernas y se realiza con los brazos libres. No obstante, la medición no resulta de la diferencia de dos marcas, sino de la elevación del centro de gravedad durante el salto (Bosco, 1992).

Igualmente debemos tener en cuenta que los principales inconvenientes (o potenciadores, según el deporte) de estos tests residen en la contribución de la extremidad superior durante el salto.

En este sentido los test sugeridos para realizar (teniendo en cuenta sus consideraciones según la edad de evaluación serán:

### **1.3.4.3.1. Squat Jump (SJ)**

El test *Squat Jump (SJ)* o test de salto sin contramovimiento se realiza partiendo de una posición de semiflexión, con un ángulo de 90° en la articulación de las rodillas, que se mantiene durante 4 segundos. Desde esta posición, la persona salta verticalmente intentando alcanzar la mayor altura posible, sin realizar ningún tipo de contramovimiento. En este ejercicio se considera adecuada una variación angular de  $\pm 2$  sobre los 90° sugeridos en la articulación de las rodillas.

La persona debe lograr esta posición y partir de una situación estática. Con este procedimiento se reduce la participación del componente elástico del músculo que caracteriza a todas las acciones ejecutadas con contramovimiento y se enfatiza la contribución del componente contráctil muscular. Cabe destacar que a diferencia de los materiales puramente elásticos, la respuesta elástica del músculo, al ser un tejido viscoelástico, se disipa cuando el estiramiento es lento o se mantiene en una misma posición por un tiempo relativamente prolongado.

En el test de *SJ*, el investigador tiene varias opciones para establecer un ángulo de partida. Por un lado puede recurrir a un electrogoniómetro. Sino, una medición manual del citado ángulo. El hecho de estandarizar este ángulo de forma tan precisa permite comparar a todos los deportistas que pasan este test.

Para evitar la contribución del impulso generado por las extremidades superiores y el tronco se recomienda efectuar el *SJ* manteniendo las manos sobre la cadera y el tronco lo más recto posible.

- **Posición Inicial:** flexionar las rodillas a 90°. Las manos, cadera y tronco se sitúan verticalmente. Se deben evitar los impulsos añadidos de las extremidades superiores y el tronco.
- **Ejecución:** mantener durante 4" la posición flexionada (eliminar energía elástica) y realizar un salto a la máxima velocidad posible sin pararse tras el descenso. Mantener las manos en la cadera.
- **Observar:** posición de salida y llegada a la plataforma debe ser similar.
- **Variables de Rendimiento:** altura del salto (cm), pico de fuerza máxima por kg de peso corporal, velocidad de salida ( $m.s^{-1}$ ) y potencia relativa ( $W / kg$ ).

### 1.3.4.3.2. Countermovement Jump (CMJ)

La persona debe estar de pie. A continuación, inicia el gesto ejecutando un contramovimiento preparatorio con el que desciende hasta alcanzar la misma posición inicial del *SJ*. Desde esta posición, se invierte el sentido del movimiento para realizar un salto con la mayor fuerza posible aprovechando el efecto potenciador determinado por el alargamiento activo de los extensores del muslo. Del mismo modo que en el *SJ*, se recomienda mantener las manos sobre la cadera y el tronco vertical, para evitar la contribución de estos segmentos en el resultado determinado por la altura alcanzada al realizar el salto.

Por medio de la comparación del rendimiento obtenido en el *SJ* y el *CMJ*, es posible cuantificar la capacidad elástica muscular de las extremidades inferiores. Para ello, se debe calcular la diferencia porcentual entre el rendimiento de ambos saltos mediante el *Índice de Elasticidad (IE)*, que puede calcularse de la siguiente manera:

$$IE = (CMJ - SJ) / SJ \times 100$$

- **Posición Inicial:** de pie con manos en la cintura y el tronco vertical.
- **Ejecución:** desde esta posición se realiza una rápida flexo – extensión de rodillas para efectuar un salto vertical lo más alto posible manteniendo las manos en la cadera y el tronco vertical (evitando impulsos o movimientos del tronco).
- **Observar:** controlar el descenso hasta 90° (flexión rodillas) y la posición similar de salida y llegada a la plataforma.
- **Variables de Rendimiento:** altura del salto (cm), pico de fuerza máxima por kg de peso corporal, velocidad de salida ( $m.s^{-1}$ ) y potencia relativa ( $W / kg$ ).

### 1.3.4.3.3. Drop Jump (DJ)

El *Drop Jump (DJ)* o salto con caída previa consiste en realizar un salto inmediatamente después de caer desde una altura determinada. La altura de caída varía según las características y la capacidad de cada deportista para tolerar las cargas aplicadas durante la fase de amortiguación y poder invertir velozmente el sentido del movimiento para realizar un salto vertical en contra de la gravedad mediante una acción de estiramiento – acortamiento. La caída se realiza sin ningún tipo de impulso previo, adelantando una pierna y a continuación la otra para dejarse caer.

El objetivo de este test es determinar la altura de caída con que se alcanza el mejor rendimiento o se logra más altura en el salto posterior. Por debajo de esta altura de caída, el grado de tensión soportado durante la fase de alargamiento no alcanza la intensidad óptima para potenciar el salto posterior, mientras que por encima, la sobrecarga aplicada sobre el sistema neuromuscular se incrementó progresivamente, lo que perjudica la capacidad de aprovechar el impulso elástico y favorece el desarrollo de fuerza para amortiguar la caída. En este momento la acción protectora de los órganos tendinosos de Golgi inhibirán la producción de fuerza en la fase contráctil.

Para evitar sobrecargas significativas sobre las estructuras osteoarticulares es recomendable no realizar entrenamientos con elevados volúmenes de saltos utilizando alturas de caídas superiores al 10% de la altura óptima determinada en el test de alturas crecientes. De esta forma, la zona óptima para mejorar la capacidad de salto se sitúa en un rango comprendido entre -10% y +10% de la altura de caída en donde se alcanzó el mejor rendimiento en el test de alturas crecientes (altura óptima de caída).

- **Posición Inicial:** de pie sobre una altura de 20, 40, 60, 80, 90 o 100 cm, según la capacidad de cada deportista.
- **Ejecución:** dar un paso hacia delante dejándose caer, aterrizar y realizar un salto vertical con la mayor fuerza posible.
- **Observar:** controlar el grado de flexión de las rodillas y cadera, la posición de las manos y el movimiento del tronco según la técnica de salto.
- **Variables de Rendimiento:** altura del salto (cm), tiempo de apoyo (s), pico de fuerza máxima (N), velocidad vertical al momento del despegue ( $m \cdot s^{-1}$ ) y potencia mecánica por kg de peso corporal ( $W / kg$ ).

### 1.3.4.4. Aplicación de los Saltos para Mejorar el Rendimiento Deportivo

En 1966, Zatsiorsky tomó el trabajo desarrollado por Margaria como base para crear un programa de entrenamiento destinado a mejorar la capacidad de aprovechar el impulso generado por el reflejo de estiramiento (reflejo miotático) en las acciones explosivas introduciendo de esta manera el término: “*Pliométrico*” (Zanon, 1989).

A mediados de la década del 60, Yuri Verkhoshansky, entrenador soviético de saltadores y, para muchos, el padre de la pliometría aplicada al deporte, empezó a interesarse por encontrar la mejor manera de aprovechar la energía elástica acumulada en un músculo tras realizar un estiramiento activo.

Observando, se dio cuenta que los mejores resultados correspondían a aquellos que desarrollaban menores tiempos de contacto durante la batida o el apoyo del pie. Para emplear poco tiempo de contacto en cada apoyo es necesario tener una gran fuerza excéntrica en los músculos implicados, ya que esto permitirá cambiar rápidamente de un régimen excéntrico a otro concéntrico, y así acelerar de nuevo el cuerpo en la dirección requerida.

Se puede definir, entonces, al método como una forma específica de preparación dirigida al desarrollo de la fuerza explosiva y de la capacidad reactiva del sistema neuromuscular. Este método es un medio de preparación específica especial con el que se busca un cambio en los resultados del entrenamiento de la potencia muscular (Verkhoshansky, 1999).

Así, Mc Neely (2007) sostiene que mediante el entrenamiento con cargas es posible crear las adaptaciones necesarias sobre el sistema neuromuscular para mejorar la capacidad de generar potencia, y que con el entrenamiento pliométrico se enfatizan más los aspectos relacionados con la velocidad de aplicación de la fuerza y se produce una transformación de los cambios conseguidos a nivel fisiológico para mejorar las capacidades específicas de cada especialidad deportiva.

Las numerosas investigaciones realizadas sobre las características mecánicas de los saltos, así como su efecto sobre el organismo, indican que, aplicados dentro de un programa de entrenamiento a largo plazo, en el que se contemple el logro de adaptaciones anatómicas, funcionales y técnico – coordinativas, constituyen un medio adecuado y eficaz para optimizar la preparación del sistema neuromuscular y osteoarticular y soportar con mayor eficiencia y menor riesgo de lesiones las exigencias de la actividad física específica, especialmente cuando esta implica el desarrollo de altos niveles de fuerza y velocidad, como ocurre en muchos deportes de conjunto.

El entrenamiento con acciones de estiramiento – acortamiento (CEA) constituye una forma específica de trabajo para mejorar la capacidad elástica muscular (Cronin, 2002).

#### 1.3.4.5. Condiciones para el Correcto Desarrollo del Entrenamiento de Saltabilidad

Una de las premisas más importantes a tener en cuenta a la hora de desarrollar correctamente este tipo de entrenamiento es que el deportista no debe estar fatigado. Nunca deben aplicarse entrenamientos para mejorar la capacidad de salto después de haber realizado altos volúmenes de entrenamiento de fuerza o resistencia (Ebben, 2007).

Todas las acciones de salto o pliometría deben ejecutarse con el mayor rendimiento posible (100%), de lo contrario se desvirtuarán los efectos del entrenamiento hacia otras capacidades más relacionadas con la resistencia y no con el incremento de la fuerza explosiva, velocidad y potencia de movimiento.

##### 1.3.4.5.1. Frecuencia de los Entrenamiento

La frecuencia de entrenamiento ideal para los ejercicios pliométricos es de entre dos ó como máximo tres veces por semana, a no ser que se estén alternando trabajos de pliometría de extremidades superiores e inferiores (Ebben, 2007). En un periodo formativo es suficiente con la realización de dos sesiones por semana (Mc Neely, 2007).

De todas maneras, todos los investigadores coinciden en que es necesario respetar al menos un día de descanso (sin trabajo pliométrico) entre dos sesiones consecutivas.

##### 1.3.4.5.2. Volumen del Entrenamiento de Saltabilidad

La cantidad o el volumen de la sesión de pliometría se mide a través del número de contactos de los pies con el suelo. Este volumen varía de acuerdo con el nivel de rendimiento de cada deportista. Hay autores que recomiendan que los principiantes no superen los 20 saltos (Adams, 1984), mientras que otros recomiendan mantener un volumen de 80 – 100 contactos (Ebben, 2007) o de 60 – 150 contactos por sesión (Kutz, 2003).

Por otro lado, Sáez – Sáez (2009) señalan que el volumen ideal para alcanzar los mejores resultados es algo superior a los 50 saltos por sesión, en la que se deben combinar diferentes técnicas como *DJ*, *CMJ* y *SJ*.

Un aspecto a destacar es que en muchas referencias bibliográficas el volumen se calcula por medio de los impactos o contactos de cada pie. Por ello un salto realizado con dos pies se computará como dos contactos. Por ejemplo, un volumen de 80 contactos puede alcanzarse mediante cuatro

series de 10 saltos realizados con los dos pies (total de saltos: 40). De cualquier manera, el número de saltos por serie o por sesión debe estar determinado en todo momento por:

- La calidad de la ejecución técnica.
- La altura del salto posterior.

Estas dos variables han de ser máximas durante toda la sesión, por lo que el empeoramiento en alguna de ellas indicará que el volumen de saltos es excesivo. El límite del volumen máximo de saltos se alcanza antes de que el deportista comience a percibir sensaciones de cansancio y, por lo tanto, es muy fácil y habitual superar ese límite sin darse cuenta (Verkhoshansky, 1999).

### 1.3.4.5.3. Intensidad del Entrenamiento de Saltabilidad

La intensidad de los entrenamientos de saltabilidad y pliometría requiere el control de algunas variables fundamentales. En primer lugar la realización de saltos con impulsión sobre un solo pie produce un grado más elevado de intensidad que los que se efectúan con dos pies.

Por otro lado es importante considerar la altura que se emplea, tanto si es de caída como de subida. En este caso, se deberá controlar la altura de la que se disponga en materiales auxiliares, así como la propia altura de los saltos, especialmente si se llevan a cabo saltos repetidos. De esta forma, tendrá mayor intensidad el salto que se realiza tras un salto previo anterior de 30 cm de altura que el que se efectúa tras caer de un banco de 25 cm de altura (*Drop Jump*).

Asimismo, se deberá controlar el uso de pesos añadidos, como lastres o mancuernas, que junto con el incremento de la altura de caída determina un aumento de la energía cinética que debe amortiguarse al caer, y por lo tanto, también de la intensidad de los saltos realizados.

Otro aspecto a tener en cuenta es la posible utilización o no de las extremidades superiores para realizar los saltos. Utilizando los brazos y colocando algún objetivo a alcanzar se conseguirán saltos de una alta intensidad.

### 1.3.4.5.4. Descansos introducidos en las sesiones de saltabilidad

El descanso debe ser introducido para prevenir los descensos de fuerza aplicada, velocidad y potencia alcanzada en los saltos. Si no se introducen los descansos adecuados entre las repeticiones o series, la fatiga perjudicará la capacidad de aplicar fuerza, se perderá potencia y se distorsionarán los efectos del entrenamiento, que en lugar de mejorar la fuerza explosiva se orientará más hacia las capacidades de resistencia.

Ebben (2007) propone que la duración de las pausas sea de entre 5 y 10 veces mayor que el tiempo del estímulo. Así, si la serie de saltos tiene una duración de 4 segundos, la pausa debe ser de entre 20 a 40 segundos. En este tipo de esfuerzos de máxima intensidad se produce una depleción de los fosfágenos musculares (ATP y PC) y la fosfocreatina muscular, que deberán ser resintetizados completamente para poder realizar la siguiente repetición con la misma intensidad.

### 1.3.4.5.5. Ejercicios Comúnmente Aplicados en los Entrenamientos de Saltabilidad

Los saltos verticales con y sin contramovimiento, los saltos en largo con y sin impulso, o los saltos con caída previa pueden aplicarse introduciendo variantes que permitan entrenar los gestos específicos de cada deporte, realizando saltos en longitud con una o dos piernas o con carreras o gestos específicos ejecutados antes o luego de su realización. A continuación veremos ejemplos de los saltos que pueden aplicarse considerando el nivel de intensidad propuesto en la tabla anterior y en base a los cuales se establece una progresión metodológica para desarrollar el entrenamiento de saltos o acciones con régimen de estiramiento – acortamiento (CEA):

- **Nivel 1:** Saltos en el lugar o hacia alturas fijas (no implican caídas).
- **Nivel 2:** Saltos con desplazamientos o salvando obstáculos (no implican caídas desde alturas superiores a las que cada deportista puede alcanzar por sí mismo).
- **Nivel 3:** Multisaltos y rebotes (pliometría de bajo impacto, las alturas de caídas son inferiores a la altura óptima de caída determinada en el test de alturas crecientes).
- **Nivel 4:** Saltos entre obstáculos (multisaltos más caídas, pliometría de medio impacto, las alturas de caída son un 10% inferiores a la altura óptima de caída determinada en el test de alturas crecientes).
- **Nivel 5:** Saltos en profundidad (pliometría de alto impacto, con alturas iguales o hasta un 10% superiores a la altura óptima determinada en el test de alturas crecientes).
- **Nivel 6:** Saltos con sobrecarga (caídas en profundidad o *Deep Jump*, > 10% de la altura óptima de caída determinada en el test de alturas crecientes).

### 1.3.5. El Entrenamiento de la Fuerza en el Fútbol Infantil ¿Es seguro?

Puede ser una actividad segura tanto para niños como para adolescentes en tanto y en cuanto se respeten los patrones de progresión metodológica tanto para la correcta ejecución de los ejercicios como para la dosificación de las cargas de entrenamiento.

En este sentido es necesario desmitificar la creencia que gira en torno al 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. 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, 2006). En este sentido, es necesario aclarar que 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 en el crecimiento y la maduración durante esta etapa (Falk, 2003; Malina, 2006).

### **1.3.5.1. Entrenamiento de la Fuerza 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).

En este sentido, el máximo incremento de fuerza parece establecerse entre los 13 y los 15 años, bajo la influencia de las hormonas masculinas. 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.

Parece ser que el músculo se desarrolla primero en tamaño y unos cuantos meses después en fuerza. Esto sugiere 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 como el proceso de mielinización, el incremento de la coordinación de los músculos sinérgicos y antagonistas, el incremento de la habilidad para activar completamente los músculos, etc.

### 1.3.5.2. Adaptaciones al Entrenamiento de la Fuerza en Niños y Adolescentes

La mejora de la fuerza y la hipertrofia muscular en los adultos está relacionada 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 (Morse, 2008).

Al mismo tiempo, este tipo de entrenamientos no parece influenciar el crecimiento en talla o peso a estas edades, mientras que los cambios en la composición corporal, considerando la masa muscular y grasa no son significativos (Falk, 2003; Malina, 2006; Sadres, 2001).

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 de 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, 2007).

### 1.3.5.3. Adaptación Funcional de la Estructura Esquelética al Estrés del Entrenamiento de la Fuerza en Niños

La niñez es 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, 2007; Turner, 2003).

Si se siguen las progresiones metodológicas, así como también una correcta ingesta de calcio a nivel nutricional, la participación regular en un programa de entrenamiento de la fuerza podría maximizar la densidad mineral ósea así como también generar un potente estímulo osteogénico durante esta etapa (Turner, 2003; Volek, 2003; Vicente – Rodríguez, 2006).

1.3.5.4. Pautas Metodológicas para el Entrenamiento con Sobrecarga en Niños

<b>Recomendaciones para la progresión durante el entrenamiento de fuerza con niños</b>			
<b>Nivel</b>	<b>11 Años</b>	<b>12 Años</b>	<b>13 Años</b>
<b>Acción Muscular</b>	Excéntrica – Concéntrica	Excéntrica – Concéntrica	Excéntrica – Concéntrica
<b>Elección de Ejercicios</b>	Monoarticulares Multiarticulares	Monoarticulares Multiarticulares	Monoarticulares Multiarticulares
<b>Intensidad</b>	PSE 5 – 7	PSE 6 – 8	PSE 7 – 9
<b>Volumen</b>	1 – 2 Series 10 – 15 Repeticiones	2 – 3 Series 8 – 12 Repeticiones	3 Series 6 – 10 Repeticiones
<b>Pausa (minutos)</b>	1'	1' – 2'	2' – 3'
<b>Velocidad de Ejecución</b>	Moderada	Moderada – Alta	Alta
<b>Frecuencia (días / semana)</b>	2 – 3	2 – 3	3 – 4

1.3.6. Desarrollo de la Fuerza en el Fútbol Infantil

Edad	Manifestaciones	Objetivos	Medios / Métodos
6 - 7		-Equilibrio – Estabilidad – Propiocepción	-Sobrecarga con propio peso corporal -6/15 Repeticiones -1/2 veces por semana
8		-Fuerza Rápida Coordinativa (no dependiente de la Fuerza Máxima)	
9		-Fortalecimiento de los músculos posturales	
10		-Descubrimiento	
11		-Bipodales / Unipodales	
12	Rápida Resistencia Potencia Explosiva	-Adaptación Anatómica (10 – 12 semanas) -Adaptación Músculo – Tendinosa a los trabajos de fuerza general y rápida -Alineación Postural -Entrenamiento CORE -Compensación desequilibrios: lado débil – lado dominante	-Juegos de Empujar / Traccionar -6/12 Repeticiones -2/3 veces por semana
13	-Adaptación Anatómica (8 – 10 semanas) -Fuerza Potencia / Explosiva / Resistencia -Alineación Postural -Entrenamiento CORE -Aprendizajes Complejos -Introducción Técnicas		

### 1.4. Flexibilidad

El término *Flexibilidad* es un concepto con muchas acepciones, que depende del punto de vista o campo de estudio desde el que se trate. Etimológicamente proviene del latín *flextere* o *flexibilis* (corvar), y únicamente hace referencia a la capacidad que tiene un cuerpo de doblarse sin llegar a romperse. En función del autor que se consulte, el concepto de *Flexibilidad* varía, por lo que se pueden encontrar muchas definiciones.

La *Flexibilidad* es la cualidad que, con base en la movilidad articular y elasticidad muscular, permite el máximo recorrido de las articulaciones diversas, lo que posibilita realizar acciones que requieren gran agilidad y destreza (Borrás, 2007).

El rango de movimiento total de una articulación depende de dos componentes: el rango de movilidad articular y la elongación del músculo. El rango de movilidad articular es el movimiento que es capaz de realizar una articulación. Depende de la estructura o diseño óseo de un individuo y de la intervención de los ligamentos y la cápsula articular que rodea la articulación. A este rango de movimiento articular hay autores que lo definen con el término *Movilidad* (Shrier, 2002).

Los términos *Flexibilidad* y elongación muscular pueden emplearse indistintamente para definir la capacidad del músculo de elongarse y permitir que una articulación (o más de una) se mueva dentro de su rango de movimiento (ROM). La pérdida de *Flexibilidad* se define como el descenso o pérdida de la capacidad de elongación del músculo (Zachezewski, 1989).

Bajo el concepto global de *Flexibilidad* se integra la limitación del ROM de la articulación, producida por los componentes propios de la articulación (estructura ósea, ligamentos y cápsula articular), concepto que algunos autores identifican con el término movilidad; y los limitantes producidos por el conjunto músculo – tendinoso, que moviliza la articulación y limita con su capacidad de elongación la utilización activa del ROM de la propia articulación.

Anderson y Burke (1991) definen la *Flexibilidad* como el ROM de una articulación o un conjunto de articulaciones que está determinado por diferentes estructuras corporales: músculos, tendones, ligamentos, cápsula articular y estructura ósea.

La *Flexibilidad* músculo – articular no existe como capacidad general del cuerpo, sino que es específica de cada articulación y acción articular concreta (Alter, 2004; Arregui, 2001; Moras, 1992). Por este motivo una persona no puede ser considerada flexible si únicamente se le aplica un test que mida una sola articulación (Benavent, 2008). Por consiguiente, para valorar la *Flexibilidad* como capacidad global de la persona, lo adecuado es realizar una suma o promedio de la *Flexibilidad*

alcanzada por todas las articulaciones o el mayor número de ellas, o que en el test aplicado para tal determinación participen varias articulaciones a la vez y sea validado para tal efecto (Corbin, 1980).

Una cuestión que también se ha debatido es si la *Flexibilidad* debe evaluarse mediante el ROM que una articulación alcanza. La capacidad de *Flexibilidad* de la articulación está condicionada por la capacidad de extensibilidad del tejido muscular. Por ello, hay ciertos autores que indican que la valoración o evaluación de esta capacidad debería estar relacionada con la medición de la capacidad propia de extensibilidad del tejido muscular frente a la medición del ROM de la articulación (Alter, 2004). Bajo este punto de vista, la *Flexibilidad* se la puede definir como la capacidad del músculo de elongarse permitiendo a una articulación (o a más de una articulación) moverse dentro de su ROM específico (Zachesevski, 1989).

Otro aspecto a tener en cuenta es el establecimiento de los diferentes tipos de *Flexibilidad* y su clasificación. En las revisiones realizadas al respecto se observa que la mayoría de los autores clasifican la *Flexibilidad* en activa y pasiva (Braganca, 2008; Merino, 2009), aunque también se debe indicar el empleo de *Flexibilidad* estática o dinámica y *Flexibilidad* general o específica (Merino, 2009).

La *Flexibilidad* estática no debe confundirse con la laxitud de una articulación, que se relaciona con las características de la cápsula articular y los ligamentos (Gleim, 1997). Sin embargo, es difícil distinguir si un reducido ROM se debe a un acortamiento muscular o a una reducida extensibilidad de la cápsula articular y los ligamentos. La *Flexibilidad* dinámica se identifica con la posibilidad de movimiento músculo – articular voluntario, que se alcanza dentro de la amplitud del ROM evaluado (Gleim, 1997). Está relacionada directamente con el *stiffness* muscular que es la propiedad mecánica de un cuerpo a oponerse a una fuerza de deformación y se mide a través de la cuantificación de la pendiente de la curva carga – elongación de un material.

La *Flexibilidad* está condicionada por diversos factores. Manno (1991) describe los factores que favorecen o limitan la movilidad de una articulación y los clasifica en factores de naturaleza anatómica y factores de naturaleza fisiológica. Grosser, Starischka y Zimmermann (1988) consideran, además, otros factores de los que puede depender la *Flexibilidad*: la hora del día, la fatiga, etc.

**1.4.1. Clasificaciones sobre la capacidad *Flexibilidad* en función de diferentes criterios (Merino, 2009)**

- **Criterio Fuerza**
  - I. Activa
    - Libre
    - Asistida
    - Resistida
  - II. Pasiva
    - Libre
    - Forzada
- **Criterio Cinética**
  - I. Dinámica
    - Libre
    - Asistida
    - Resistida
  - II. Estática
    - Libre
    - Forzada
- **Criterio Cuantitativo**
  - I. General
  - II. Sintética
  - III. Analítica
- **Criterio Demanda**
  - I. Funcional
  - II. De Reserva
  - III. Anatómica
  - IV. Genérica

#### 1.4.2. Factores Limitantes de la Flexibilidad

- **Factores de Naturaleza Anatómica:**
  - Los límites de elongación de la fibra muscular.
  - Los límites de elongación del tejido conectivo.
  - Los topes anatómicos articulares.
- **Factores de Naturaleza Fisiológica:**
  - La respuesta neuromuscular de tipo reflejo.
- **Otros Factores:**
  - Acción de la musculatura antagonista.
  - Herencia.
  - Edad y Sexo.
  - Hora del día.
  - Costumbres sociales.
  - Modalidad deportiva y grado de entrenamiento.
  - Fatiga

#### 1.4.3. Principales Métodos de Entrenamiento de la Flexibilidad

Los ejercicios que se utilizan para mejorar la *Flexibilidad* se denominan estiramientos. Se cree que los ejercicios de estiramiento aumentan el ROM de una articulación a través de la disminución de la viscoelasticidad y del aumento de la extensibilidad (*compliance*) de los músculos. La extensibilidad es lo contrario de la *Stiffness*, y matemáticamente es igual a la variación de longitud que se produce en un tejido dividido por la fuerza aplicada para lograr el cambio de longitud. Un tejido que es fácil de elongar es extensible (*compliance*), ya que se elonga aplicando muy poca fuerza (Shrier, 2002).

La viscoelasticidad hace referencia a la presencia de un comportamiento elástico y un comportamiento viscoso. Una sustancia elástica exhibirá un cambio en la longitud original inmediatamente después de que cese esta fuerza. El efecto no depende del tiempo; sin embargo, una sustancia viscosa manifiesta una fluidez y movimiento que si dependen del tiempo. Experimentalmente el comportamiento viscoso produce un aumento de la tensión si se aplica una

fuerza constante, o una relajación ante el estiramiento (*stretch relaxation*) si el condicional se establece entre la relajación ante el estiramiento y que la elongación se mantiene constante en el tiempo. Cuando la fuerza desaparece, se produce un retorno lento a su longitud inicial (Shrier, 2002). Esto es diferente a una deformación plástica, en la cual el material permanece permanentemente elongado, incluso después de que la fuerza haya desaparecido. Los estiramientos afectan a los tendones y otros tejidos conectivos además de al tejido muscular.

Los tres métodos principales de realización de los estiramientos son: balísticos (*Ballistic Stretching*), estáticos (*Static Stretching*) y la facilitación neuromuscular propioceptiva (*Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*) (Bandy, 1997). Clasificaciones más recientes parten de una subdivisión inicial en métodos estáticos frente a métodos dinámicos (Vinuesa, 1984).

- **Métodos Estáticos:**
  - Simple
  - Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP)
- **Métodos Dinámicos:**
  - Simple
  - Cinético o Balístico

### 1.4.3.1. Método Estático Simple

Aunque, para el trabajo de la *Flexibilidad*, se hace referencia a diferentes tipos de estiramiento, el que más se emplea es el estiramiento estático (Bandy, 1997). Esencialmente, el modo de llevar a cabo esta técnica es el siguiente: se llega de una forma lenta y controlada a una postura con una angulación articular suficiente para superar ligeramente la elongación propia de reposo muscular, y ahí se mantiene la postura sin forzar un mayor acercamiento (Sáez, 2005). El grado de elongación que se alcance estará condicionado por el umbral de tolerancia del dolor del deportista, que no se debe intentar superar en el trabajo de alta intensidad de esta capacidad. Smith (1994) señala que esta técnica de trabajo de *Flexibilidad* es la más segura y la que menor riesgo de lesión tiene.

Desde un punto de vista científico, el aspecto que más se ha estudiado sobre esta técnica es cómo influye el tiempo de mantenimiento de la posición de elongación sobre las mejoras en la capacidad de *Flexibilidad*. Diversos autores (Madding, 1987; Bandy, 1994; Bandy, 1997) coinciden que los tiempos óptimos de estiramientos son entre los 30 y los 60 segundos por grupo muscular (no

encontrándose diferencias significativas dentro de estos tiempos, siendo estos igualmente efectivos).

### 1.4.3.2. Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP)

Este método de trabajo fue introducido por Knott (1968), quien lo definió como una forma de promover o acelerar los mecanismos neuromusculares a través de la estimulación de los propioceptores.

La FNP se ha diversificado en varias técnicas que tienen un nexo común que consiste en la utilización de dos reflejos neurofisiológicos para aumentar la elongación del tejido muscular: el reflejo de inhibición autógena y el reflejo de inhibición recíproca (Robles, 2009).

El reflejo de inhibición autógena o de relajación post-contracción se basa en la inhibición refleja de un músculo tras una contracción estática máxima. Este reflejo está mediado por los órganos tendinosos de Golgi, que al percibir altas tensiones en los tendones reaccionan provocando la relajación muscular mediante la inhibición neurológica (Mc Atee, 2000; Nelson, 2005). Esta relajación tras la contracción es aprovechada para conseguir mayores elongaciones musculares durante el subsiguiente estiramiento.

El reflejo de inhibición recíproca es un reflejo que está mediado por los husos neuromusculares, que al detectar una contracción muscular actúan inhibiendo la contracción de la musculatura contraria simultáneamente, lo que facilita el estiramiento (Mc Atee, 2000). Las técnicas y nomenclaturas que aparecen con más regularidad en la literatura científica son: *Contract – Relax*, *Hold – Relax*, *Contract – Relax – Contract* y *Hold – Relax – Contract* (Robles, 2009).

La gran limitación para aplicar esta técnica es la obligatoriedad de trabajar con otra persona que realice resistencia a la contracción excéntrica (Nelson, 2005), mientras que las otras técnicas se pueden realizar de forma individual. Los protocolos de aplicación de esta técnica son diversos y pueden ser consultados en diferentes referencias bibliográficas (Adler, 2002; Buck, 2002; Di Santo, 2001a; Di Santo, 2001b).

### 1.4.3.3. Método Dinámico Simple (DROM)

El estiramiento dinámico debe ser entendido de forma general como el estiramiento del músculo producido por la contracción y relajación de los músculos antagonistas al propio estiramiento (Shrier, 2002). Este método de entrenamiento se denomina *Dynamic Range of Motion (DROM)*.

Se lo describe como una técnica que permite al músculo ser elongado de forma natural en un estado de relajación. Esta elongación se alcanza a través de la contracción de los músculos antagonistas de la acción, movilizandando la articulación que se pretende entrenar sobre su amplitud total de movimiento de una forma lenta y controlada. Si se aplica esta técnica a los isquiosurales de un deportista, éste, desde una posición de tendido supino, debe realizar una flexión de cadera en la que se implica la acción del psoas ilíaco y el recto anterior, de forma lenta y controlada, intentando mantener la rodilla en completa extensión mediante la contracción del cuádriceps. Alcanzar el máximo de flexión de cadera por medio de esta acción dinámica causará un estiramiento de los músculos isquiosurales.

La intervención mediante contracción de los músculos flexores de la cadera (principalmente el psoas ilíaco y el recto anterior) causará la aparición del reflejo de inhibición recíproca de los músculos antagonistas (isquiosurales), lo que provoca un estado de relajación que mejora la elongación.

Hay diferentes razones para aconsejar la utilización de este *DROM* en lugar de los estiramientos estáticos. Entre ellas, que produce un mayor incremento de la temperatura muscular debido a la realización de contracciones, lo que provoca que el músculo incremente su velocidad y fuerza de contracción, y de esta manera, la capacidad de realizar trabajo aumenta y se incrementa la velocidad de transmisión del impulso nervioso (Nelson, 2005).

#### 1.4.3.4. Método Cinético o Balístico

Los estiramientos balísticos son aquellos que se realizan a través de lanzamientos, oscilaciones y rebotes, que se ejecutan cerca del máximo rango de movimiento. Se emplea el momento de giro provocado por el lanzamiento o rebote para incrementar la elongación del músculo (Nelson, 2005).

El American College of Sports Medicine (ACSM) ha recomendado el método balístico, junto al estiramiento estático y la FNP. Sin embargo, esto debe tomarse con precaución ya que al efectuar este tipo de estiramientos existe más riesgo de lesión que con los estáticos (Beedle, 2007). Se han documentado mejoras en el ROM utilizando este tipo de estiramiento pero los científicos argumentan que la cantidad de energía utilizada en este tipo de acciones sitúa al deportista en una situación de posible riesgo de lesión.

Es difícil cuantificar el desarrollo de la *Flexibilidad* con la utilización de estos estiramientos (Parelló, 2004), no obstante, existen investigaciones que confirman que al igual que los métodos estáticos, los balísticos son efectivos para el desarrollo de la *Flexibilidad* (Rosenbaum, 1995;

Stamford, 1984). De hecho, este tipo de estiramientos son recomendados para personas altamente entrenadas.

Por último, es necesario dar cuenta que el estiramiento balístico activa el reflejo de estiramiento o reflejo miotático muscular, provocado por la estimulación de los husos neuromusculares como respuesta al incremento rápido de elongación de las fibras musculares. Esta activación del reflejo miotático conlleva a la contracción involuntaria de las fibras musculares que están siendo elongadas por el propio estiramiento balístico. Esto puede producir el sobreestiramiento o la rotura de las fibras musculares.

#### 1.4.4. Efecto Agudo de los Estiramientos Sobre el Rendimiento

Uno de los temas relacionados con la *Flexibilidad* y los estiramientos que más investigaciones ha derivado es el efecto agudo que producen los estiramientos sobre el rendimiento deportivo. Pese a esto, todavía no hay una homogeneidad en los resultados. Existen referencias a estudios que evidencian que el efecto agudo del estiramiento muscular puede ir en detrimento del rendimiento de diferentes esfuerzos máximos, como por ejemplo: la máxima contracción voluntaria concéntrica (Avela, 1999; Cramer, 2007; Yamaguchi, 2006), la altura del salto vertical (Cornwell, 2002) y la velocidad de carrera (Ayala, 2010; Cornwell, 2002).

Los ejercicios de estiramiento son comúnmente utilizados en la fase de acondicionamiento previo a la sesión de entrenamiento o la competición deportiva. Se cree que su utilización en esta fase previa a la actuación deportiva de alta intensidad mejora el rendimiento y reduce el riesgo de lesión (Bacurau, 2009).

Efectuar un estiramiento caracterizado por el mantenimiento de una posición de elongación del músculo produce la relajación del mismo, proceso conocido como *Stress Relaxation*, lo cual incrementa su capacidad de elongación. Si un músculo específico es mantenido en una posición estática de elongación realizando un estiramiento pasivo, la resistencia a la elongación del músculo, medida a través del momento articular, disminuye con el tiempo (Magnusson, 1998). Este hecho indica que los ejercicios de estiramiento realizados afectan a la estructura músculo – tendinosa del deportista. En este sentido, se puede indicar que las propiedades pasivas de la estructura músculo – tendinosa se ven afectadas durante y posteriormente a la realización de estiramientos, pero que el grado y el tiempo de afectación varía en función de la duración del estímulo aplicado (Magnusson, 2006).

Diversas investigaciones han estudiado la aplicación de estiramientos estáticos como parte del acondicionamiento previo, encontrando en ellos una reducción media en la producción de potencia (Avela, 1999), un decrecimiento en la capacidad del músculo de generar fuerza y potencia en saltos, aceleraciones y resistencias musculares (Cramer, 2005; Fletcher, 2004) y un descenso en la activación muscular (Behm, 2001)

### **1.4.5. Efectos de los Estiramientos y Entrenamiento de la *Flexibilidad* Sobre la Prevención de Lesiones**

Se ha recomendado efectuar estiramientos en el acondicionamiento previo a la realización de cualquier actividad deportiva como medio para prevenir lesiones (Safran, 1989). Las adaptaciones agudas que se producen a nivel muscular por la realización de estiramientos estáticos o dinámicos se explican en base a la respuesta viscoelástica muscular ante fuerzas de tracción.

Dos son los mecanismos que potencialmente podrían justificar esta afirmación: la reducción del *Stiffness* muscular y la reducción de la respuesta refleja muscular (Magnusson, 1996). Por un lado, el objetivo de la realización de estiramientos en la fase de acondicionamiento previo es incrementar el grado de extensibilidad de la musculatura (Gleim, 1997). El estiramiento produce una disminución del *Stiffness* muscular por medio de los cambios producidos en las propiedades viscoelásticas musculares. La falta de extensibilidad muscular o el elevado tono de la musculatura antagonista favorecen las lesiones deportivas, en especial las musculares (Petersen, 2005; Witvrouw, 2003). Por otro lado, el estiramiento produce una reducción indirecta del *Stiffness* muscular a través de una inhibición refleja del músculo y cambios en las propiedades viscoelásticas debido a la disminución de los puentes cruzados de actina y miosina (Shrier, 2002). La disminución consecuente del *Stiffness* muscular produce un incremento del ROM de la articulación, lo que disminuye el riesgo de lesión del deportista.

Casáis (2008) afirma que para preservar a los deportistas de posibles lesiones musculares por sobreestiramiento, es necesario lograr un buen nivel de flexibilidad residual. De esta forma, se obtiene un rango articular y muscular de reserva, por si algún gesto inesperado o no habitual es superior a los gestos de la *Flexibilidad* o movilidad de trabajo.

### **1.4.6. Evaluación de la *Flexibilidad***

La evaluación de la *Flexibilidad* es una tarea difícil, ya que por un lado existen pocos tests comprobados como válidos y fiables, y por otro, es muy complicado aislar la movilidad de cada

grupo articular sin involucrar a los demás y establecer hasta qué punto intervienen unos y otros (Martínez, 2003).

### 1.4.6.1. Materiales de Medición Directa

Los materiales más referenciados en la literatura para la medición directa de la articulación son: el goniómetro, el flexómetro de Leighton, los electrogoniómetros y las técnicas de imagen.

En el laboratorio se emplea el goniómetro como elemento más fiable para medir los ángulos de desplazamiento de las articulaciones, es decir, su amplitud. El goniómetro estándar es un transportador de ángulos con dos brazos, uno fijo que forma el cuerpo del goniómetro con el transportados y uno móvil unido al cuerpo con un remache (Di Santo, 2000).

Durante su aplicación se hace coincidir el eje de los instrumentos sobre el fulcro de la articulación, y los brazos del goniómetro con los segmentos móviles de la misma. El principal problema que existe para su utilización es la falta de objetividad de la medición, ya que se requieren por parte del examinador conocimientos de anatomía para detectar los puntos óseos y para alinear bien los brazos del goniómetro. Además, no es aconsejable su utilización para medir el movimiento espinal (Di Santo, 2000).

El Flexómetro de Leighton fue creado en 1960 y mide la *Flexibilidad* en términos de grados. Es un goniómetro de tipo gravitatorio, que tiene un dial graduado en 360° y una aguja indicadora (Arregui, 2001). Cuando el cilindro es desplazado de la vertical, merced a un mecanismo interno propio del aparato, tanto el disco como la aguja se mueven. Una vez que se alcanza la máxima amplitud en el movimiento evaluado, dos tornillos permiten fijar la aguja y el disco con respecto al cilindro a los efectos de marcar la graduación lograda y que el sujeto pueda volver a la posición de partida sin que los datos tomados se pierdan. El flexómetro se fija apropiadamente a un segmento del cuerpo y el rango de movimiento se toma con respecto a esta perpendicular (Di Santo, 2000).

La electrogoniometría es una herramienta que sirve para medir la variación de los ángulos articulares mediante un sistema electromecánico. Los electrogoniómetros han abierto la posibilidad de medir el movimiento articular durante la realización de una actividad. El más sencillo consiste en dos piezas terminales unidas mediante un potenciómetro electrónico que queda protegido en el interior por un resorte. Los dispositivos más potentes pueden utilizar hasta tres potenciómetros para cada articulación, lo que permite la determinación simultánea del movimiento en tres planos (Trew, 2006).

El inclinómetro o goniómetro clínico es otro goniómetro gravitatorio con un fundamento similar al de Leighton y sirve para la medida de los desplazamientos espinales (Arregui, 2001).

La utilización de la videografía para la evaluación de la *Flexibilidad* es un método poco extendido, sin embargo, se ha utilizado en estudios de la cinemática del movimiento (Stacpoole – Shea, 1984).

### 1.4.6.2. Test de *Flexibilidad*

Existen diferentes métodos para la evaluación de la *Flexibilidad*. Los tests más sencillos para la evaluación de la *Flexibilidad* estática o pasiva son: el *Toe – Touch Test* y su variante, en la que no se elimina la influencia positiva de la gravedad. El *Sit and Reach Test* (Wells, 1952), el test de flexión profunda del cuerpo (Litwin, 1974), el Tot – Flex original (Porta, 1987) y el Tot – Flex modificado (González – Millán, 1997).

Por regla general, todos estos tests evalúan la movilidad corporal general (músculo – articular) de los individuos de forma activa, aunque siempre se debe tener en cuenta que los resultados de dichos tests de campo pueden estar influidos por las medidas antropométricas de los propios individuos evaluados. Para poder inferir que un test es más válido que otro, se debe hacer la medición de numerosos núcleos articulares y con este resultado establecer una correlación con el valor único de los tests activos generales que se hayan empleado.

El *Sit and Reach Test* fue descrito por Wells (1952) y es un método ampliamente utilizado para la valoración de la *Flexibilidad* del tronco y de los músculos posteriores del muslo debido a su facilidad de aplicación. Así como se considera que este test presenta una elevada reproductibilidad, se cuestiona su validez para la evaluación de la *Flexibilidad* en isquiosurales y zona baja de la espalda. Otro de los aspectos que se le ha cuestionado es la relación que tienen las medidas antropométricas de la persona sobre los resultados de estos tests.

El test *Toe Touch* fue descrito en 1960, es prácticamente igual al test de Wells pero la diferencia fundamental es que se realiza de pie, en lugar de sentado. Mide la *Flexibilidad* en centímetros y presenta prácticamente las mismas ventajas y desventajas que el *Sit and Reach Test*. La fuerza de la gravedad puede ejercer un efecto favorecedor sobre la amplitud del movimiento evaluado. La situación de la pelvis permite realizarse pequeños movimientos de ajuste de la misma a partir de los cuales el individuo puede alcanzar un mayor resultado en la evaluación de su *Flexibilidad*. Estos movimientos difícilmente controlables disminuyen la validez y reproductibilidad del test.

El objetivo del test de flexión profunda del tronco es medir la *Flexibilidad* global del tronco y los miembros superiores e inferiores (Martínez, 2003). Para llevar a cabo se precisa una plataforma de

0,76 x 0,88m sobre la que se sitúa una escala métrica. El sujeto se coloca sobre ella de pie y descalzo, haciendo coincidir sus talones con la línea que determina el "0" en la escala de medición y éstos deben permanecer totalmente apoyados durante su ejecución. Se realiza la flexión anterior del tronco, con los pies separados y acompañada de una ligera flexión de rodillas, de manera que las manos lleguen lo más atrás posible sobre la escala métrica, después de pasarlas entre las dos piernas. Es necesario mantener el equilibrio durante toda la prueba y se ha de salir por delante de la tabla. No están permitidos los movimientos ni empujes bruscos. Se valorará en centímetros (sin fracciones de éstos) y el mejor de los dos intentos.

Por último, el *Flexitest* fue originalmente elaborado y descrito por Pavel y Araujo (1980). A través de esta prueba es posible registrar la *Flexibilidad* pasiva máxima de veinte movimientos articulares que se convierten en 36 si se tienen en cuenta las articulaciones bilateralmente. Todos los movimientos deben ser ejecutados y evaluados en una determinada secuencia. La evaluación se efectúa comparando el movimiento realizado por la persona en cada articulación con mapas de análisis o dibujos previamente establecidos. En cada mapa aparece un mismo movimiento representado con diferentes grados de amplitud. Cada nivel de amplitud tiene un valor (0 a 4), que es asignado en función de la amplitud alcanzada por el sujeto. Las articulaciones implicadas en el test son: el tobillo, la rodilla, la cadera, el tronco, la muñeca, el codo y el hombro. Se realizan ocho movimientos en los miembros inferiores, tres en el tronco y nueve en los miembros superiores. La numeración de estos movimientos se hacen en sentido distal – proximal. Cada uno de ellos se mide con respecto a una escala creciente y discontinua de 0 a 4 (números enteros), representando un total de cinco valores posibles. Este test, además de establecer una medida para cada una de las articulaciones / movimientos, hace un análisis de ellos y también compara el nivel de *Flexibilidad* en diferentes articulaciones.

1.4.7. Desarrollo de la Flexibilidad en el Fútbol Infantil

Edad	Manifestaciones	Objetivos	Medios / Métodos
6 - 7	Dinámica Estática	-Acortamientos y debilidades	-Evitar trabajar en parejas
8		-Trabajo general bilateral	-Activa Libre
9		-Aprendizaje de destrezas y correcta alineación postural	-Pasivo Libre
10		-Prevención de desequilibrios musculares a largo plazo	
11		-Cuidado en cadera y columna vertebral	
		-Trabajo general bilateral	
		-Aprendizaje de destrezas y correcta alineación postural	
		-Prevención de desequilibrios musculares a largo plazo	
12		-Flexibilidad deteriorada	-Activa Libre
		-Trabajo general bilateral	-Pasivo Libre
		-Aprendizaje de destrezas y correcta alineación postural	-Pasivo Asistido
		-Prevención de desequilibrios musculares a largo plazo	-FNP
		-Primeros maduradores (grandes acortamientos): Pectorales, Isquiosurales, Lumbares y Psoas	
13		-Flexibilidad deteriorada (Estimular y Desarrollar)	
		-Baja movilidad de hombros y baja extensión de piernas	
		-Trabajo general bilateral	
		-Correcta alineación postural	
		-Prevención de desequilibrios musculares a largo plazo	
		-Grandes acortamientos Cadena Posterior y Anterior	

### 1.5. Coordinación y Agilidad

La agilidad y la coordinación son los bloques que conforman un deporte (junto al resto de las capacidades) y las herramientas que los deportistas utilizan para expresar sus gestos tanto si son armoniosos y, al mismo tiempo, potentes como si muestran una sincronización dinámica y elegante de las piernas y los brazos.

#### 1.5.1. Agilidad

Es difícil definir la agilidad porque es la culminación de casi todas las habilidades físicas del sujeto. Cuando se integra en un sistema de coordinación, la agilidad permite que el deportista reaccione frente a un estímulo, responda rápido y de modo eficiente, se mueva en la dirección correcta y esté preparado para cambiar la dirección o pararse rápidamente para hacer que el juego sea rápido, suave, eficiente y replicable. Las personas, a su vez, poseen distintos tipos de agilidad:

- Cambios de dirección de todo el cuerpo en el plano horizontal como los amagues o evitaciones.
- Cambios de dirección de todo el cuerpo en el plano vertical, como los saltos.
- Movimientos rápidos de distintas partes del cuerpo que controlan los movimientos de los implementos en el deporte.

Un deportista que posea una agilidad de alta cualidad puede utilizarla para tomar ventaja en la competición. Una agilidad de elevada cualidad reduce el riesgo de lesiones, mejora el rendimiento, y la capacidad de evadirse porque permite que el deportista pueda crear engaños o neutralizar la competición, y perfecciona la habilidad del deportista para adaptarse a un objeto externo como una pelota.

Puede compararse al deportista con el sistema de una computadora: ambos disponen de mucha potencia y de una gran potencialidad. Sin embargo, sin agilidad el deportista será tan poco eficaz como una computadora al que le faltan los programas adecuados (una gran potencialidad pero poco rendimiento).

Existen dos elementos importantes en el desarrollo de la agilidad, tales como la coordinación y la destreza. El papel de la coordinación es ejecutar los movimientos seleccionados en respuesta a un estímulo. El papel de la destreza es organizar esas habilidades coordinadas para obtener un conjunto eficaz de movimientos generales, especiales y específicos del deporte. Estos movimientos deberían

ejecutarse de manera que se obtenga la mayor seguridad con el mínimo tiempo y energía. Ciertos actos requieren del uso de determinadas cualidades.

### 1.5.2. Coordinación

El *Taber's Cyclopedic Medical Dictionary* (Thomas, 1993) define a la coordinación como el trabajo conjunto de varios músculos para producir un determinado movimiento. En el ámbito de las ciencias del ejercicio, la coordinación es considerada como la habilidad del cuerpo para organizar dos o más patrones con el fin de conseguir un determinado objetivo motor.

La coordinación involucra una intrincada y compleja secuencia de procesos. Simplificando, estos procesos abarcan las reacciones frente a las señales sensitivas (estímulos), la selección y la elaboración de un programa motor adecuado a partir de las destrezas aprendidas (aprendizaje motor), y finalmente la ejecución de la acción. La información se envía al cerebro para establecer predicciones, evaluaciones y reajustes. Todo el proceso tiene lugar en cuestión de milisegundos. El propio proceso de aprendizaje motor puede dividirse en cuatro pasos:

1. Los movimientos musculares estimulan los receptores sensoriales.
2. Los receptores sensoriales envían información al sistema nervioso central (SNC), que actúa como un procesador de información.
3. El SNC ejecuta, ajusta y mejora esta información.
4. El SNC envía de nuevo la información hacia los músculos activos a través de las vías motoras.

Puesto que cualquier estímulo externo e interno puede modificar la respuesta a cualquier nivel del proceso, el sistema es a la vez complejo y eficaz. Por ello, el estudio del aprendizaje motor supone un gran desafío y especialidad.

El proceso de aprendizaje motor comprende los cambios sistemáticos del comportamiento motor que conducen, primero a la consecución, y posteriormente al perfeccionamiento, de determinadas destrezas motoras. A pesar de que el aprendizaje de una destreza motora es un proceso complejo y que aún no se conoce completamente, se han identificado algunos pasos esenciales.

- **Identificación del Estímulo:** los deportistas reciben la información de las vías exteriores (exaferentes) o de las interiores (reaferentes). Las vías externas empiezan con un estímulo procedente del exterior, mientras que las vías internas reciben la información transmitida al SNC desde los componentes motores activos. El resultado es que la información procede de uno, o con mayor probabilidad de una combinación, de los cinco sentidos básicos: cinestésico – propioceptivo, tacto, vestibular estático – dinámico, óptico o acústico.
- **Selección de la Respuesta:** en este estadio se procesa la información. Cuando la información se ha procesado, se accede a la biblioteca de los programas motores de que dispone el deportista. A continuación se hace una selección, para establecer la respuesta más conveniente en base a la información adquirida.
- **Programación de la Respuesta:** para ejecutar el programa motor que se ajuste mejor a la situación, mientras se crea una referencia para esta elección. Posteriormente se ejecuta el programa motor, enviando las órdenes por el SNC hacia los músculos adecuados, estimulando el reclutamiento de las unidades motoras adecuadas y sincronizándolas para generar el movimiento. A cada uno de los niveles de este proceso, se envía información de retroalimentación hacia los centros del SNC para establecer comparaciones con el resultado deseado.
- **Retroalimentación:** a lo largo de la ejecución del proceso se producen distintos tipos de retroalimentación. Los músculos retransmiten su fuerza y longitud, los propioceptores y receptores cinestésicos informan de la posición de las articulaciones y del cuerpo, y los sistemas visual y auditivo añaden información relativa al exterior. Toda esta información se transfiere hacia atrás por la vía de retroalimentación de la respuesta motora. La información se utiliza para comparar el programa motor real con los efectos motores deseados, y se inicia el proceso de eliminación de errores mediante el cual el cuerpo empieza a suprimir las acciones que podrían entorpecer el rendimiento deportivo deseado.

El aspecto más valioso de este sistema es que los deportistas aprenden cada acción por ensayo, error y acierto. Descubren lo que funciona y lo que no, recuerdan lo que funciona y descartan lo que no consideran útil y, al hacer otro intento, reconstruyen lo que consideran apropiado. A través de este proceso de reajustes y de construcción sobre lo que funciona (práctica), se establecen programas motores eficaces que podrán utilizarse con mayor eficiencia y eficacia en las siguientes tareas.

Desde el primer minuto que el entrenador empieza a trabajar con el deportista, establecen las bases para cualquier rendimiento futuro. El cerebro del deportista aprende estos hábitos creando patrones de memoria denominados *Engramas*. Estos son programas motores “grabados” en el protoplasma del tejido cerebral cuando se han repetido un número suficiente de veces. Estos elementos permanentes pueden ser positivos o negativos según la calidad de la información que encierren.

El antiguo dicho “la práctica hace la perfección” no siempre es real. Es más correcto plantear: “una práctica perfecta hace la perfección”. Insistiendo que los deportistas ejecuten perfectamente las técnicas de cualquier acto que hagan, desde la preparación para el inicio del gesto, pasando por el incremento de la fuerza, hasta el desarrollo de los sistemas energéticos. La aceptación de los hábitos incorrectos aumenta el riesgo de lesión del deportista y compromete su derecho a alcanzar el éxito deportivo.

Un deportista que haya desarrollado programas motores de una calidad inferior a la óptima, deberá dedicar una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo a suprimir los programas preexistentes, y construir otros nuevos y más eficaces para alcanzar el máximo rendimiento. Estos nuevos programas serán las herramientas del deportista para el rendimiento futuro, herramientas que darán resultados de mayor calidad y con menos esfuerzo. En este sentido, existen tres estadios principales en el perfeccionamiento de la coordinación:

- **Coordinación General:** en este estadio el deportista intenta aprender una tarea nueva y debe hacer los movimientos de forma consciente. El deportista debe prestar atención a su cuerpo, con el fin de controlar la nueva tarea. Dependerá en gran medida de los sistemas sensoriales visual y auditivo porque el resto de los sentidos no están suficientemente preparados para proporcionarle una información de gran precisión. Esta jerarquía sensorial se invertirá a medida que el proceso de aprendizaje avance hacia un perfeccionamiento fino o extrafino.
- **Coordinación Especial:** en esta fase el deportista empieza a interiorizar como debería ser la información sensitiva del movimiento, dependerá menos de los sistemas visual y auditivo, con la excepción de la información procedente del entrenador, y más de los receptores propioceptivos profundos, y los receptores mecánicos dinámicos y estáticos. El deportista utiliza los mecanismos de retroalimentación que perfeccionan la destreza motora mientras inhibe las acciones no deseables, y favorece que el resultado del movimiento sea más eficiente.

- **Coordinación Específica:** éste es el último estadio del aprendizaje motor cuando la integración de los programas motores automatizados, libres de actividad superflua, permite que el deportista ejecute el movimiento de forma eficaz en distintas condiciones.

A lo largo de este proceso de perfeccionamiento, el cuerpo aprende a mejorar la eficiencia de los movimientos deseados. La eficiencia puede incrementarse mediante la mejora de la coordinación intramuscular e intermuscular. La primera hace referencia a la habilidad de coordinar distintas unidades neuromusculares para que actúen de forma simultánea al ejecutar una contracción muscular. La segunda es la interacción cooperativa de varios músculos, con el fin de efectuar una acción.

### 1.5.3. Componentes de la Coordinación

Definimos siete componentes que engloban en su totalidad al concepto Coordinación y que deberán ser trabajados tanto de forma simultánea como alternada con el fin de conseguir su correcto aprendizaje, estimulación, desarrollo y optimización en cada caso. Al mismo tiempo, estos forman parte de tres grandes grupos funcionales (aprendizaje motor, control motor y adaptación y readaptación motriz (Meinel y Schnabel, 2013):

1. **Capacidad de Acoplamiento:** capacidad de coordinar apropiadamente los movimientos parciales del cuerpo entre sí (ejemplo: movimientos parciales de las extremidades, del tronco y de la cabeza) y en relación con el movimiento total que se realiza para obtener un objetivo motor determinado. Unir movimientos parciales diferentes del cuerpo, tornándolos una secuencia coordinada. Permite ligar o combinar *Habilidades Motoras* como por ejemplo: correr y saltar. Las capacidades de *Diferenciación* y de *Ritmización* se encuentran en relación estrecha con la capacidad de *Acoplamiento*.
2. **Capacidad de Equilibrio:** es la capacidad de mantener (si fuese el caso de una posición estática o en movimientos lentos) o recuperar (cuando se realizan movimientos rápidos o saltos) la estabilidad. El *Equilibrio* se mantendrá estable, siempre que el centro de gravedad esté dentro de la base de sustentación y no posea una inercia que tienda a sacarlo del mismo. Sin embargo será difícil o imposible de mantener cuando la proyección del centro de masas o la proyección del punto de fuerza equilibrante sobrepase esta superficie.

3. **Capacidad de Orientación:** capacidad para determinar y modificar la posición y los movimientos del cuerpo en el espacio y en el tiempo, en relación con un campo de acción definido (ejemplo: ring de boxeo, aparato de gimnasia, etc.). Capacidad para determinar el espacio disponible y actuar en él, utilizando todas sus posibilidades. Es también la capacidad de saberse relacionar adecuadamente con compañeros, adversarios y con el objeto central del juego, en la mayoría de los deportes colectivos y de pelota. En esta capacidad el acento está en el movimiento del cuerpo en su totalidad y no en el de sus partes.
4. **Capacidad de Diferenciación:** capacidad para lograr una ejecución de movimiento en forma perfecta con economía del esfuerzo, tal cual el programa archivado en la memoria; un gran dominio de movimiento capacita al ejecutante para variar algunas de sus etapas, haciendo una distinción bastante refinada. La capacidad de *Diferenciación* está en relación estrecha con las capacidades de *Acoplamiento* y de *Orientación*, teniendo un carácter condicionante para con las capacidades de *Equilibrio* y *Ritmización*.
5. **Capacidad de Ritmización:** es la capacidad de dar un sustento rítmico a las acciones motrices (movimientos globales y parciales), es decir, de organizar los compromisos musculares de contracción y relajación según un orden cronológico. Forman parte de esta capacidad el saber adaptarse a un ritmo establecido o imprevistamente cambiado. Es determinante en el aprendizaje de cualquier movimiento deportivo y de desarrollo táctico de situaciones en las cuales se prevén variaciones de frecuencia de movimientos.
6. **Capacidad de Reacción:** se refiere a la velocidad con que una señal es detectada y es desconocida. Se entiende como la capacidad de inducir y ejecutar rápidamente acciones motoras breves, adecuadas en respuesta a una señal, donde lo importante consiste en responder en el momento oportuno y con la velocidad apropiada de acuerdo a la tarea establecida, pero en la mayoría de los casos el óptimo está dado por una reacción lo más rápida posible a esa señal. Está en estrecha relación con la capacidad de *Cambio*, con la velocidad de movimiento y con capacidades intelectuales.
7. **Capacidad de Cambio:** permite adaptar y transformar el programa motor debido a modificaciones en el ambiente, o a situaciones imprevistas o totalmente inesperadas, capaces de interrumpir el movimiento programado, y provocar su persecución con otros esquemas o programas motores. La capacidad de *Cambio* aparece en estrecha relación con las capacidades de *Orientación*, *Equilibrio*, *Acoplamiento* y de *Reacción*.

### 1.5.4. Maduración del Sistema Nervioso, Crecimiento, Coordinación y Agilidad

Si bien el sistema nervioso ya es automáticamente completo al nacer, aún lejos está de ser completamente funcional, necesitará años para que su madurez sea total y esto lo ilustran dos mecanismos principales: la mielinización de los axones (formación progresiva de la vaina de mielina que rodea a los axones) y la sinaptogénesis o inicio de la sinapsis.

Sin embargo, al nacer, los principales centros de control de la vida vegetativa (circulación, respiración) o de algunas funciones (vigilia y sueño, atención) situados en el tronco cerebral son funcionales.

Al mismo tiempo que la mielinización y la evolución de los centros corticales, que se efectúan según etapas y direcciones muy precisas entre las áreas y escalonándose en más de 20 años, las posibilidades motrices y cognitivas de los niños se incrementan de modo evidente y fácilmente observables.

La evolución del cerebelo, por ejemplo, se traduce en un equilibrio del tono muscular (hacia los 3 meses), el control de la posición de sentado (6 meses) y de pie (9 meses), la adquisición de la marcha (12 meses) y más tarde, de la carrera (24 meses). Pero, no será hasta los 4 años aproximadamente cuando la madurez de las áreas somestésicas del lóbulo parietal, asociado a las sensaciones provenientes del cuerpo y entre ellas las que generan los movimientos, será igual que la de las áreas motrices del lóbulo frontal, asociadas a los accionamientos motrices. Así, a partir de esta edad, el control de los movimientos es también mucho más exacto.

También es claro que el número de sinapsis entre los 4 y los 9 años supera ampliamente el de los adultos tal como lo atestigua el consumo de glucosa cortical que, a esta edad, representa dos veces más que los niveles del adulto alcanzados hacia los 16 – 18 años. Eso da como resultado unas posibilidades de aprendizaje más que elevadas a esta edad (lo cual subraya el concepto de *Ventana Óptima de Posibilidades*) que se ven favorecidas por las estimulaciones precoces, sobre todo, en el aprendizaje de los movimientos y habilidades básicas.

Esta riqueza funcional se reduce cuando la madurez sináptica finaliza, asociada probablemente a las modificaciones químicas de la eficacia de los neurotransmisores en las sinapsis, la plasticidad neuronal disminuye otro tanto. También es fácil de entender que cualquier logro del sistema nervioso se traduzca en dificultades motrices, en las que resalta la torpeza o la dispraxia o trastornos de adquisición de la coordinación, así como en dificultades cognitivas o afectivas que comprometan el aprendizaje.

### 1.5.5. Leyes que Rigen la Maduración y el Crecimiento

Existen una serie de leyes inherentes a estos fenómenos elementales que nos explican cómo se comporta a través del tiempo la maduración y el crecimiento. Estas nos son de utilidad para establecer cuál es el comportamiento que tiene la coordinación desde el punto de vista evolutivo, y en función de ello, determinar o priorizar algunos contenidos a trabajar.

- **Ley de la Disociación:** todas las partes del cuerpo no aumentan en conjunto ni en las mismas proporciones. Si bien la mayoría de las dimensiones del cuerpo, como talla sentado, longitud de miembros inferiores, ancho de hombros y caderas, circunferencia de los miembros, envergadura de brazos, masa muscular, y otras, siguen un patrón de crecimiento similar, lo que varía, es la coordinación (timing), el ritmo (tiempo) y la intensidad de la explosión del crecimiento en cada uno.

De todos modos, los distintos segmentos corporales aceleran y desaceleran su crecimiento siguiendo un orden bastante preciso: por regla general, la longitud de miembros inferiores ocurre al principio de la explosión en el crecimiento, y es anterior al crecimiento de la talla sentado o del largo del tronco (entre 6 y 9 meses aproximadamente).

El pie tiene una ligera aceleración del crecimiento cerca de 6 meses antes que la pierna que, a su vez, tiene una aceleración un poco más precoz que los músculos. El pie generalmente, completa la maduración antes que otra parte del cuerpo (miembro o tronco), y alcanza la dimensión adulta antes de completar el crecimiento.

El gradiente de crecimiento de los miembros superiores es idéntico al de los miembros inferiores, por lo cual la mano completa su crecimiento antes que el antebrazo y este a su vez antes que el brazo.

El pico de crecimiento en altura (PHV) que ocurre en la pubertad, generalmente es contemporáneo al pico de altura en talla sentado o del largo del tronco y este es posterior a la longitud de miembros superiores, mientras que el crecimiento máximo en el peso corporal ocurre después del PHV en estatura.

**-Ley de Secuenciación:** dentro de esta encontramos 2 leyes que tienen que ver con el orden que sigue el gradiente de mielinización y maduración corporal:

**-Ley Céfaló – Caudal:** la maduración comienza por la cabeza y sigue en sentido descendente hasta los pies. Por esta razón controla la cabeza antes que el tronco y este antes que los miembros.

**-Ley Próximo – Distal:** la maduración se ordena desde el centro del cuerpo hacia las extremidades, por ello controla el brazo antes que el antebrazo y este antes que la mano y el mismo ordenamiento para el miembro inferior, es decir, el muslo antes que la pierna y esta antes que el pie.

En función de lo anteriormente expresado, la coordinación se transmite desde un punto de vista sensitivo – motriz en dos direcciones:

- **De arriba hacia abajo:** las regiones cercanas al cerebro coordinan antes que las lejanas, y en ese descenso al llegar a las extremidades se dirige en ambas direcciones.
- **De adentro hacia afuera:** los movimientos del brazo y el muslo se coordinan antes que los movimientos de la mano y el pie.

Si enfrentamos el patrón natural de crecimiento con el patrón de maduración llegaríamos a la conclusión de que ambos procesos están cruzados. Esto es debido a que el gradiente de crecimiento corporal es centrípeto (ocurre desde la periferia hacia el centro) y cada parte acelera en momentos diferentes. En tanto que el gradiente de maduración orgánica es centrífugo (sucede desde el centro hacia la periferia) diametralmente opuesto al del crecimiento. Así vemos que el pie y la mano son lo primero que acelera en crecimiento, pero al mismo tiempo, es lo último que madura y, en consecuencia, el organismo recién lo controlará al final.

1.5.6. Desarrollo de la Coordinación y Agilidad en el Fútbol Infantil

Edad	Manifestaciones	Objetivos	Medios / Métodos
6 - 7	Coordinación  Agilidad	-Equilibrio y estabilidad	-Repeticiones  -Juegos
8		-Propiocepción unilateral en saltos	
9		-Cambios de dirección	
10		-Reacción / Ritmo / Equilibrio / Diferenciación	
11		-Equilibrio y estabilidad	
12		-Propiocepción unilateral en saltos	
		-Cambios de dirección	
		-Ritmo / Equilibrio / Diferenciación	
13		-Coordinación General	
		-Biomecánica del Desplazamiento	
	-Tiempos de Reacción		
	-Inestabilidad: Nuevos Ajustes		
	-Equilibrio y Estabilidad		
	-Propiocepción		
	-Alta calidad de ejecución		
	-Encadenamientos		
-Orientación			

## 2. Ventana Óptima de Posibilidades

Este es un concepto que brinda la posibilidad de enfatizar el desarrollo de las capacidades según tres conceptos claves en la infancia de un niño: crecimiento, maduración y desarrollo. De esta forma, cada año que pasa tiene distintas posibilidades para ser aprovechadas en relación a la optimización de cada manifestación o componente de cada capacidad.

Aptitud Aeróbica (o Resistencia)								
Manifestación	6	7	8	9	10	11	12	13
Capacidad Aeróbica								
Aptitud Aeróbica BI								
Aptitud Aeróbica MI (P I)								
Aptitud Aeróbica AI (P II)								
Métodos	6	7	8	9	10	11	12	13
Juegos								
Continuos								
Intermitente								
Intervalado								
Evaluación	6	7	8	9	10	11	12	13
Navette								

Aceleración (o Velocidad)								
Manifestación	6	7	8	9	10	11	12	13
Reacción								
Desplazamiento								
Métodos	6	7	8	9	10	11	12	13
Juegos Inespecíficos								
Postas en Equipos								
Juegos con Obstáculos								
Juegos Específicos								
Repeticiones								
Evaluación	6	7	8	9	10	11	12	13
0 – 10 Metros con y sin Pelota								
5 + 5 Metros CDD con y sin Pelota								

**Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)**

<b>Fuerza</b>								
<b>Manifestación</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Rápida								
Resistencia								
Potencia								
Explosiva								
<b>Métodos</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Repeticiones								
Juegos Inespecíficos								
Juegos Específicos								
Técnicas								
<b>Evaluación</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Squat Jump (SJ)								
Countermovement Jump (CMJ)								
Abalakov (ABK)								
Broad Jump (BJ)								

<b>Flexibilidad</b>								
<b>Manifestación</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Dinámica								
Estática								
<b>Métodos</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Pasivo Libre								
Pasivo Asistido								
Activo Libre								
FNP								
<b>Evaluación</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Flexi Test								
FMS								

**Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)**

<b>Coordinación / Agilidad</b>								
<b>Manifestación</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Acoplamiento								
Equilibrio								
Orientación								
Diferenciación								
Ritmización								
Reacción								
Cambio								
Agilidad Nivel 1								
Agilidad Nivel 2 (CDD)								
Agilidad Nivel 3 (CDS)								
Agilidad Nivel 4 (Multidireccional)								
<b>Métodos</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Juegos								
Repeticiones								
<b>Evaluación</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
5 – 10 – 5 con y sin Pelota								

## Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)

### 3. Planificación

En este apartado se verá desarrollado de forma práctica la distribución de cargas sobre la cual se buscará orientar cada capacidad explicada anteriormente en relación al desarrollo a largo plazo que se da entre los 6 y los 13 años con distintos ejemplos.

6, 7 y 8 Años							
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
10:30 – 12:30						P	
18:00 - 18:10		AP		AP			
18:10 – 18:35		R (TI)		C - A (TI)			
18:40 – 19:05		F (ER / R)		V (ER / R)			
19:10 – 19:25		F: 3 vs 3 - 5 vs 5		F: 7 vs 7			
19:25 – 19:30		FF		FF			

**AP:** Acondicionamiento Previo – **R:** Resistencia – **TI:** Técnica Individual – **C:** Coordinación – **A:** Agilidad – **F:** Fuerza – **ER:** Espacios Reducidos – **R:** Rondos– **V:** Velocidad – **F:** Fútbol – **FF:** Fase Final – **P:** Partido

9 y 10 Años							
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
12:00 – 14:30						P (7)	P (11)
18:00 - 18:15		AP	AP	AP			
18:20 – 18:55		R (TI)	C – A – F (TI)	C - A (TE)			
19:00 – 19:40		F (R)	V (ER / SSP)	F			
19:40 – 20:00		FF	FF	FF			

**AP:** Acondicionamiento Previo – **R:** Resistencia – **TI:** Técnica Individual – **C:** Coordinación – **A:** Agilidad – **F:** Fuerza – **ER:** Espacios Reducidos – **R:** Rondos– **V:** Velocidad – **SSP:** Situación Simuladora Preferencial – **F:** Fútbol – **FF:** Fase Final – **P:** Partido

**Entrenamiento en el Fútbol Infantil (6 a 13 años)**

11, 12 y 13 Años							
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
09:00 – 15:00							P (11)
14:00 – 16:30						P (7)	
15:30 - 15:45		AP	AP	AP	AP		
15:50 – 16:20		R (TI)	C – A - V (TE)	V (SSP)	COD		
16:30 – 17:00		F (R)	F (ER)	F			
17:00 – 17:20		FF	FF	FF	FF		

**AP:** Acondicionamiento Previo – **R:** Resistencia – **TI:** Técnica Individual – **C:** Coordinación – **A:** Agilidad – **F:** Fuerza – **ER:** Espacios Reducidos – **R:** Rondos– **V:** Velocidad – **SSP:** Situación Simuladora Preferencial – **COD:** Coordinaciones Defensivas y Ofensivas – **F:** Fútbol – **FF:** Fase Final – **P:** Partido

#### 4. Bibliografía

- Aagaard, P. (2000): *Entrenamiento de la Fuerza y Edad*.
- Adams, T. (1984): An investigation of selected plyometric training exercises on muscular leg strength and power. En: *Track and Field Quaterly Review*. 8: 54 – 55.
- Adler, S. S.; Beckers, D.; Buck, M. (2002): *La facilitación neuromuscular propioceptiva en la práctica: guía ilustrada*. Madrid: Editorial Panamericana.
- Allum, J. H. (1998): Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. En: *Gait Posture*. 8 (3): 214 – 242.
- Alter, M. J. (2004): *Science of flexibility*. Third Edition. United States, Champaign: Human Kinetics.
- Andersen, K. L.; Seliger, V.; Rutenfranz, J.; Messel, L. (1974): Physical performance capacity of children in norway. III. Respiratory responses to graded exercise loadings population parameters in a rural community. En: *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 33: 265 – 274.
- Andersen, K. L.; Seliger, V.; Rutenfranz, J.; Skrobak – Kaczynski, J. (1976): Physical performance capacity of children in norway. The influence of social isolation on the rate of growth in body size and composition and on the achievement in lung function and maximal aerobic power of children in a rural community. En: *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 45: 155 – 166.
- Andersen, K. L.; Rutenfranz, J.; Seliger, V. (1978): The rate of growth in maximal aerobic power of children in Norway. En: Borms, J y Hebbelinck, M. (eds): *Medicine and Sports. Pediatric Work Physiology*. Basel: Karger.
- Andersen, K. L.; Seliger, V.; Rutenfranz, J.; Mocellin, R. (1980): Physical performance capacity of children in Norway. Part I. Population parameters in a rural inland community with regard to maximal aerobic power. En: *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 33: 177 – 195.
- Anderson, B.; Burke, E. R. (1991): Scientific medical and practical aspects of stretching. En: *Clin Sports Med*. 10: 63 – 87.
- Armstrong, N.; Davies, B. (1981): An ergometric analysis of age group swimmers. En: *Br J Sports Med*. 15: 20 – 60.
- Armstrong, N.; Balding, J.; Gentle, P.; Kirby, B. (1990): Patterns of physical activity among 11 to 16 years old British children. En: *BMJ*. 301: 203 – 205.
- Armstrong, N.; Welsman, J. R. (1994): Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. En: *Exer Sports Med*. 17: 356 – 359.

- Armstrong, N.; Welsman, J. R. (2002): Cardiovascular responses to submaximal treadmill running in 11 to 13 year olds. En: *Acta Paediatr.* 91: 125 – 131.
- Armstrong, N.; Welsman, J. R. (2006): The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. En: *Sports Med.* 36: 1067 – 1086.
- Armstrong, N.; Mc Manus, A. M.; Welsman, J. R. (2008): Aerobic Fitness. En: Armstrong, N. y Van Mechelen, W. (eds) (2008): *Pediatric Exercise Science and Medicine*. 2da edición. Oxford University Press.
- Arregui, J. A.; Martínez, V. (2001): Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. En: *Revista Internacional de Medicina en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.* 1 (2): 127 – 135.
- Avela, J.; Kyrolainen, H.; Komi, P. V. (1999): Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. En: *J Appl Physiol.* 86: 1283 – 1291.
- Ayala, F.; Sainz de Baranda, P. (2010): Efecto agudo del estiramiento sobre el sprint en jugadores de fútbol de división de honor juvenil. En: *Revista Internacional de Ciencias del Deporte, RICYDE.* 6 (18): 1 – 12.
- Bangsbo, J.; Lindquist, F. (1992): Comparison of various exercise tests with endurance during soccer in profesional players. En: *Int J Sport Med* 1992; 13: 125 – 132.
- Bailey, D. A.; Ross, W. D.; Mirwald, R. L.; Weeze, C. (1978): Size dissociation in maximal aerobic power during growth in boys. En: Borms, J y Hebbelinck, M. (eds): *Medicine and Sports. Pediatric Work Physiology*. Basel: Karger.
- Bandy, W. D.; Irion, J. M. (1994): The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscle. En: *Physical Therapy.* 74: 845 – 850.
- Bandy, W. D.; Irion, J. M.; Briggler, M. (1997): The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. En: *Physical Therapy.* 77 (10): 1090 – 1096.
- Bass, S. L. (2000): The prepubertal years: a uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise? En: *Sports Med.* 30: 73 – 78.
- Beedle, B. B.; Mann, C. L. (2007): A Comparison of Two Warm ups on Joint Range of Motion. En: *J Strength Cond Res.* 21 (3): 776 – 779.
- Behm, D. G.; Button, D. C.; Butt, J. C. (2001): Factors affecting force loss with prolonged stretching. En: *Can J Appl Physiol.* 26 (3): 262 – 272.
- Behm, D. G.; Anderson, K.; Curnew, R. S. (2002): Muscle force and activation under stable and unstable conditions. En: *J Strength Cond Res.* 16 (3): 416 – 422.
- Behm, D. G. y Anderson, K. G. (2006): The role of instability with resistance training. En: *J Strength Cond Res.* 20 (3): 716 – 722.

- Benavent, J.; Tella, V.; González – Millán, I.; Colado, J. C. (2008): Comparación de diferentes tests de campo para la evaluación de la flexibilidad general activa. En: *Fit Perf J.* 7 (1): 26 – 29.
- Berg, A. y Keul, J. (1988): Biochemical changes during exercise in children. En: Malina, R. (ed): *Young Athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Bisciotti, G.; Sagnol, J.; Gilaire, E. (2000): Aspetti bioenergetici della corsa frazionata nel calico. En: *SDS* 2000; 50: 21 – 27.
- Blimkie, C. J.; Bar – Or, O. (1996): Trainability of muscle strength, power and endurance during childhood. En: Bar – Or, O. (ed): *The child and adolescent athlete*. Oxford Blackwell Science.
- Bo, K. (2004): Urinary incontinence, pelvic floor dysfunction, exercise and sport. En: *Sports Med.* 34 (7): 451 – 464.
- Bompa, T. (1995): *Periodización de la Fuerza, la nueva onda en el entrenamiento de la fuerza*. Rosario: Biosystem Servicio Educativo.
- Bompa, T (2009): *Periodización. Teoría y Metodología del entrenamiento*. Barcelona: Hispano – Europea.
- Borghuis, J.; Hof, A. L.; Lemmink, K. A. (2008): The importance of sensorymotor control in providing core stability: implications for measurement and training. En: *Sports Med.* 38 (11): 893 – 916.
- Borrás, X.; Comella, A.; Marín, F.; Comella, R.; Cirera, E. (2007): Comparación entre la videografía y el método Sit and Reach para la valoración de la flexibilidad isquiotibial en deportistas escolares. En: *Biomecánica.* 15 (1): 38 – 41.
- Bosco, C. (1992): Elasticità muscolare e Forza esplosiva nelle attività físico – sportive. En: *Società Stampa Sportiva*.
- Braganca, M.; Bastos, A.; Salguero, A.; González, R. (2008): Flexibilidad. Conceptos y generalidades. En: *Revista Educación Física y Deportes. Revista Digital.* 116.
- Brown, S. H.; Vera – García, F. J.; Mc Gill, S. M. (2008): Effects of abdominal muscle coactivation on the externally preloaded trunk: variations in motor control and its effect on spine stability. En: *Spine (Phila Pa 1976).* 31 (13): E387 – 393.
- Buck, M.; Beckers, D.; Adler, S. S. (2002): *La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva en la Práctica*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Caine, D.; Difiori, J.; Maffulli, N. (2006): Physal injuries in children’s and youth sports: reasons for concern? En: *Br J Sports Med.* 40: 749 – 760.

- Casáis, L. (2008): Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. En: *Revista Apunts: Medicina de l'esport*. 43 (157): 30 – 40.
- Casas, A. (2008): Physiology and methodology of intermittent resistance training for acyclic sports. En: *J Hum Sport Exerc*. 2008; 10: 839 – 862.
- Casas, A. (2011): Entrenamiento de resistencia para deportes de conjunto. En: *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Naclerio, Fernando. Madrid: Médica Panamericana.
- Chan, O. L.; Duncan, M. T.; Sundsten, J. W.; Thinakaran, T.; Noh, M. N.; Klissouras, V. (1976): The maximum aerobic power of the Temiars. En: *Med Sci Sports*. 8: 235 – 238.
- Chatterjee, S.; Banerjee, P. K.; Chatterjee, P.; Maitra, S. R. (1979): Aerobic capacity of young girls. En: *Indian J Med Res*. 69: 327 – 333.
- Colado, J.; Chulvi, I.; Heredia, J. (2008): Criterios para el diseño de los programas de acondicionamiento muscular desde una perspectiva funcional. En: Rodríguez, P. (ed): *Ejercicio Físico en Salas de Acondicionamiento Muscular*. Ed: Médica Panamericana: Madrid. p. 154 – 167.
- Corbin, C.; Noble, L. (1980): Flexibility: a major component of physical fitness. En: *Journal of Physical Education and Recreation*. 51: 57 – 60.
- Cornwell, A.; Nelson, A. G.; Sidaway, B. (2002): Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. En: *European Journal of Applied Physiologic*. 86: 428 – 434.
- Cramer, J. T.; Housh, T. J.; Weir, J. P.; Johnson, G. O.; Coburn, J. W.; Beck, T. W. (2005): The acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle – torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. En: *Journal of Sports Sciences*. 25 (6): 687 – 698.
- Cressey, E. M.; West, C. A. y cols (2007): The effects of ten weeks of lower – body unstable surface training on markers of athletic performance. En: *J Strength Cond Res*. 21 (2): 561 – 567.
- Cronin, J. B.; Mc Nair, P. J.; Marshall, R. N. (2002): Power absorption and production during slow, large – amplitude stretch – shorten cycle motions. En: *Eur J Appl Physiol*. 87: 8759 – 8765.
- Daniels, J. y Oldridge, N. (1971): Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. En: *Med Sci Sports*. 3: 161 – 165.
- Davies, C. T.; Barnes, C.; Godfrey, S. (1972): Body composition and maximal exercise performance in children. En: *Hum Biol*. 44: 195 – 214.

- Di Santo, M. (2000): Evaluación de la Flexibilidad. En: *Publicaciones Científicas del Grupo Sobre Entrenamiento PubliCE Standard*.
- Di Santo, M. (2001): Algunas Técnicas de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (Parte 1). En: *Publicaciones Científicas del Grupo Sobre Entrenamiento PubliCE Standard*.
- Di Santo, M. (2001): Algunas Técnicas de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (Parte 2). En: *Publicaciones Científicas del Grupo Sobre Entrenamiento PubliCE Standard*.
- Di Stefano, L. J.; Clark, M. A.; Padua, D. A. (2009): Evidence supporting balance training in healthy individuals: a systemic review. En: *J Strength Cond Res*. 23 (9): 2718 – 2731.
- Di Slep, R.; Gollin, M. (2002): Il recupero nell' allenamento con sovraccarichi. En: *Revista de Cultura Sportiva (SDS)*. 54: 54 – 58.
- Dochety, D.; Robbins, D.; Hodgson, M. (2004): Complex training revised: A review of its current status as viable training approach. En: *J Strength Cond Res*. 26 (6): 52 – 57.
- Ebben, W. P. (2007): Practical Guidelines for Plyometric Intensity. En: *NCSA's Performance Training Journal*. Vol 6. 5: 12 – 16.
- Eriksson, B. O.; Gollnick, P. D.; Saltin, B. (1973): Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11 – 13 years old. En: *Acta Physiol Scand*. 87: 485 – 497.
- Eriksson, B. O. y Saltin, B. (1974): Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. En: *Acta Paediatr Belg*. 28: suppl, 257 – 265.
- Esteve Lanao, Jonathan; Cejuela Anta, Roberto; Menéndez de Luarda Zumalacárregui, Jaime (2011): Entrenamiento de la resistencia en deportes cíclicos. En: *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Naclerio, Fernando. Madrid: Médica Panamericana.
- Etty Griffin, L. Y. (2003): Neuromuscular training and injury prevention in sports. En: *Clin Orthop Relat Res*. 409: 53 – 60.
- Falk, B; Eliakim, A. (2003): Resistance training, skeletal muscle and growth. En: *Pediatr Endocrinol Rev*. 1: 120 – 127.
- Fawkner, S. G. (2008): Pulmonary Function. En: Armstrong, N. y Van Mechelen, W. (eds) (2008): *Pediatric Exercise Science and Medicine*. 2da edición. Oxford University Press.
- Flandrois, R.; Grandmontagne, M.; Mayet, M. H.; Favier, R.; Frutoso, J. (1982): Maximal oxygen uptake in French children in relation to age, sex and physical training. En: *J Physiol (Paris)*. 78: 186 – 194.
- Fleck, S. J. (1999): Periodized strength training: A critical review. En: *J Strength Cond Res*. 13 (1): 82 – 89.

- Fleck, S. J. (2002): Periodization of training. En: Kraemer, W. J. y Hakkinen, K. (eds): *Strength training for sport*. p. 55 – 67.
- Fleck, S. J.; Kraemer, J. W. (2007): *Optimizing strength training. Designing nonlinear periodization workouts*. Human Kinetics.
- Fletcher, I. M.; Jones, B. (2004): The effect of different warm – up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. En: *J Strength Cond Res*. 885 – 888.
- Folland, J. P. y Williams, A. G. (2007): The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. En: *Sports Med*. 37: 145 – 168.
- Ford, K. R. y Van den Bogert, J. (2008): The effects of age and skill level on knee musculature co – contraction during functional activities: a systematic review. En: *Br J Sports Med*. 42 (7): 561 – 566.
- Foster, C.; Day, M. L.; Mc Guigan, M. R.; Bice, G. (2004): Monitoring Exercise Intensity During Resistance Training Using The Session RPE Scale. En: *J Strength Cond Res*. 18 (2): 353 – 358.
- Friel, J (2009): *The triathlete’s training bible*. 3ra edición. Boulder, Colorado: Velopress.
- Fukashiro, S.; Abe, T.; Shibayama, A; Brechue, W. F. (2002): Comparison of viscoelastic characteristics in triceps surae between black and White athletes. En: *Acta Physiol Scand*. 175 (3): 183 – 187.
- Gaisl, G. y Buchberger, J. (1977): The significance of stress acidosis in judging the physical working capacity of boys aged 11 to 15. En: Lavallee, H. y Shephard, R. J. (eds): *Frontiers of Activity and Child Health*. Quebec: Pelican.
- Gastin, P. B. (2001): Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. En: *Sports Med* 2001; 31: 725 – 741
- Gleim, G. W.; Mc Hugh, M. P. (1997): Flexibility and its effects on sports injury and performance. En: *Sports Med*. 24 (5): 289 – 299.
- González – Millán, I. (1997): Validación de pruebas de campo para la medición de la flexibilidad y su relación con la estructura corporal (Tesis Doctoral). En: *Servicio de Publicaciones de Fisiología, León*.
- Gonzalo, I.; Hernando, G.; Marín, P. (2009): Propuesta de clasificación de las superficies inestables disponibles en el campo de la salud y el entrenamiento deportivo. En: *II Congreso Internacional de Ciencias del Deporte de la UCAM*. Murcia.
- González, J. J. (2000): Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. En: *Revista de Entrenamiento Deportivo*. XIV (1): 5 – 16.
- Graham, J. (2002): Periodization Research and Example Application. En: *Strength Cond J*. 24 (6): 52 – 70.

- Grande Rodríguez, Ignacio y Naclerio, Fernando (2011): El ciclo estiramiento – acortamiento como capacidad muscular entrenable. En: *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Naclerio, Fernando. Madrid: Médica Panamericana.
- Gratas – Delamarche, A.; Mercier, J.; Ramonatxo, M.; Dassoiville, J.; Prefaut, C. (1993): Ventilatory response or prepubertal boys and adults to carbón dioxide at rest and during exercise. En: *J Appl Physiol Occup Physiol*. 66: 25 – 30.
- Grosser, M.; Starischka, S.; Zimmermann, E. (1988): *Principios del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Martínez Roca.
- Grosser, M. (1992): *Entrenamiento de la Velocidad*. Barcelona: Martínez Roca.
- Hanson, P.; Magnusson, S. P.; Sorensen, H.; Simonsen, E. B. (1999): Anatomical differences in the psoas muscle in young black and white men. En: *J Anat*. 194 (2): 303 – 307.
- Haralambie, G. (1982): Enzyme activities in skeletal muscle of 13 – 15 years old adolescents. En: *Bull Eur Physiopathol Respir*. 15: 259 - 268.
- Hasegawa, H.; Dziados, J.; Newton, R. U.; Fry, A. C.; Kraemer, W. J.; Hakkinen, K. (2002): Periodized training programmes for athletes. En: Kraemer, W. J. y Hakkinen, K. (2002) (ed): *Strength training for sport*. Blackwell Sciences. p. 69 – 134.
- Hawley, J. A. (2002): Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. En: *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 29: 218 – 222.
- Hermansen, L. y Oseid, S. (1971): Direct and indirect estimation of maximal oxygen uptake in pre – pubertal boys. En: *Acta Paediatr Scand Suppl*. 217: 18 – 23.
- Hernando Castañeda, G.; Cañadas, M.; Barrejón, A. (2009): Materiales inestables en entrenamiento personal. En: Hernando Castañeda, G. (ed): *Nuevas tendencias en entrenamiento personal*. p. 224 – 257.
- Hind, K. y Burrows, M. (2007): Weight – bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: a review of controlled trials. En: *Bone*. 40: 14 – 27.
- Holloszy, J. O.; Coyle, E. F. (1984): Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. En: *J Appl Physiol*. 56: 831 – 838.
- Hrysomallis, C. (2007): Relationship between balance ability, training and sports injury risk. En: *Sports Med*. 37 (6): 547 – 556.
- Hubscher, M.; Zech, A.; Pfeifer, K.; Hänsel, F.; Vogt, L.; Banzen, W. (2010): Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. En: *Med Sci Sports Exec*. 42 (3): 413 – 421.

- Hurd, W. J.; Chmielewski, T. W.; Snyder – Mackler, L. (2006): Perturbation – enhanced neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. En: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 14 (1): 60 – 69.
- Ikai, M. y Kitagawa, K. (1972): Maximum oxygen uptake of Japanese related to sex and age. En: *Med Sci Sports.* 4: 127 – 131.
- Isidro, F. y Heredia, J. (2007): Entrenamiento funcional: revisión y replanteamientos. En: Isidro, F. (ed): *Manual del entrenador personal: del fitness al wellness.* Badalona: Paidotribo.
- Izquierdo, M. (2008): *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte.* Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Katch, V. L. (1983): Physical conditioning of children. En: *J Adolesc Health Care.* 3: 241 – 246.
- Kemper, H. C. y Verschuur, R. (1981): Maximal aerobic power in 13 and 14 years old tennagers in relation to biologic age. En: *Int J Sports Med.* 2: 97 – 100.
- Kibele, A. y Behm, D. G. (2009): Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. En: *J Strength Cond Res.* 23 (9): 2443 – 2450.
- Kibler, W. B.; Press, J.; Sciascia, A. (2006): The role of core stability in athletic function. En: *Sports Med.* 36 (3): 189 – 198.
- Knott, M.; Voss, D. (1968): *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and Techniques.* New York: Harper and Row.
- Knutten, H. G. (2007): Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. En: *J Strength Cond Res.* 21 (3): 973 – 978.
- Komi, P. (1984): Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of structure and stretch – shortening cycle on force and speed. En: *Exercise and sport sciences reviews.* 12: 81 – 121.
- Komi, P. (2000a): Stretch – shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. En: *Journal of Biomechanics.* 33: 1197 – 1206.
- Komi, P.; Nicol, C. (2000b): Stretch – shortening cycle of muscle function. En: Zatsiorsky, V. (2000): *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention. Vol IX. Encyclopaedia Of Sports Medicin.* Blackwell Science Ltd. Malden, USA.
- Koshida, S. (2008): Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions. En: *J Strength Cond Res.* 22 (5): 1584 – 1588.
- Kramer, J. D. y Lurie, P. R. (1964): Maximal oxygen consumption. En: *Am J Dis Child.* 108: 208 – 213.

- Kumagai, K.; Abe, T.; Brechue, W. F.; Ryushi, T.; Takano, S.; Mizuno, M. (2000): Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100 meters sprinters. En: *J Appl Physiol.* 88 (3): 811 – 816.
- Kutz, M. R. (2003): Theoretical and practical issues for plyometric training. En: *NCSA's Performance Training Journal.* 2: 10 – 12.
- Kuznetsov, V. V. (1989): *Metodología del entrenamiento de fuerza para deportistas de alto nivel.* Buenos Aires: Stadium.
- Lagally, K. M.; Mc Gaw, S. T.; Young, G. T.; Heather, C. M.; Thomas, D. Q. (2004): Rating of perceived Exertion and Muscle Activity During The Bench Press Exercise in Recreational and Novice Lifters. En: *J Strength Cond Res.* 18 (2): 359 – 364.
- Lephart, S. y Henry, T. (2000a): Restoration of proprioceptive and neuromuscular control of the unstable shoulder. En: Lephart, S. y Fu, F. (ed): *Proprioception and neuromuscular control in joint stability.* Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Lephart, S.; Riemann, B; Fu, F. (2000b): Introduction to the Sensorimotor System. En: Lephart, S. y Fu, F. (ed): *Proprioception and neuromuscular control in joint stability.* Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Litwin, J.; Fernández, G. (1974): *Evaluación y estadísticas aplicadas a la Educación Física y el Deporte.* Buenos Aires. Editorial Stadium.
- López Calbet, J. A.; Arteaga, R.; Chavarren, J.; Dorado, C. (1995): Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento – acortamiento. Factores neuromusculares. En: *Archivos de Medicina del Deporte.* 12 (47): 219- 223.
- López Calbet, J. A.; Arteaga, R.; Chavarren, J.; Dorado, C. (1996): Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento – acortamiento (I). Aspectos biomecánicos. En: *Archivos de Medicina del Deporte.* 46: 133 – 142.
- López Elvira, J. (2008): Control y análisis del equilibrio y la estabilidad en la actividad física y el deporte. En: Izquierdo, M. (ed): *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte.* Madrid: Médica Panamericana. p. 259 – 279.
- Mackenzie, Brian (2005): *101 Performance Evaluation Tests.* London: Electric Woed Plc Goswell Road. p. 67 – 71.
- Madding, S. M.; Wong, J. G.; Hallurn, A.; Medeiros, J. M. (1987): Effects of duration on passive stretching on hip abduction range of motion. En: *J Orthop Sports Phys Ther.* 8: 409 – 416.

- Magnusson, S. P.; Simonsen, E. B.; Aagaard, P.; Kjaer, M. (1996): Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. En: *American Journal of Sports Medicine*. 24 (5): 622 – 628.
- Magnusson, S. P. (1998): Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. En: *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 8 (2): 65 – 77.
- Magnusson, S. P.; Renstrom, P. (2006): The European College of Sports Sciences Position Statement: The role of stretching exercises in sports. En: *European Journal of Sports Sciences*. 6 (2): 87 – 91.
- Malina, R. M. y Bouchard, C. (1991): *Growth, Maturation and Physical Activity*. Champaign, Human Kinetics.
- Malina, R. M. (2006): Weight training in youth – growth, maturation, and safety: an evidence based review. En: *Clin J Sport Med*. 16: 478 – 487.
- Manno, R. (1991): *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Marcora, S. (2009): Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscle, heart and lungs. En: *J Appl Physiol*. 106: 2060 – 2062.
- Marshall, P. y Murphy, B. (2006): Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball. En: *Appl Physiol Nutr Metab*. 31 (4): 376 – 383.
- Martin, D.; Carl, K.; Lehnertz, K. (2001): *Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Martínez, E. J. (2003): La flexibilidad. Pruebas aplicables en Educación Secundaria. Grado de utilización del profesorado. En: *Revista Educación Física y Deportes. Revista Digital*.
- Martínez, I. G. y Benito Peinado, P. J. (2011): Entrenamiento sobre superficies inestables. En: *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Naclerio, Fernando. Madrid: Médica Panamericana.
- Matsui, H.; Miyashita, M.; Miura, M.; Kobayashi, K.; Hoshikawa, T. (1972): Maximum oxygen intake and its relationship to body weight of Japanese adolescents. En: *Med Sci Sports*. 4: 27 – 32.
- Maughan, R. J. (1992): Aerobic Function. En: *Sports Science* 1992; 1:28 – 42.
- Mc Atee, R. E.; Charland, J. (2000): *Estiramientos Facilitados. Los estiramientos de FNP con y sin asistencia*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Mc Bride, J. M.; Cormie, P.; Deane, R. (2006): Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. En: *J Strength Cond Res*. 20 (4): 915 – 918.

- Mc Bride, J. M.; Mc Caulley, G. O.; Cormie, P.; Nuzzo, J. L.; Cavill, M. J.; Triplett, N. T. (2009): Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. En: *J Strength and Cond Res.* 23 (1): 106 – 110.
- Mc Keon, P. O. y Hertel, J. (2008): Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: is balance training clinically effective? En: *J Athl Train.* 43 (3): 305 – 315.
- Mc Neely, M. S. (2007): Converting Strength to Power. En: *NCSA's Performance Training Journal.* Vol 6. 5: 19 – 22.
- Meinel, K. y Schnabel, G. (2013): *Teoría del Movimiento. Motricidad Deportiva.* Buenos Aires: Stadium.
- Mercier, J.; Vago, P.; Romanatxo, M.; Bauer, C.; Prefaut, C. (1987): Effect of aerobic training quantity on the  $VO_{2máx}$  of circumpubertal swimmers. En: *Int J Sports Med.* 8: 26 – 30.
- Merino, R.; Fernández, E. (2009): Revisión sobre tipos y clasificaciones de la flexibilidad. Una nueva propuesta de clasificación. En: *Revista Internacional de Ciencias del Deporte.* 16 (5): 52 – 70.
- Mero, A.; Luhtanen, J. P.; Komi, P. V. (1981): Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. En: *Scand J Sports Sci.* 3: 16 – 22.
- Micheli, L. (2006): Preventing injuries in sports: what the team physician needs to know. En: Chan, K.; Micheli, L.; Smith, A.; Rolf, C.; Bachl, N.; Frontera, W. R.; Alenabi, T. (eds) (2006): *F. I. M. S. Team Physician Manual.* Hong Kong Concept.
- Mirwald, R. L.; Bailey, D. A.; Cameron, N.; Rasmussen, R. L. (1981): Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7 to 17 years. En: *Ann Hum Biol.* 8: 405 – 414.
- Mohr, M.; Krustup, P.; Bangsbo, J. (2003): Match performance of high – standard soccer players with special reference to development of fatigue. En: *Journal of Sports Sciences.* 2003; 21: 439 – 449.
- Monfort – Panego, M. y cols (2009): Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. En: *J Manipulative Physiol Ther.* 32 (3): 232 – 244.
- Moras, G. (1992): Análisis crítico de los actuales tests de flexibilidad. Correlación entre algunos tests actuales y diversas medidas antropométricas. En: *Revista Apunts.* Vol XXIX: 127 – 137.
- Morse, C. I.; Tolfrey, K.; Thom, J. M.; Vassilopoulos, V.; Maganaris, C. N.; Narici, M. V. (2008): Gastrocnemius muscle specific force in boys and men. En: *J Appl Physiol.* 104: 469 – 474.

- Myer, G. D. (2008): Neuromuscular training techniques to target deficits before return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. En: *J Strength Cond Res.* 22 (3): 987 – 1014.
- Naclerio, F. (2004): El volume en los entrenamientos de fuerza contra resistencias. En: *Revista Digital – Buenos Aires.* Año 10, Nº 74.
- Naclerio, F. (2005): Entrenamiento de fuerza y prescripción del ejercicio. En: González Jiménez, A. (ed): *Entrenamiento Personal. Bases, fundamentos y aplicaciones.* Inde.
- Naclerio, F. (2008): Análisis del Rendimiento de Fuerza y Potencia en Diferentes Deportes. En: *Grupo Sobreentrenamiento.*
- Naclerio, F. (ed) (2011): *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes.* Madrid: Médica Panamericana.
- Nagle, F. J.; Hagberg, J.; Kamei, S. (1977): Maximal O<sub>2</sub> uptake of boys and girls ages 14 – 17. En: *Eur J Appl Occup Physiol.* 36: 75 – 80.
- Nakagawa, A. y Ishiko, T. (1970): Assessment of aerobic capacity with special reference to sex and age of junior and senior highschool students in Japan. En: *Jpn J Physiol.* 20: 118 – 129.
- Nelson, R. T.; Bandy, W. D. (2005): An update on flexibility. En: *Strength and Conditioning Journal.* Volume 27 – Issue 1: 10 – 16.
- Neumann, G. (1990): *La struttura della prestazione negli sport di resistenza.* SDS.
- Nottin, S.; Vinet, A.; Stecken, F.; N' Guyen, L. D.; Ounissi, F.; Lecoq, A. M.; Obert, P. (2002): Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance – trained children. En: *Acta Physiol Scand.* 175: 85 – 92.
- Ostrowoki, K. J.; Wilson, G. J.; Weatherby, R.; Murphy, P. W.; Lyttle, A. D. (1991): The effect of weight training volume on hormonal Output and muscular Size and function. En: *J Strength Cond Res.* 11 (1): 148 – 154.
- Pascua Piqueras, Manuel (2011): Entrenamiento de la velocidad de carrera. En: *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes.* Naclerio, Fernando. Madrid: Médica Panamericana.
- Panjabi, M. M. (1992): The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation and enhancement. En: *J Spinal Disord.* 5 (4): 383 – 389.
- Paterno, M. V. (2004): Neuromuscular training improves single – limb stability in young female athletes. En: *J Orthop Sports Phys Ther.* 34 (6): 305 – 316.
- Pavel, R. C.; Araujo, C. G. S. (1980): Flexiteste: nova proposicao para avaliacao da flexibilidade. En: *Volta Redonda RJ. Anais do Congresso Regional de Ciencias do Esporte.*

- Payne, V. G. y Morrow, J. R. (1993): Exercise and  $VO_{2m\acute{a}x}$  in children: a meta – analysis. En: *Res Q Exerc Sport*. 64: 305 – 313.
- Pedersen, B. K. y Saltin, B. (2006): Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. En: *Scand J Med Sci Sports*. 16 (supl. 1): 3 – 63.
- Perelló, I. (2004): Estudio de la musculature de la región posterior del muslo tras programa de estiramientos (tesis doctoral). En: *Departamento de Anatomía y Embriología Humana, Universitat de Valencia, Servei de Publicacions*.
- Péronnet, F. (2001): *Maratón*. Barcelona: INDE.
- Petersen, J.; Holmich, P. (2005): Evidence based prevention of hamstring injuries. En: *Br J Sports Med*. 39: 319 – 323.
- Porta, J. (1987): El desarrollo de las capacidades físicas: la flexibilidad. En: *Apunts. Educación Física y Deportiva*. 7: 10 – 19.
- Ratel, S.; Lazaar, N.; Williams, C. A.; Bedu, M.; Duche, P. (2003): Age differences in human skeletal muscle fatigue during high – intensity intermittent exercise. En: *Acta Paediatr*. 92: 1248 – 1254.
- Ratel, S.; Williams, C. A.; Oliver, J.; Armstrong, N. (2004): Effects of age and mode of exercise on power output profiles during repeated sprints. En: *Eur J Appl Physiol*. 92: 204 – 210.
- Ratel, S.; Duche, P.; Williams, C. A. (2006a): Muscle fatigue during high – intensity exercise in children. En: *Sports Med*. 36: 1031 – 1065.
- Ratel, S.; Williams, C. A.; Oliver, J.; Armstrong, N. (2006b): Effects of age and recovery duration on performance during multiple treadmill sprints. En: *Int J Sports Med*. 27: 1 – 8.
- Raven, P. B.; Drinkwater, B. L.; Horvath, S. M. (1972): Cardiovascular responses of young female track athletes during exercise. En: *Med Sci Sports*. 4: 205 – 209.
- Reilly, T. (1976): A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match play. En: *J Hum Move Stud*. 1976; 2: 87 – 97.
- Reilly, T. (1994): Motion Characteristics. En: *Football (soccer)*. Ed: Ekblom, B. Blackwell Scientific, London. pp. 31 – 42.
- Riddoch, C. J.; Boreham, C. A. (1995): The health – related physical activity of children. En: *Spors Med*. 19: 86 – 102.
- Robertson, R. J.; Suminiski, R. R.; Arslaninan, S.; Kang, J.; Utter, A. C.; Dasilva, S. J. (1997): Perception of Effort during resistance Exercise. En: *J Strength and Cond Res*. 11 (4): 261 – 265.
- Robinson, S. (1938): Experimental studies of physical fitness in relation to age. En: *Arbeit sphysiologie*. 31: 698 – 701.

- Robles, A.; Vernetta, M.; López, J. (2009): Taxonomía de las técnicas de estiramiento. En: *Revista Educación Física y Deportes. Revista Digital*. 129.
- Rowland, T. W.; Goff, D.; Martel, L.; Ferrone, L. (2000): Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. En: *Chest*. 117: 629 – 635.
- Rowland, T. W.; Unnitahn, V.; Fernhall, B.; Baynard, T.; Lange, C. (2002): Left ventricular response to dynamic exercise in Young cyclists. En: *Med Sci Sports Exerc*. 34: 637 – 642.
- Rowland, T. W. (2008): Cardiovascular Function. En: Armstrong, N. y Van Mechelen, W. (eds) (2008): *Pediatric Exercise Science and Medicine*. 2da edición. Oxford University Press.
- Rutenfranz, J.; Andersen, K. L.; Seliger, V.; Klimmer, F.; Berndt, I.; Ruppel, M. (1981): Maximum aerobic power and body composition during the puberty growth period: similarities and differences between children of two European countries. En: *Eur J Pediatr*. 136: 123 – 133.
- Sadres, E.; Eliakim, A.; Constantini, N.; Lidor, R.; Falk, B. (2001): The effect of long – term resistance training on anthropometric measures, muscle strength and self concept in pre pubertal boys. En: *Pediatr Exerc Sci*. 13: 357 – 372.
- Sáez, F. (2005): Una revisión de los métodos de flexibilidad y de su terminología. En: *Kronos*. 7: 5 – 16.
- Sáez – Sáez de Villareal, E.; González Badillo, J. J.; Izquierdo, M. (2007): Optimal warm – up stimuli of muscle activation to enhance short and long – term acute jumping performance. En: *Eur J Appl Physiol*. DOI: 10.1007 / s00421 – 007 – 0440 – 9.
- Sáez – Sáez de Villareal, E.; Kellis, E.; Kraemer, W. J.; Izquierdo, M. (2009): Determining the variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta – analysis. En: *J Strength Cond Res*. 23 (2): 495 – 506.
- Safrán, M. R.; Seaber, A. V.; Garrett, W. E. (1989): Warm – up and muscular injury prevention: an update. En: *Sports Med*. 8: 239 – 249.
- Schmidtbleicher, D. (1986): Some neuromuscular aspects of human movements and the consequences for the muscular rehabilitation. En: Abrantes, J. (ed): *Proceedings of XIV<sup>th</sup> Symposium on Biomechanics in Sports*.
- Schmidtbleicher, D. (1992): Training for power events. En: Komi, P. V. (ed): *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publication.
- Schmidtbleicher, D. (2000): Ciclo Estiramiento – Acortamiento del Sistema Neuromuscular: Desde la Investigación hasta la Práctica del Entrenamiento. *Resúmenes del 1er Simposio*

*Internacional de Fuerza y Potencia Relacionadas con los Deportes, la Actividad Física, el Fitness y la Rehabilitación.*

- Seliger, V.; Cermak, V.; Handzo, P.; Horak, J.; Jirka, Z.; Macek, M.; Pribil, M.; Rous, J.; Skranc, O.; Ulbrich, J.; Urbanek, J. (1971): Physical fitness of the Czechoslovak 12 and 15 year old population. En: *Acta Paediatr Scand Suppl.* 217: 37 – 41.
- Shrier, I. (2002): Does stretching help prevent injuries? En: Mc Auley, D.; Best, T. (eds): *Evidence based sport medicine.* London: BMJ Books.
- Siff, M. C. (2004): *Supertraining.* 5ª ed. Denver, USA: Supertraining Institute.
- Simao, R.; De Tarso Veras Farinati, P.; Doederlein Polito, M.; Sputo Maior, A.; Fleck, S. J. (2005): Influence of exercise order on the number of repetition performed and perceived exertion during resistance exercises. En: *J Strength Cond Res.* 19 (1): 152 – 156.
- Smith, C. (1994): The warm – up procedure: to stretch or not to stretch. En: *Orthop Sports Phys Ther.* 19: 12 – 16.
- Spinka, M.; Newberry, R. C.; Bekoff, M. (2001): Mammalian play: training for the unexpected. En: *Q Rev Biol.* 76 (2): 141 – 168.
- Sprynarova, S. (1966): Development of the relationship between aerobic capacity and the circulatory and respiratory reaction to moderate activity in boys 11 – 13 years old. En: *Physiol Bohemoslov.* 15: 253 – 264.
- Spurr, G. B.; Reina, J. C.; Barac – Nieto, M.; Maksud, M. G. (1982): Maximum oxygen consumption of nutritionally normal White, mestizo and black Colombian boys 6 – 16 years of age. En: *Hum Biol.* 54: 553 – 574.
- Stacpoole – Shea, S.; Shea, G.; Otago, L.; Payne, W. (1984): Instrumentation considerations of a clinical and a computerized technique for the measurement of foot angles. En: *J Foot Ankle Surg.* 37: 410 – 415.
- Stafilidis, S. y Arampatzis, A. (2007): Muscle – tendón unit mechanical and morphological properties and sprint performance. En: *J Sports Sci.* 25 (9): 1035 – 1046.
- Stamford, B. (1984): Flexibility and stretching. En: *Phys Sportsmed.* 12 (2): 171.
- Stanton, R.; Reaburn, P. R.; Humphries, B. (2004): The effect of short – term Swiss ball training on core stability and running economy. En: *J Strength Cond Res.* 18 (3): 522 – 528.
- Thiart, B. F. y Wessels, C. T. (1974): The maximal oxygen intake of physically active boys, 8 – 13 years of age. En: *Acta Paediatr Belg.* 28: 48 – 53.
- Thomas, C. L y Taber, C. W. (1993): *Taber's Cyclopedic Medical Dictionary.* Nueva York: Lawyers, Co – Operative Pub.

- Tidow, G. (1990): Aspects of strength training in athletics. En: *New Studies in Athletics*. 1: 93 – 112.
- Tillin, N. A.; y Bishop, D. (2009): Factor Modulating Post – Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. En: *Sports Med*. 39 (2): 147 – 166.
- Tolfrey, K. (2008): Maximal intensity exercise and strength training. En: Armstrong, N. y Van Mechelen, W. (eds) (2008): *Pediatric Exercise Science and Medicine*. 2da edición. Oxford University Press.
- Trew, M.; Everet, T. (2006): *Fundamentos del movimiento humano*. Barcelona: Editorial Masson.
- Turner, C. H. y Robling, A. G. (2003): Designing exercise regimens to increase bone strength. En: *Exerc Sport Sci Rev*. 31: 45 – 50.
- Unnitahn, V. B.; Rowland, T. W.; Cale, N. T.; Raine, N. (1997): Cardiac responses in elite male junior cyclists. En: Armstrong, N.; Kirby, B. J.; Welsman, J. (eds) (1997): *Children and exercise XIX: Promoting health and well being*. London: E and F Spon.
- Van Huss, W. D.; Stephens, K. E.; Vogel, P.; Anderson, D.; Kurowski, T.; Jones, J. A.; Fitzgerald, C. (1986): Physiological and perceptual responses of elite age group distance runners during progressive intermittent work to exhaustion. En: Weiss, M. R.; Gould, D. (eds) (1986): *Sports for children and youth: the 1983 Olympic scientific congress proceedings*. Champaign: Human Kinetics.
- Van Huss, W. D.; Evans, S. A.; Kurowski, T.; Anderson, D. J.; Allen, R.; Stephens, K. (1988): Physiological characteristics of male and female age – group runners. En: Brown, E.; Branta, C. F. (eds) (1988): *Competitive sports for children and youth: an overview of research and issues*. Champaign: Human Kinetics.
- Van Praagh, E. y Dore, E. (2002): Short – term muscle power during growth and maturation. En: *Sports Med*. 32: 701 – 728.
- Verkhoshansky, Y. (1996): Sei principi della preparazione fisica speciale. En: *Rivista de Cultura Sportiva (SDS)*. 35: 27 – 33.
- Verkhoshansky, Y. (1999): *Todo sobre el método pliométrico*. Barcelona: Paidotribo.
- Vicente – Rodríguez, G. (2006): How does exercise affect bone development during growth? En: *Sports Med*. 36: 561 – 569.
- Villa, J. G.; García – López, J. (2003): Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. En: [www.rendimientodeportivo.com](http://www.rendimientodeportivo.com). N° 6.
- Vinuesa, M.; Coll, J. (1984): *Teoría Básica del Entrenamiento*. Madrid: Ed. Esteban Sanz.

- Volek, J. S.; Gomez, A. L.; Scheett, T. P.; Sharman, M. J.; French, D. N.; Rubin, M. R.; Ratamess, N. A.; Mcguigan, M. M.; Kraemer, W. J. (2003): Increasing fluid milk favorably affects bone mineral density responses to resistance training in adolescent boys. En: *J Am Diet Assoc.* 103: 1353 – 1356.
- Wahl, M. J. y Behm, D. G. (2008): Not all instability training devices enhance muscle activation in highly resistance – trained individuals. En: *J Strength Cond Res.* 22 (4): 1360 – 1370.
- Weber, G.; Kartodihadjo, W.; Klissouras, V. (1976): Growth and physical training with reference to heredity. En: *J Appl Physiol.* 40: 211 – 215.
- Wells, K. F.; Dillon, E. K. (1952): The sit and reach. A test of back and leg flexibility. En: *Research Quarterly.* 23: 115 – 118.
- Wernbom, M.; Augustsson, J.; Thmee, R. (2007): The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross – sectional in humans. En: *Sport Med.* 37 (3): 225 – 264.
- Wikstrom, E. A. (2009): Balance capabilities after lateral ankle trauma and intervention: a meta – analysis. En: *Med Sci Sports Exerc.* 41 (6): 1287 – 1295.
- Willardson, J. W.; Fontana, F. E.; Bressel, E. (2009): Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises. En: *Int J Sports Physiol Perform.* 4 (1): 97 – 109.
- Wilmore, J. H. y Sigersteth, P. O. (1967): Physical work capacity of Young girls, 7 – 13 years of age. En: *J Appl Physiol.* 22: 923 – 928.
- Witvrouw, E.; Danneels, L.; Asselman, P.; D' Have, T.; Cambier, D. (2003): Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: a prospective study. En: *Am J Sports.* 31: 41 – 46.
- Yamaguchi, T.; Ishii, K.; Yamanaka, M.; Yasuda, K. (2006): Acute effect of static stretching on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. En: *Journal of Strength Cond Res.* 20 (4): 804 – 810.
- Yamaji, K. y Miyashita, M. (1977): Oxygen transport system during exhaustive exercise in Japanese boys. En: *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 36: 93 – 99.
- Yoo, J. H. (2009): A meta – analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. En: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*
- Yoshizawa, S. (1973): A comparative study of aerobic work capacity in urban and rural adolescents. En: *J Hum Eergol (Tokyo).* 1: 45 – 65.

- Youdas, J. W.; Holman, J. H.; Hitchcock, J. R.; Hoyme, G. J.; Johnsen, J. J. (2007): comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographics activity between men and women during a single – limb squat on both stable and labile surface. En: *J Strength Cond Res.* 21 (1): 105 – 111.
- Young, W. B.; Mc Lean, B.; Ardagna, J. (1995): Relationship between strength qualities and sprinting performance. En: *J Sports Med Phys Fitness.* 35 (1): 13 – 19.
- Young, W. B. (2006): Transfer of strength and power training to sports performance. En: *Int J Sports Physiol and Performance.* 1 (1): 74 – 83.
- Zachezewski, J. E. (1989): Improving flexibility. En: Scully, R. M. y Barnes, M. R. (eds): *Physical Therapy.* Pa: Philadelphia: JB Lippincott Co.
- Zaciorskij, V. M. (1995): *Science and practice of strength training.* Champaing, IL: Human Kinetics.
- Zanon, S. (1989): Plyometrics: past and present. En: *New Studies in Athletics.* 4: 7 – 17.
- Zintl, F (1991): *Entrenamiento de la Resistencia.* Barcelona: Martínez Roca.