

**LA ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y SU APLICACIÓN EN EL
DESARROLLO DE LA FUERZA EN EL DEPORTE**

DUFARY ALEGRÍA RIVERA

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE
SANTIAGO DE CALI**

2011

**LA ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y SU APLICACIÓN EN EL
DESARROLLO DE LA FUERZA EN EL DEPORTE**

DUFARY ALEGRÍA RIVERA

**Monografía para optar al título de
Licenciada en Educación Física y Deporte**

Asesor:

FRANCISCO AMU RUIZ

Mg. Fisiología del Deporte

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE
SANTIAGO DE CALI**

2011

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA

ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

Señale con X si se trata de: PROYECTO: INFORME FINAL:

TÍTULO DEL TRABAJO: La electroestimulación Neuromuscular

DIRECTOR: AMU RUIZ FRANCISCO ANTONIO

ESTUDIANTES: (Nombres y Apellidos completos, código y programa académico)

DUFAY ALBERTA RIVERA 0434897 (3484)

EVALUADORES:

JPINE CRUZ

FECHA Y HORA DE LA EVALUACIÓN: 10/10/2011

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

Ver cambio por firma y del evaluador.

(si se considera necesario, usar hojas adicionales)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi familia, a mi novio, al asesor de este proyecto y demás; por el apoyo y comprensión que me brindaron durante el recorrido que me llevó a hacer realidad este gran sueño, el primero entre muchos que pretendo alcanzar en el largo camino que aún me queda por transitar.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. FISIOLÓGÍA DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR	16
1.1 LA FIBRA MUSCULAR	16
1.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FIBRA MUSCULAR	17
1.2.1 El sarcomero	17
1.2.2 El sarcolema	18
1.2.3 La miofibrilla	18
1.2.4 El sarcoplasma	18
1.2.5 Túbulos transversales (túbulos t)	19
1.2.6 Retículo sarcoplasmático	19
1.2.7 Los filamentos de actina y miosina	20
1.3 EL SISTEMA NERVIOSO y LA CONTRACCIÓN MUSCULAR	21
2. LA FUERZA	24
2.1 CLASIFICACIÓN DE LA FUERZA	26
2.2 EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA	29
2.2.1 Principios de entrenamiento de la fuerza	29
2.2.2 Principio de especificidad	30

2.2.3 Principio de progresión de las cargas	31
2.2.4 Principio de continuidad	31
2.2.5 Principio de la variedad	31
2.2.6 Principio de Individualización de las cargas	32
2.3 ADAPTACIONES DEL ORGANISMO AL ENTRENAMIENTO VOLUNTARIO	32
2.4 ASPECTOS IMPORTANTES EN EL DESARROLLO DE LA FUERZA	34
2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LA FUERZA	35
2.5.1 El tipo de contracción	35
2.5.2 Factores biomecánicos	35
2.5.3 Factores fisiológicos	35
2.5.4 Otros factores	35
2.6 MÉTODOS TRADICIONALES PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA	36
2.6.1 En relación a la cualidad a desarrollar	36
2.6.2 Método para el desarrollo de la fuerza basado en la sesión de entrenamiento	38
3. LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA NEUROMUSCULAR (EENM)	40
3.1 DEFINICIÓN DE ELECTROESTIMULACIÓN	41
3.2 ESTIMULACIÓN DIRECTA E INDIRECTA	44
3.3 ALGUNOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA ELECTROESTIMULACIÓN	44
3.3.1 Estimuladores de corriente directa	44
3.3.2 Estimuladores de corriente pulsátil	45

3.4 TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA	45
3.4.1 Corriente galvánica	45
3.4.2 Corriente TENS (neuroestimulación eléctrica transcutánea)	46
3.4.3 Corriente interferencial	46
3.4.4 Corrientes dinámicas	46
3.5 LA FRECUENCIA DE ESTIMULACIÓN	46
3.5.1 Comportamiento de la fibra muscular en relación a la frecuencia y otros parámetros	47
3.5.2 Precauciones con los electrodos	52
3.6 POSIBLES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA EENM	52
3.7 EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA SOBRE EL CUERPO	55
3.7.1 Efecto térmico	55
3.7.2 Quemadura	55
3.7.3 Efecto galvánico	55
3.7.4 Efecto excitador	55
3.8 FORMA DE APLICACIÓN DE LA EENM	55
3.8.1 Electroestimulación estática	56
3.8.2 Electroestimulación dinámica	56
3.9 OTROS USOS DE LA ELECTROESTIMULACION	56
3.10 LA MUSCULATURA Y LA ELECTROESTIMULACION	58
3.11 ADAPTACIONES PRODUCIDAS EN EL ORGANISMO CON LA EENM	61
3.11.1 Ejercicio Voluntario y la Electroestimulación	65

3.12 LA FUERZA LA EENM EN DIFERENTES MODALIDADES DEPORTIVAS	68
3.12.1 Fuerza máxima y EENM	68
3.12.2 Fuerza resistencia	68
3.12.3 Fuerza rápida, explosiva y la EENM	69
3.12.4 La fuerza explosiva, el salto vertical y la EENM	70
3.12.5 La combinación la pliometría y la EENM	72
4. CONCLUSIONES	76
5. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFIA	78
ANEXOS	89

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Componentes de los Filamentos	21
Figura 2. Estructura de la contracción muscular	23
Figura 3. Clasificación de la Fuerza	29
Figura 4. La forma de la onda	45
Figura 5. Frecuencia de estimulación de acuerdo al tipo de fibra muscular	47

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación de las fibras musculares	19
Cuadro 2. Definiciones de la fuerza	25
Cuadro 3. Clasificación de la fuerza	27
Cuadro 4. Tipos de Fuerza	28
Cuadro 5. Métodos para el Desarrollo de la Fuerza Basado en la Calidad a Desarrollar	36
Cuadro 6. Métodos para el Desarrollo de la Fuerza Basados en la Sesión de Entrenamiento	38
Cuadro 7. Efectos de la frecuencia sobre la fibra muscular	48
Cuadro 8. Tiempo de estimulación de las fibras musculares	49
Cuadro 9. Tiempo de reposo estimado	50
Cuadro 10. Puntos de vista acerca del uso de la EENM	53
Cuadro 11. Los electrodos en la musculatura del tronco	58
Cuadro 12. Los electrodos en la musculatura de los miembros inferiores	60
Cuadro 13. Los electrodos en la musculatura de los miembros superiores	61
Cuadro 14. El uso de la electroestimulación en diferentes deportes	74

LISTA ANEXOS

	pág.
Anexo A. Puntos de electroestimulación. Parte I	89
Anexo B. Punto de electroestimulación. Parte II	90
Anexo C. Puntos de electroestimulación. Parte III	91

RESUMEN

El criterio fundamental del presente trabajo, fue visualizar de manera general conceptos y estudios en donde ha tenido aplicación la técnica de la Electroestimulación Neuromuscular o en sus siglas (EENM); pasando para ello por la fisiología del movimiento y conceptualizando los parámetros más importantes de la EENM, con el ánimo de permitir una buena comprensión del tema.

De acuerdo a investigaciones actuales, se muestra al lector conceptos de la fuerza, cómo se produce de manera voluntaria a través del sistema nervioso y cómo la EENM ha tenido parte dentro del entrenamiento con la activación o reclutamiento de las fibras musculares en varios deportes. También se observan los aspectos que pueden ser favorables o desfavorables según la apreciación de algunos autores cuando se somete el organismo a esta práctica con electricidad. De igual forma, se profundiza en los efectos que pueden producir los diferentes tipos de corriente, como también las adaptaciones en el organismo y la ubicación de los electrodos con relación a la musculatura implicada en el deporte.

Palabras clave: electroestimulación, entrenamiento, fuerza, deporte.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el tema de la electroestimulación no es muy reconocido y mucho menos aplicado en el deporte, no existen o no se han encontrado trabajos que demuestren lo contrario, los estudios revisados en este trabajo con población de deportistas han sido desarrollados en otros países. En la actualidad existe mucha información acerca del tema que conviene compilar para sustentar el auge que ha tenido en los últimos años esta técnica.

En el campo del entrenamiento deportivo y el rendimiento físico, a menudo se busca maximizar las capacidades o potencialidades de cada sujeto con relación a una modalidad deportiva específica, adquiriendo para ello, diferentes alternativas que encaminen los logros propuestos y que conlleven a la superación de las marcas impuestas en este ámbito. La transmisión de la información desde el sistema nervioso central hacia la periferia, es realizada a través de impulsos eléctricos que son transportados por el tejido nervioso; de igual forma, al aplicar corriente eléctrica a través de otros medios se pueden generar los mismos impulsos.

Como se mencionaba anteriormente debido a la poca información que existe en Colombia sobre este tópico, se desarrolla esta revisión bibliográfica que se considera puede ser de gran utilidad para el adelanto de investigaciones futuras así como también, de conocimiento acerca de los avances que durante los últimos años la ciencia tiene disponibles a través de diferentes medios de comunicación para contribuir con fundamento teórico a la exploración de nuevas alternativas a favor del entrenamiento deportivo.

A continuación se podrá encontrar información acerca del uso de la electroestimulación Neuromuscular y su intervención en el desarrollo de la fuerza en diferentes deportes; así como también, algunos fundamentos del entrenamiento y la producción de la fuerza, se citan además, artículos y estudios donde ha sido empleada la electro estimulación en el desarrollo de los diferentes tipos de fuerza, de igual manera se menciona el número de electrodos que se deben emplear según el músculo; precauciones, ventajas y posibles desventajas del uso de la EENM.

Para cumplir con los objetivos propuestos, este escrito es realizado empleando un lenguaje sencillo y utilizando ayudas didácticas como gráficos y cuadros que recogen o resumen algunos datos importantes acerca del tema.

1. FISIOLÓGÍA DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

Cuando se habla de fisiología de la contracción muscular, este término hace referencia al proceso que desarrolla el músculo para realizar una acción o movimiento para resistir u oponerse a una carga. Este proceso lo realizan las fibras musculares y al interior de éstas, como se podrá observar a continuación se encuentran otras estructuras vivas que convierten la energía en forma de ATP en movimiento (López, J., Fernández, A 2006).

1.1 LA FIBRA MUSCULAR

Según García, N., Martínez, A. y Tabuenca, A. (2005) esta es considerada como la unidad biológica del músculo. Mientras que para Izquierdo, M. (2008) es la unidad funcional del músculo; es la célula más pequeña de la musculatura esquelética, bastante alargada con cuantiosos núcleos. Su forma está relacionada a su tarea, debido a que la actina y miosina son proteínas contráctiles que sólo pueden cumplir óptimamente su función si están situadas en función de la contracción deseada.

La molécula de miosina está compuesta por una parte alargada (cola) y otra redonda (cabeza); en el proceso de desarrollo de la fuerza, es preciso contar con una distribución adecuada de fibras musculares en el deportista, ya que como el músculo precisa de 2 tipos de fibras (las fibras rojas o de contracción lenta y fibras blancas o de contracción rápida) la proporción de éstas en el organismo esta designada genéticamente por lo que no es posible adquirir un número de fibras musculares especialmente para un deporte en específico, con el entrenamiento lo que sí es posible lograr es incrementar la participación porcentual en la superficie del músculo de éstas y cuanto mayor sea su participación o reclusión en el movimiento, mayor será la fuerza muscular y la

velocidad que se imponga a este. Según Kolt, G. (2004), Snyder, L. (2004), el grado de fuerza que puede ejercer una fibra muscular en una contracción máxima está en dependencia del número de puentes que tenga establecidos la actina y la miosina y también la fibra muscular en relación a su capacidad glúcolítica según Barbany, J.(2002), permite un mejor desempeño en el campo deportivo.

1.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FIBRA MUSCULAR

Para conocer cómo es posible que la fibra muscular pueda tener una relación directa con el desempeño deportivo y la producción de fuerza, primero se debe conocer los elementos que componen cada fibra muscular.

1.2.1 El sarcómero. Según las definiciones de (Wilmore, J. Costill, D. 2007; Bompa, T. 2006 /8/; López, A.1996; Buskies, W. 2005. Merí, A. 2005). Es la unidad contráctil más pequeña dentro de la fibra muscular esquelética. La conexión entre varios sarcómeros configura una miofibrilla cuya longitud determina a su vez la longitud de la fibra muscular esquelética. La conexión paralela de muchas miofibrillas hace incrementar la fuerza de contracción de la musculatura, que depende directamente del número de enlaces transversales entre actina y miosina. La organización de las proteínas contráctiles o bien de sus filamentos en sarcómeros es especialmente eficaz en cuanto a la funcionalidad de la musculatura esquelética, no solo es decisivo que se garantice así una contracción en la misma dirección, sino que esto también incide en la rápida realización de la misma. Esta contracción de las fibras musculares se realiza a través de estímulos nerviosos.

La optimización de la longitud; así como el número de sarcómeros es importante porque de esto depende aparentemente la velocidad de contracción y la fuerza generada por el músculo. Dentro de la optimización del sarcómero también se considera el número de sarcómeros generados en serie ya que ellos son los encargados de determinar la distancia a la que el músculo puede acortarse así como la longitud del sarcómeros sobre la cual este puede producir su máxima potencia. Tanto la regulación en el número de sarcómeros como la optimización de la longitud son esenciales para la mejora de la fuerza y la potencia del músculo. Grosser, M., Stariska, S & Zimmermann, E. (1990) dice que el desarrollo de la fuerza depende del número de puentes de actina miosina más que de la duración y frecuencia del estímulo.

Otros componentes esenciales de la fibra muscular definidos por Gal, B., López, M., Martín, A y Prieto, J. (2007) son:

1.2.2 El Sarcolema. Es una membrana de plasma que bordea la fibra muscular. Se une al tendón por los extremos donde se inserta al hueso.

1.2.3 La Miofibrilla. Filamentos que se extiende a lo largo de la fibra. Como se explicó anteriormente Es el elemento contráctil del músculo, la mayor cantidad de puentes actina miosina le confiere a la fibra mayor desarrollo de fuerza Con relación a las lentas éstas suspendidas al interior de la fibra muscular en el sarcoplasma.

1.2.4 El Sarcoplasma. Es el citoplasma de la célula muscular. Sustancia gelatinosa que llena los espacios entre las miofibrillas. Contiene proteínas, minerales, glucógeno, grasas y mioglobina.

1.2.5 Túbulo transversales (túbulo t). Son extensiones del sarcolema. Transmiten impulsos nerviosos del sarcolema a las miofibrillas y son el punto de contacto con el exterior de la célula para la entrada y salida de líquidos.

1.2.6 Retículo sarcoplasmático. Forman una Red de túbulo que envuelven cada miofibrilla y guarda los depósito de calcio en su interior para emplearlos en la contracción muscular

Aunque, generalmente, se mencionan dos tipos de fibras en la musculatura esquelética, hay autores que consideran existen otros tipos y de igual forma, las clasifican como puede observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de las fibras musculares

Autor	Clasificación	
Mirella, R (2001)	De acuerdo a características Morfológicas metabólicas Funcionales	I fibras rojas con contracción lenta, metabolismo oxidativo y muy resistentes a la fatiga IIA fibras de contracción rápida metabolismo oxidativo y glucolítico IIIB Fibras de color blanco con una contracción rápida, glucolíticas y tienen poca resistencia a la fatiga
Billat, V. (2002)/7/	3 tipos	Fibras lentas Fibras intermedias Fibras rápidas
Merí, A. (2005)	Existen dos tipos de familias de fibras clasificadas de acuerdo a su morfología como en su funcionamiento con relación a sus componentes	Fibras de contracción lenta Fibras de contracción rápidas

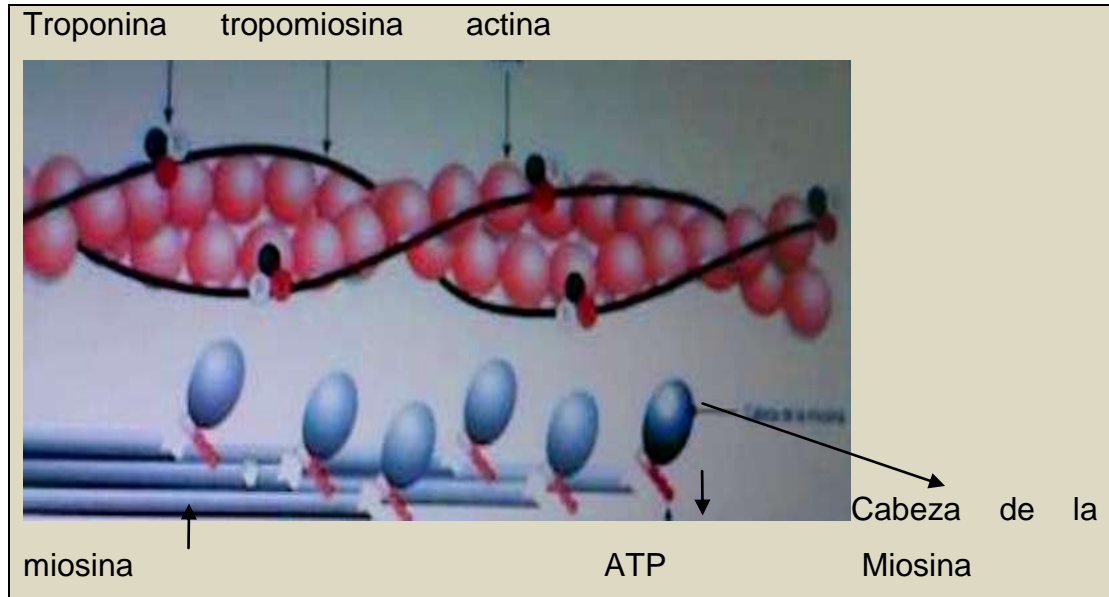
Cuadro 1. (Continuación).

Autor	Clasificación	Autor
Trew, M. ,Everett, T. (2006)	Sugiere que existe es un espectro de tipos de fibras musculares con variaciones considerables en sus propiedades histoquímicas y contráctiles y la variabilidad en el color que se da por el contenido de mioglobina en el interior de la fibra	Fibras tipo I: igual a la descripción de otros autores Fibras tipo IIA: muestra características similares a las de tipo I Y IIB IIB comparte una amplia gama de características de ambas fibras tipo IIC: se observan principalmente en las fibras en fase de regeneración y en el músculo embrionario

Fuente: El autor.

1.2.7 Los Filamentos de Actina y Miosina. Grosser, M et al (1990) indica que estos dos filamentos son como una cadena de perlas donde la actina como se decía anteriormente, es una molécula de forma redondeada que al unirse a la molécula de miosina forman dos hileras constituyendo lo que se conoce como el filamento fino. Esta organización de las moléculas de proteína en forma de filamentos crea las mejores condiciones para una contracción en la misma dirección, cada uno de los filamentos de miosina está envuelto por seis filamentos de actina, de forma que cada cabeza de miosina de los filamentos gruesos puede tomar contacto con una molécula de actina. Y La contracción se produce por la interacción entre estas dos moléculas.

Figura 1. Componentes de los Filamentos



Fuente: Merí, A. 2005. p. 20.

1.3 EL SISTEMA NERVIOSO Y LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

para generar movimiento las fibras del músculo deben recibir una activación de los nervios motores y sensoriales para que como tal se produzca el acoplamiento entre la actina y la miosina. Los nervios motores son los encargados de enviar los impulsos nerviosos desde el SNC hasta cada una de las terminaciones de las fibras musculares.

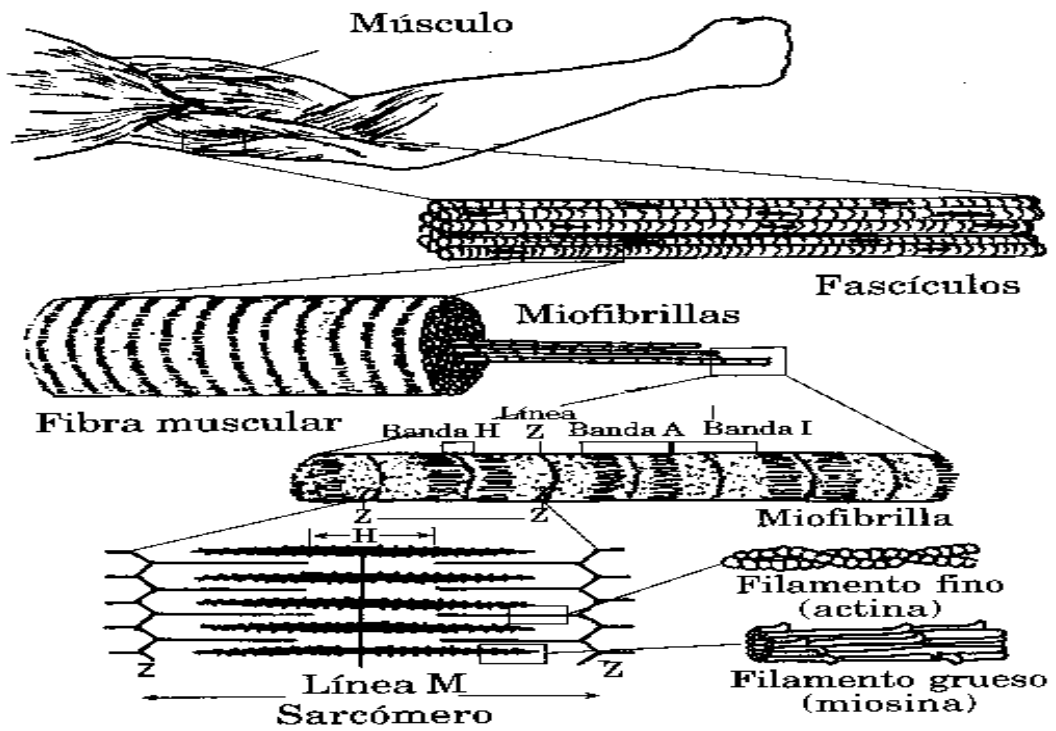
“Las neuronas del cerebro y la medula espinal envían y reciben impulsos nerviosos cada vez que realizan un movimiento. Si cesa totalmente la conducción de impulsos, termina la vida. Sólo las neuronas pueden realizar la comunicación rápida entre las células, necesaria para mantener la vida”. (Thibodeau, G., Patton, K., 2008; p. 190)

En conjunto el nervio motor y las fibras del músculo conforman la unidad motora. El nervio se encarga de despolarizar la membrana externa del músculo y de este modo como la información ingresa al interior de la fibra muscular hasta los túbulos transversos (túbulos T) estos sirven de paso para la transmisión nerviosa hacia las miofibrillas y permiten que la onda de despolarización pase con rapidez a la fibra o célula muscular, de manera que se logren activar las miofibrillas que están más profundas. Además, los túbulos T representan el camino para el transporte de líquidos extracelulares (glucosa, oxígeno e iones).

El impulso nervioso motor finaliza en la sinapsis en donde son liberados los transmisores químicos (acetilcolina) que generan la despolarización de la membrana muscular pasando el estímulo a lo largo del sistema T llegando al retículo sarcoplasmático, donde los iones de calcio activan el sistema transportador, este calcio se dispersa dentro de la célula muscular en grandes cantidades estimulando la producción de la contracción muscular, generando la unión de la tropomiosina con la troponina que son componentes proteicos de la actina formando un complejo troponina-tropomiosina, esto genera cambios que contribuyen para que los puentes cruzados de los filamentos de actina y miosina interactúen.

Todo nervio motor que entra en un músculo puede inervar una o varios miles de fibras musculares activadas por un nervio. El nervio motor y las fibras musculares que activa conforman lo que se llama unidad motora se contraen y se relajan al unisono. Las fibras musculares se contraen completamente o no se contraen, esto se ha denominado principio de todo o nada, este principio se relaciona con el estímulo del nervio motor; el impulso que emite este se envía a las fibras musculares de la unidad motora y este a su vez se debe extender completamente o no. Esta ley o principio no se aplica al músculo en conjunto ya que no todas las unidades motoras implicadas en la contracción dependen de la carga.

Figura 2. Estructura de la contracción muscular



Fuente: Bompa, T., 2006. p.25.

2. LA FUERZA

Grosser, M. (1990) destaca que el trabajo del entrenamiento de la fuerza es uno de los elementos más indispensables para cualquier modalidad deportiva, de igual manera González, J., Gorostiaga, E. (1997) dice que “la mejora de la fuerza es un factor importante en todas las actividades deportivas, y en algunos casos determinante. Nunca puede ser perjudicial para el deportista si se desarrolla de una manera correcta. Solo un trabajo mal orientado, en el que se busque la fuerza por sí misma, sin tener en cuenta las características del deporte, puede influir negativamente en el rendimiento específico” (p. 21)

En el deporte es de gran importancia la fuerza aplicada en relación a la velocidad del movimiento pero, también es importante considerar el tiempo en que se desarrolla ésta, sobre todo cuando el tiempo es muy reducido.(Zatsiorski. 1989; Lainer, A. 1980; Kuznetsov. V. 1981; Grosser, M., Stariska, S & Zimmermann, E. 1988;Forteza, A. (1994); Platonov. V 1991; García, J. et al 1996).González, J., Gorostiaga, E. (1997).El entrenamiento de la fuerza tiene gran importancia tanto en el mejoramiento de la condición física como en las disciplinas deportivas siendo esta un excelente aliado en la optimización del rendimiento y de igual manera ofrece cuantiosos beneficios en el fitness y el campo terapéutico.Buskies, W. (2005).

La fuerza a través del tiempo ha sido definida desde diferentes campos, en el Cuadro No. 2 (página siguiente) algunos de los autores más representativos del tema definen lo que es la fuerza.

Cuadro 2. Definiciones de la fuerza

AUTOR	DEFINICIÓN
González, J. et al. 2002 Ortiz, V. 1999 y Grosser, M. et al. 1990	La fuerza es la capacidad de superar o contrarrestar resistencias mediante la actividad del músculo
Hartman, J et al (1996).	La fuerza es una habilidad que nos permite generar una tensión bajo determinadas condiciones que van a estar definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica esa fuerza, tipo de activación, si es concéntrica, excéntrica, isométrica, pliométrica y la velocidad con que se realiza el movimiento.
Buskies, W.(2005)	“ la capacidad del sistema neuromuscular para superar obstáculos(de forma concéntrica y dinámica), contrarrestarlos(de forma excéntrica y dinámica) o sostenerlos(de forma estática o isométrica)”
Verkhoshansky, Y. (1990)	La Capacidad para llegar al desarrollo de altos niveles de tensión muscular en relación al tiempo. Basada en la capacidad de mover el cuerpo o partes de él
Mcginnis, P. (1999)	Es toda causa capaz de modificar el estado de calma o de alteración de un cuerpo. La fuerza en pocas palabras es empujar o tomar de algo
Gonzales, J et al 1997	Capacidad de la musculatura para producir la aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo móvil o frenar su desplazamiento.

Fuente: El autor.

Se podría extraer entonces a partir de la definición del Cuadro No. 2 que el término o concepto de fuerza hace alusión a la reacción del músculo ante un estímulo que le genera una oposición o resistencia.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LA FUERZA

Así como, en la actualidad existen diversidad de definiciones de la fuerza, en la clasificación también es fácil encontrar gran cantidad de clasificaciones, por ello se tomara a los autores más representativos y de mayor trascendencia en el campo de la ciencia deportiva. Es de gran utilidad clasificar la fuerza ya que cada deporte requiere unos niveles diferentes en proporción de cada tipo y es conveniente conocer cuál es el objetivo o hacia qué manifestación de fuerza se va a encaminar el entrenamiento.

Todas las manifestaciones de fuerza se originan de acuerdo a unas características establecidas, que se desarrollan en el tiempo de manera diferente, pero, pasando por las mismas fases hasta llegar a su máxima expresión, esto se conoce como la CFV. (Curva fuerza velocidad).

La velocidad y la fuerza tienen una relación inversamente proporcional en su manifestaciones por ello que cuanto mayor velocidad requiera un gesto deportivo, menor será la fuerza aplicada. (Verkgoshansky, y 1990; González, J., Gorostiaga, E. 1997, Gonzáles, J, Ribas, J.2000.

(Ver Cuadro 3, página siguiente).

Cuadro 3. Clasificación de la fuerza

AUTOR	CLASIFICACIÓN	
Grosser, M 1990 Verkhoshansky, y. (1990).	Por la actividad muscular	F. Máxima f. explosiva f. resistencia
Ortiz, v 1999	En función de la existencia de movimiento	Estática Dinámica
Ortiz, v 1999 Zatsiorsky, V. (1989)	Según el Tipo Contracción muscular	f. isométrica o estática: f. anisométrica f. concéntrica f. excéntrica f. combinada o polimétrica:
Harre, D. (1989)	Según actividad muscular	Fuerza máxima Fuerza rápida Fuerza resistencia
Tous, J. (1999), González, J et al (1997)	Según la resistencia	Fuerza tónico explosivo Tensión reactivo balística Tensión explosivo balística Tensión elástico explosiva
kuznezov, V. (1981)	De acuerdo a valores De aceleración	Fuerza explosiva, F rápida y fuerza veloz Fuerza estática

Fuente: El autor.

La manifestación de la fuerza interpretada desde diferentes autores depende de la tensión, la velocidad, el tipo de activación o contracción producida y otros factores

La relación fuerza tiempo según Rodríguez, (2008) “Es denominada fuerza explosiva, si esta se ha realizado de forma estática, se obtienen valores de fuerza explosiva estática; por el contrario si se establece un acción dinámica se obtienen valores de fuerza explosiva dinámica. Si se obtiene valores de ambos se cuentan los valores de fuerza explosiva en las dos fases y la relación entre las dos”. Los 3 tipos de fuerza principales definidos por (Platonov, V 1991;Platonov., Bulatova, M. 2001., Harre, D. 1989) son: Fuerza Máxima, Fuerza Rápida y Fuerza Resistencia.

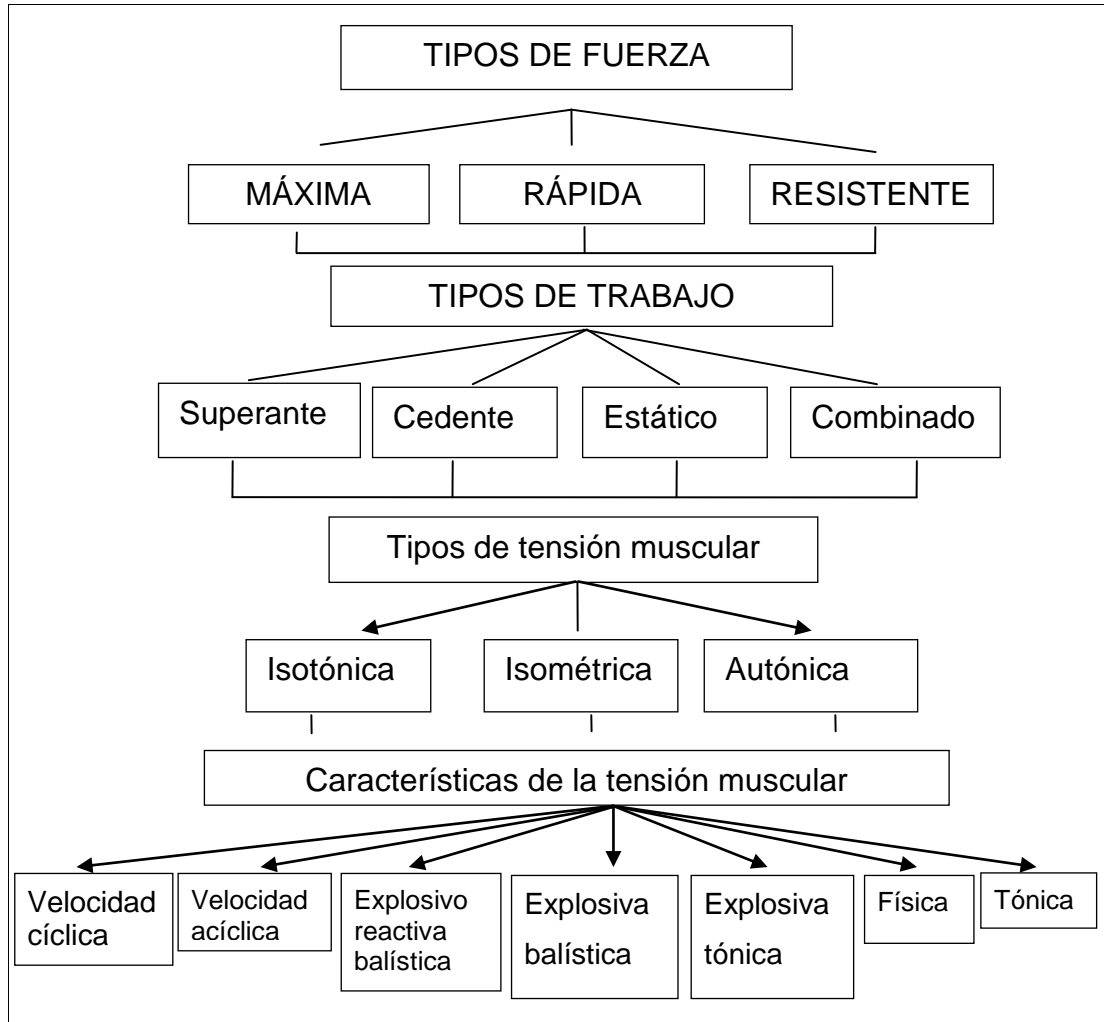
Cuadro 4. Tipos de Fuerza

Fuerza Máxima	Es la Máxima contracción voluntaria capaz de soportar el músculo, no se debe confundir con la fuerza absoluta ya que esta se consigue por medio de estímulos externos como es el caso de la electro estimulación
Fuerza Rápida	Es la capacidad del sistema neuromuscular para movilizar el potencial funcional en busca de elevados índices de fuerza en el menor tiempo posible
Fuerza Resistencia	Capacidad de mantener la fuerza en índices medianamente altos por un periodo de tiempo prolongado superando el cansancio

Fuente: El autor.

Según García, N et al (2005) se pueden hallar hasta 7 manifestaciones de la fuerza distintas. Estos autores proponen tres grupos basados en la clasificación de Verkhoshansky que se podar observar a continuación.

Figura 3. Clasificación de la Fuerza



Fuente: García, N et al, 2005. p.22.

2.2 EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

2.2.1 Principios de entrenamiento de la fuerza. Dentro del entrenamiento deportivo existen unos principios básicos que no se deben obviar para garantizar las condiciones óptimas en el desarrollo del deportista y de igual forma estos principios también pueden tener aplicación dentro de la metodología de aplicación

de la electroestimulación. (González, J et al 1997; Bochetti, G. 2004 Cometti, G. 2005; Bompa, T. 2006; Gonzáles, J et al 2002; Hartmann, J., Tunnemman, H. 1996; Grosser, M et al 1990).

A continuación, se nombran los principios del método tradicional que pueden ser acogidos en dentro de la Electroestimulación o no de acuerdo a la literatura consultada en el presente trabajo, adicional a ello se explica cada uno de los principios y su relación con entrenamiento deportivo proceso estructurado u organizado.

2.2.2 Principio de especificidad. El organismo se adapta a las condiciones a las cuales es sometido. Este principio tiene relación con el tipo de actividad que se desarrolla o se entrena, es decir, si se entrena para 100mt no se puede pretender rendir en de igual forma en una maratón, por lo que se recomienda realizar los ejercicios correspondientes a la práctica a desarrollar. Esto puede ser aplicado tanto en el entrenamiento voluntario como con la electroestimulación ya que este último método permite desarrollar un trabajo selectivo sobre las fibras musculares de manera específica. Los métodos para el entrenamiento de la fuerza deben ser específicos en cuanto a la velocidad de contracción de la modalidad deportiva que se está entrenando.

Manifestar la fuerza es igual a desarrollar ejercicios con miras a objetivos específicos del deporte, donde hay una acción concreta y con unas características determinadas, por lo tanto, cada ejercicio debe tener una razón y una dirección teniendo en cuenta que tipo de fuerza se desea desarrollar y que ejercicio está al servicio de esta. Por otro lado este principio involucra la necesidad de estimular repetidamente y de manera específica un órgano o un aparato, Determinando el tiempo entre un estímulo y otro para que en suma generen los efectos deseados; es por ello que aplica tanto para la

electroestimulación como para el entrenamiento voluntario, por lo que siempre se recomienda, que para obtener óptimos resultados logros, se ha de tener que adaptar el entrenamiento a la frecuencia que permita estos.

2.2.3 Principio de progresión de las cargas. En relación a la respuesta fisiológica y motora al estímulo en el individuo el volumen y la carga se debe ir incrementando a medida que se avanza en el proceso de entrenamiento, lo ideal es llegar a las máximas capacidades cuidándose de lesiones; en la parte de electroestimulación este principio no está bien especificado pero, de acuerdo a la literatura consultada este método permite acompañar el entrenamiento de una manera segura; ya que se disminuye el riesgo de lesiones al no general presión sobre tendones o articulaciones. De igual forma se recomienda iniciar con frecuencias bajas para ir incrementándola gradualmente sin generar molestias y el proceso pueda ser más cómodo para quien recibe la estimulación exógena.

2.2.4 Principio de continuidad. El proceso de entrenamiento debe llevar un orden, este se debe basar en una secuencia de contenidos desarrollados y a desarrollar, donde cada entrenamiento da continuidad al anterior; con la EENM ocurre igual; cuando se desarrollan una cantidad de sesiones con electroestimulación es necesario culminarlas para generar un beneficio ya sea que se aplique en recuperación de lesiones o como alternativa al entrenamiento convencional es necesario que los estímulos tengan persistencia, como todo tratamiento o entrenamiento si se realizara de vez en cuando no se lograría una adaptación o respuesta del organismo frente a la estimulación que recibe, porque como se mencionó al inicio del apartado, el organismo requiere de estímulos constantes que le generen estrés lo obliguen a adaptarse.

2.2.5 Principio de la variedad. El transcurso de entrenamiento como proceso a largo plazo suele volverse aburrido, por lo que este principio habla de la variedad

en cuanto a los contenidos a desarrollar durante ese proceso, se debe ser creativo combinar los entrenamientos entre fuertes y suaves alternando periodos de descanso así como también incluir mucha creatividad en el desarrollo de las prácticas. En el campo de la electroestimulación no se menciona o no se ha encontrado algún documento que hable sobre este principio.

2.2.6 Principio de Individualización de las cargas. No existe un plan de entrenamiento que se adapte a todos aquellos que deseen practicarlo. Este debe adaptarse a necesidades como objetivos metas y desde luego la respuesta del individuo. En este último aspecto con la electroestimulación se debe tener mucho cuidado ya que la corriente no es tolerada de igual forma en todos los organismos y se puede decir que es a un más individualizada que en el entrenamiento voluntario. Y de ello, dan fe todas las investigaciones que generan tanta controversia con la diversidad de resultados en diferentes poblaciones; dando pie, al desarrollo de esta compilación de información. (Pombo, M., Rodríguez., Brunet, X & Requena, B. (2004); Boschetti, G. 2004; Plaja, J 1999).

2.3 ADAPTACIONES DEL ORGANISMO AL ENTRENAMIENTO VOLUNTARIO

Así como existen algunos deportistas que requieren el desarrollo de la fuerza basado en un incremento de masa muscular (hipertrofia). De igual forma, no todos los deportes requieren de esta cualidad; para casos donde se requiere potencia y velocidad además, de acciones rápidas y explosivas, el entrenamiento se debe basar en las adaptaciones del sistema nervioso, lo que incluye muchos ejercicios de potencia y cargas máximas (superiores al 80% de 1 RM) lo que en resumen, representa una adaptación de tipo neuronal y cuando se logra ésta, hay un incremento en el número de unidades motoras activas,

obteniendo resultados en el incremento de la potencia y la velocidad de contracción, sin generar incremento de masa muscular.

Los métodos de entrenamiento bien seleccionados, como los métodos de fuerza máxima y el entrenamiento de la potencia, activan más unidades motoras, que en últimas generan un incremento en la capacidad para realizar un ejercicio con mayor rapidez en contracción y potencia. Cometti, G. (2005). Ortiz, V. (1999) González, J. et al (1997).

Según Harre, D. (1998) como se mencionaba anteriormente, a través del entrenamiento, se logran una serie de adaptaciones y respuestas al esfuerzo necesarias a nivel muscular para contribuir al desarrollo de la fuerza; principalmente esto se lleva a cabo mediante adaptaciones en el sistema nervioso del deportista y respuestas neuronales, estas adaptaciones se dan a corto y largo plazo influyendo en el sistema endocrino, disminuyendo los niveles de testosterona en practicantes de deportes de fondo e incrementándola en ciertos deportistas que entrenan contra resistencias. En el organismo la adaptación se da siempre en la dirección propuesta por la estructura de la carga, es de este modo como un entrenamiento de mucho volumen y poca intensidad a mediana intensidad primordialmente atiende el desarrollo de la resistencia; si por el contrario se desea desarrollar fuerza y velocidad el entrenamiento debe contar con un volumen bajo y con intensidades submáxima a máxima.

La mejora en el grado de sincronización de la actividad de las unidades motoras (sincronización intramuscular) está asociada con la cantidad de impulsos nerviosos que llegan a las unidades motoras y tiene relación con la sincronización o coordinación de las unidades motoras, sin ello se generaría una disminución de los resultados atléticos, este es una de las adaptaciones que el ejercicio o entrenamiento pueden generar en el deportista, de igual forma también

se observan efectos positivos en la mejora en la coordinación intermuscular: este tipo de coordinación es muy importante ya que pone en relación directa la fuerza específica requerida en el gesto deportivo. Se dice que La ganancia de fuerza es mayor si se mide a través del propio ejercicio con el que se ha entrenado. Cuando se mejora la coordinación intermuscular, se da lugar a muchas adaptaciones como son por ejemplo: inhibición de los antagonistas a la hora de realizar un ejercicio (sobre todo si es difícil de coordinar), también se genera un incremento en de la co-contracción de los sinergistas que ayudan a estabilizar la articulación y complementar el trabajo de los agonistas, aumento de la excitabilidad en la moto neurona.

2.4 ASPECTOS IMPORTANTES EN EL DESARROLLO DE LA FUERZA

Para su perfeccionamiento se debe contar con los siguientes puntos según Grosser, M et al (1990).

Establecer un objetivo: si este va estar encaminado a una fuerza general o específica, si es para un deporte de alto rendimiento, a nivel escolar, rehabilitación o acondicionamiento físico.

Denotar si el entrenamiento va estar basado en el incremento de masa muscular, en mejoras de las funciones neuromusculares y si es así adicional a ello se debe tener en cuenta lo siguiente: el entrenamiento específico de la fuerza que deseamos desarrollar debe tener una relación estrecha entre la dirección del movimiento del ejercicio con el movimiento específico de cada disciplina. (técnica deportiva).

El entrenamiento de la fuerza según Bompa, T. (2006). Y apoyando la opinión de Grosser, M et al (1990) debe estar basado en el componente fisiológico de la

disciplina deportiva, atendiendo las necesidades de la planificación y periodización de la misma con el objetivo de alcanzar un rendimiento óptimo durante las competencias más importantes.

2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LA FUERZA

Según García, N et al (2005) la fuerza de cada individuo va a estar condicionada por diversidad de factores que clasifican estos autores en 4 grupos:

2.5.1 El tipo de contracción. El comportamiento del músculo y el desarrollo de fuerza van a depender del tipo de contracción que este realice, en cuanto a que si se efectúan contracciones de tipo excéntrico, se obtienen valores superiores de tensión comparado con acciones de tipo isométrico o concéntrico; de igual forma las contracciones isométricas consiguen mayor nivel de fuerza en comparación a las concéntricas.

2.5.2 Factores biomecánicos. Estos factores guardan relación con la genética y la constitución, en proporción a la longitud de los huesos (palancas óseas) ángulos de inserción de los músculos entre otros.

2.5.3 Factores fisiológicos. La sumación espacial, sumación temporal, sumación asincrónica, longitud del sarcómero, longitud del músculo, el tono muscular, y la temperatura intramuscular.

2.5.4 Otros factores. Masa muscular, edad sexo, y nivel de entrenamiento.

2.6 MÉTODOS TRADICIONALES PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

En la actualidad se pueden encontrar muchos métodos para entrenar la fuerza, a continuación se presenta una clasificación realizada por Correa, E., Corredor, D. (2009) donde por un lado tiene en cuenta la cualidad a trabajar y por el otro lado el tipo de sesión que se puede realizar. En los cuadros número 5 y 6 se nombran la clasificación y seguidamente se da una explicación de cada uno de los cuadros de manera muy breve.

Cuadro 5. Métodos para el Desarrollo de la Fuerza Basado en la Cualidad a Desarrollar

CUALIDAD	MÉTODO
Potencia muscular	Pre atletismo Power training Pliometria Alternancia de cargas
Fuerza máxima	Power lifting Piramidal: Carga máxima:
Fuerza resistencia	Circuito Repeticiones Pausa incompleta Regresivo
Hipertrofia	Body bulding

Fuente: El autor, adaptado de Correa, E., Corredor, D., 2009.

2.6.1 En relación a la cualidad a desarrollar

- Pre atletismo: emplea el propio cuerpo como sobrecarga.

- Power Training: aplica sobre cargas submaximales combinando fuerza y potencia.
- Dinámico: consiste en realizar acciones de tipo concéntrico en el menor tiempo posible.
- Pliometria. Utiliza ejercicios para mejorar la saltabilidad y altura de salto.
- Alternancia de cargas: como su nombre lo indica alterna cargas pesadas y ligeras en una misma serie hasta el agotamiento.
- Powerlifting. Estado en ejercicios básicos de gimnasio.
- Piramidal. Existen varios tipos de pirámides, este método consiste en variar la carga de trabajo a medida que varía el número de repeticiones.
- Carga máxima. Se realizan entre 6 y 7 series hasta el agotamiento con el 85 al 100% de carga descansando 3 minutos.
- Circuito. Contiene variedad de ejercicios en una secuencia que se debe repetir de 3 a 4 veces realizando recuperaciones de 2 a 3 minutos después de finalizar el circuito.
- Repeticiones. No varía el nivel de carga durante todas repeticiones.
- Pausa incompleta. Consiste en realizar una recuperación de 1 a dos minutos entre serie.

- Regresivo. De manera descendente en una misma serie se va variando la carga.
- Body Bulding. Es una práctica que requiere de entrenamiento toda la semana dejando descanso entre grupo muscular de 48 horas, con repeticiones hasta el agotamiento y pausas incompletas.

Cuadro 6. Métodos para el Desarrollo de la Fuerza Basados en la Sesión de Entrenamiento

Método basado en la sesión de entrenamiento	Confusión muscular
Método basado en las series	Súper series Series regresivas Series gigantes Series ardientesPre - agotamiento
Método basado en las repeticiones	Repeticiones forzadas Repeticiones negativas Repeticiones engañosas

Fuente: El autor, adaptado de Correa, E., Corredor, D., 2009.

2.6.2 Método para el desarrollo de la fuerza basado en la sesión de entrenamiento:

- Confusión muscular. Consiste en varias las condiciones bajo las cuales se entrena en cuanto al ángulo, series y repeticiones.
- Súper series. Mezcla el trabajo del músculo agonista y antagonista empleando dos ejercicios opuestos.

- Series regresivas. Se realizan series haciendo pequeños incrementos en el peso para luego descargar y volver a iniciar.
- Series gigantes. Emplea descansos incompletos con 6 a 7 ejercicios para un mismo grupo muscular de 4 a 5 series hasta el cansancio.
- Pre – Agotamiento. Es muy específico combina ejercicios de manera aislada con ejercicios compuestos hasta el agotamiento.
- Repeticiones forzadas: son repeticiones después de finalizar la serie que generalmente, se realizan con ayuda o disminuyendo el peso.
- Repeticiones negativas: trabaja solo la fase de descenso del movimiento empleando para ello la ayuda de un compañero.
- Repeticiones engañosas: se vale de impulsos en el punto más complejo del movimiento cuando ya el ejercicio no se puede realizar de la manera correcta.

Como se pudo observar y se mencionó anteriormente, existe diversidad de métodos para el desarrollo de la fuerza y generalmente, varía en la mayoría de los autores es por ello que es importante escoger el más adecuado a las necesidades de cada deporte, se tomó la anterior clasificación por ser la más completa entre las consultadas.

3. LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA NEUROMUSCULAR (EENM)

El uso de la electricidad en el cuerpo es objeto hoy en día de muchas investigaciones en diferentes campos de la ciencia y también se conoce acerca del uso de este método en varias federaciones deportivas según Benito, E. (2008); la EENM fue introducida por primera vez en el entrenamiento deportivo en 1970 por el ruso Kotz, J.M. muchas de las variables que se aplican hoy en día están basadas en sus primeras conclusiones y es de este modo como se empiezan a desarrollar más investigaciones no solo de aplicación en el deporte sino también en el campo clínico, estético y terapéutico. (Ortiz, v. 1999; Kolt, G., Snyder, L 2004) la Estimulación eléctrica neuromuscular (EENM) se emplea desde el siglo XVIII para el tratamiento de pacientes con parálisis y la prevención y / o restauración de la función muscular después de lesiones. Más recientemente la EENM según Basas, A., Fernández de las Peñas C. y Martín, J. (2003), se ha utilizado como una modalidad de fortalecimiento en sujetos sanos y atletas altamente entrenados, pero, no es aún claro si la EENM es un sustituto o un complemento al entrenamiento voluntario. Por otra parte la discusión de los procedimientos que subyacen a los efectos específicos de EENM parece ser bastante complejo, por lo menos en parte debido a la disparidad en los protocolos de entrenamiento, las pautas de estimulación eléctrica y los procedimientos de prueba que se utilizan en los diversos estudios.

Los actuales parámetros de EENM son informados de forma deficiente y hay una gran pluralidad entre los diferentes estudios. De igual forma los métodos utilizados por los investigadores para evaluar EENM y la eficacia de la formación son bastante heterogéneos, por lo que es difícil comparar los resultados de los diferentes estudios que se han realizado en torno al tema Infortunadamente.

Según Maffiuletti, N. (2010) los investigadores y los clínicos tienden a considerar las diferentes formas de estimulación eléctrica en su conjunto, independientemente de las especies (humanos vs animales), este autor considera, que ya sea un modelo (baja frecuencia de la estimulación crónica, estimulación eléctrica funcional, estimulación nerviosa eléctrica transcutánea, EENM), del tipo de electrodo (implantado contra la superficie), de los parámetros de estímulo (subsensorial, motor sensorial o los niveles actuales de supra motor) y del músculo que está siendo estimulado. Se debe revisar organizar y unificar todos los parámetros con el fin de evitar confusión, facilitando el tema y por consiguiente, evitando la disparidad en los resultados.

3.1 DEFINICIÓN DE ELECTROESTIMULACIÓN

Para Boschetti, G. (2004), la electroestimulación reside en un impulso eléctrico enviado al nervio motor que posteriormente excita el músculo y provoca la contracción del mismo, teniendo influjo de este modo en la transmisión de información desde el sistema nervioso a la fibra muscular.

Según Basas, A. et al (2003), como se podrá explicar más adelante, se crea de forma artificial el estímulo para activar la musculatura, imitando las condiciones fisiológicas de la contracción voluntaria, lo que ayudaría que el músculo se contraiga con mayor intensidad y fuerza, tanto en procesos de rehabilitación como ayuda para tonificar y fortalecer; además, si se toleran intensidades más altas, las contracciones serán más fuertes, esto se traduce en la mejoría de la fuerza.

Las leyes que rigen la aplicación de la electroestimulación son atribuidas a los científicos de origen francés: Lapique y Weis, quienes a través de experimentos lograron sacar cálculos matemáticos determinando la cantidad de

corriente y tiempo de aplicación que es necesario para estimular los nervios motores.

El principio de la electroestimulación es muy sencillo y reproduce con precisión los procesos que tienen lugar cuando el cerebro ordena a los músculos la contracción, cuando se desea contraer un músculo, el cerebro envía una señal en forma de una corriente eléctrica que viaja a gran velocidad a lo largo de las fibras nerviosas. A la llegada a su destino, la señal excita el nervio motor que transmite la información a la zona contigua a los músculos y provoca la contracción muscular. En el caso de la electroestimulación, la excitación se produce directamente sobre el nervio motor, que utiliza impulsos eléctricos perfectamente adaptados para garantizar su eficacia.

Cuando inicialmente la electroestimulación fue aplicada por Koltz en atletas rusos no tuvo mucha trascendencia ya que no se contaba con medios tan modernos como hoy en día se pueden encontrar, adicional a ello se dice que era bastante doloroso el entrenamiento porque aún no se contaba con los parámetros calculados por Lapique y Weis; sin embargo, él consiguió incrementar la fuerza de deportistas en bíceps y tríceps sural en un 38% y 50% con 19 sesiones de 10 min (Zueco, R., García, A 2006; Bochetti, G.2004).

La electroestimulación neuromuscular (EENM) ha sido objeto de varios estudios y por ende también existe disparidad en los resultados y se cree que uno de los motivos es la bibliografía y sus diferentes protocolos para el manejo de esta técnica. Hernández, M., Navarro, E & Lorenzo, A. 2002; Hainaut, K., Duchateau, J. (1992).

En varios estudios a estudiantes de educación física, donde se desarrolló un mismo protocolo de electroestimulación bajo diferentes condiciones para las

distintas manifestaciones de la fuerza, se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la hipertrofia muscular, fuerza máxima, isométrica y fuerza resistencia. Herrero, J.(2003 b) pero, en cuanto a la fuerza explosiva y velocidad de carrera, no se encontraron cambios significativos con la electro estimulación por sí sola, de donde surgió otro estudio realizado por el mismo autor donde combinando la electroestimulación con entrenamiento pliométrico se notaron cambios favorables en estas cualidades. Herrero, J. (2003 c)

Otro estudio realizado en Alemania por Mester, J. Speicher, U., Nowak, S., Schmithüsen, J & Kleinöder, H. (2010) encontró valores significativos en el incremento de la fuerza combinando el método de electroestimulación con los métodos tradicionales; al igual que los tres estudios mencionados anteriormente se han realizado muchos más con disparidad en los resultados. La idea principal de este trabajo fue concentrar la mayor cantidad de información que permitiera vislumbrar o por lo menos hiciera conocer al lector la mayoría de estudios realizados en torno al tema.

Para ir dando forma al desarrollo de este tópico se hace necesario poner en manifiesto algunos parámetros o conceptos que permitan comprender un poco mejor el tema de la electroestimulación para con ello pasar a examinar las investigaciones y resultados obtenidos en el campo competitivo desde diferentes deportes.

Cada investigación basada en protocolos para la electroestimulación debe contener según Herrero, J. et al. (2006a) específicamente: el tipo onda, ancho de impulso, frecuencia, tiempo de contracción y de reposo, número de contracciones por sesión, intensidad con la que se aplica la corriente, ángulo de trabajo de la articulación implicada, zona de colocación de los electrodos así

como las características de los mismos, músculo estimulado, aparato utilizado, número de sesiones de entrenamiento y frecuencia semanal.

3.2 ESTIMULACIÓN DIRECTA E INDIRECTA

En el ámbito deportivo y funcional, la estimulación directa de las fibras musculares nunca es necesaria, según argumenta Cometti, G. (2004) es más cómodo y eficaz contraer la musculatura por vía indirecta, o sea, activando la excitación inducida por la corriente a nivel del tejido nervioso, ya que la estimulación directa es más usada con fines terapéuticos y estéticos donde se presentan casos de lesiones totales o parciales.

“La aplicación de la electro estimulación debe ser de un modo muy específico sobre ciertos músculos y no sobre el conjunto de músculos que intervienen en un esfuerzo deportivo”. Pombo, M. et al (2004; p. 54)

3.3 ALGUNOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA ELECTROESTIMULACIÓN

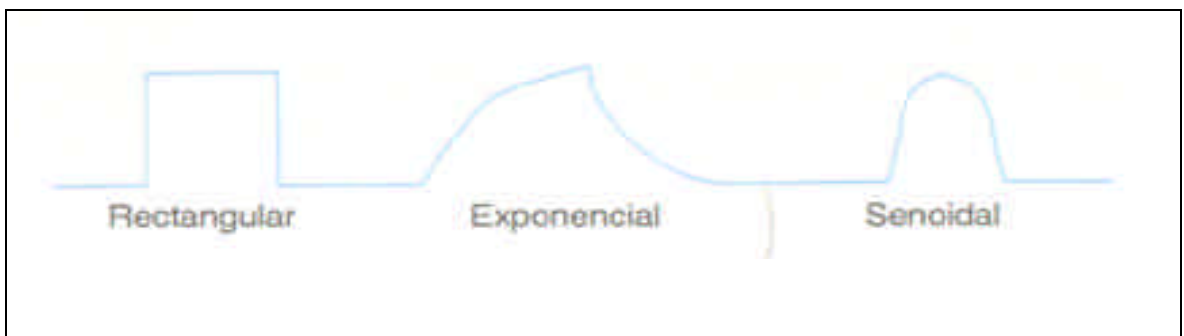
Según Ortega, F., Rivera, J. (1996) en el campo de la medicina física y la rehabilitación se aplican principalmente dos tipos de electro estimuladores.

3.3.1 Estimuladores de corriente directa. Este mismo autor la define como el tipo de corriente que fluye en un segundo o más en una dirección y en dependencia de esta dirección se nombran como: invertida, interrumpida, en rampa, en rampa invertida e interrumpida.

3.3.2 Estimuladores de corriente pulsátil. Se clasifican de acuerdo al tipo de onda que tienen y según Plaja, J (1999).

Existen principalmente 3 tipos (monofásica, bifásica y polifásica).

Figura 4. La forma de la onda



Fuente: Plaja, J., 1999. p.12.

Estudios citados por Herrero, J., Abadía, O., Morante, J & García, J (2006a) señalan que la onda bifásica posee dos tipos y estos fueron analizados en el desarrollo de la fuerza. Entre la onda bifásica rectangular y bifásica sinusoidal se concluyó que la onda rectangular es la más efectiva para el desarrollo de fuerza muscular.

La forma clásica del pulso rectangular tiene un ascenso con terminación brusca, un ascenso progresivo exponencial o rectangular y una forma senoidal como se puede observar en la figura 4.

3.4 TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

3.4.1 Corriente galvánica. Pertenece al tipo de estimulación de corriente directa, puede tener cualquiera de las direcciones anteriormente mencionadas e

influye a nivel tisular, celular, cambios en el pH en la piel donde se aplican los electrodos produciendo vasodilatación e indirectamente tiene efecto en el incremento del flujo arterial hacia la piel.

3.4.2 Corriente TENS (neuroestimulación eléctrica transcutánea). Tiene aplicación de manera transcutánea como su nombre lo indica, Posee un efecto fisiológico de manera directa a nivel celular activando las terminaciones nerviosas sensitivas, motoras y conductoras del dolor. De igual forma involucra indirectamente el conjunto biológico a nivel tisular, segmentario y sistémico. Este tipo de corriente puede tener una Estimulación de alta. Intensidad y baja frecuencia o Estimulación de baja intensidad y alta frecuencia.

3.4.3 Corriente interferencial. Utiliza dos ondas sinusoidales con frecuencias sutilmente heterogéneas, presentándose una combinación de los pulsos por la confluencia de las ondas, consiguiendo una conducta de onda de pulso polifásico. Su principal efecto fisiológico se presenta a nivel celular.

3.4.4 Corrientes dinámicas. Son corrientes de baja frecuencia y tienen efectos principalmente en el campo de la rehabilitación muscular. Ortega, F et al. (1996)

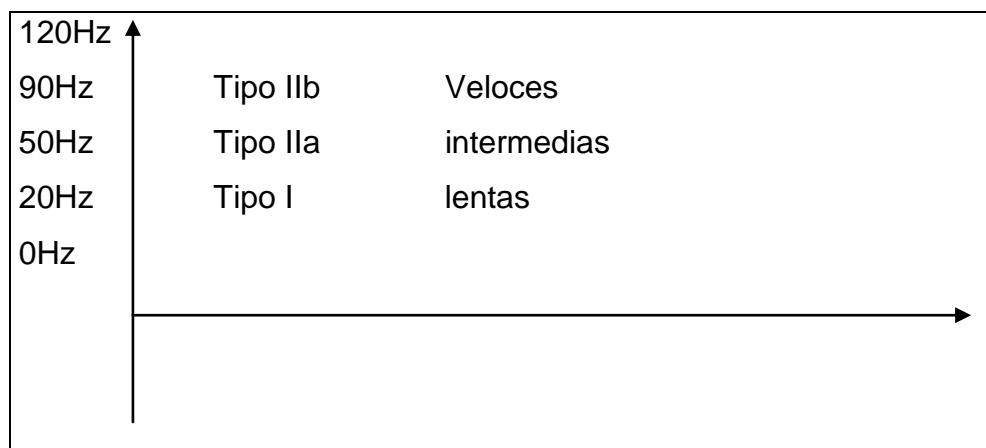
3.5 LA FRECUENCIA DE ESTIMULACIÓN

Para Plaja, J. (1999) la frecuencia de los impulsos se expresa en Hertzios (Hz) aunque, también se habla de ciclos por segundo (C.P.S) y Cuando se habla de frecuencias menores a 1Hz, se expresa en decimales. Es decir, 0.2Hz es igual a un impulso cada 5 segundos ($1/0.2=5$); de acuerdo a lo que plantea Pombo, M. et al. (2004) a mayor frecuencia mayor será la fuerza desarrollada, velocidad de contracción, cantidad de trabajo, potencia máxima, la fatiga muscular y

tetanicización. En el ámbito del entrenamiento deportivo, la frecuencia de electroestimulación, es aplicable al tipo de fibra que se desea estimular.

Boschetti, G. (2004) presenta a continuación un esquema de las frecuencias útiles para los distintos tipos de fibras.

Figura 5. Frecuencia de estimulación de acuerdo al tipo de fibra muscular



Fuente: Boschetti, G., 2004. p.126

Estudios citados por Herrero, J et al. (2006a) demuestran que cuanto mayor es la frecuencia de estimulación, mayor es la fuerza producida por la corriente; de manera general, para lograr un desarrollo de fuerza máxima, lo ideal para este autor es emplear frecuencias entre 50 y 120 Hz o 60 y 100 Hz.

3.5.1 Efectos de la frecuencia sobre la fibra muscular. Boschetti, G (2004) y Pombo, M. et al(2004) , proponen que aunque no es posible definir de manera exacta la frecuencia de la estimulación óptima para los distintos tipos de fibras musculares, coinciden en afirmar que hay unos efectos a determinadas frecuencias de estimulación y que estas frecuencias de estímulo son medida en hertzios (Hz) como ya se había mencionado anteriormente y para

complementar esa información Pombo, M. et al (2004) resume algunos de los efectos que se generan a determinadas frecuencias sobre las fibras musculares

Cuadro 7. Efectos de la frecuencia sobre la fibra muscular

FRECUENCIA		Efectos
1Hz	10Hz	Relajación muscular/anestésico y favorece la circulación Mejora resistencia aeróbica
10Hz	20Hz	Mejora resistencia aeróbica muscular y la capacidad oxidativa muscular
20 Hz	50 Hz	Mejora tono, la definición y de firmeza muscular
40 Hz	70Hz	Mejora capacidad láctica del músculo e incrementa el volumen muscular, fuerza y resistencia
70 Hz	120Hz	Mejora fuerza máxima
90 Hz	150Hz	Mejora fuerza explosiva, elástica y reactiva

Fuente: Pombo, M. et al. (2004). p. 39.

Para que se pueda producir una contracción apreciable según la ley de Lapicque el tiempo debe ser por lo menos igual a la cronaxia nerviosa; Con el ejercicio la cronaxia muscular y nerviosa se elevan en un 37,5% y 62% respectivamente, lo que supone que la velocidad de contracción muscular disminuye conforme se incrementa el tamaño de la carga, es por ello que aparece otro termino recibe el nombre de ancho del impulso.

- Ancho del impulso. Es la duración de cada pulso de corriente, normalmente expresada en microsegundos (μ s); se recomienda emplear como ancho de impulso valores superiores a las cronaxias, o emplear corrientes de Impulso en aumento progresivamente durante el entrenamiento.

- Tiempo de contracción. Es el tiempo durante el cual se mantiene los impulsos eléctricos a una determinada frecuencia y se expresa en segundos” Herrero, J et al (2006a).

Según Pombo. M et al (2004) cuanto mayor sea la frecuencia de impulso, menor será la duración de la contracción, en este aspecto es muy importante y delicado la programación de la sesión, ya que si se supera la capacidad de resistencia máxima de las fibras musculares, esto conllevaría a calambres y contracturas, por ello es ideal contar con cuadros como la que se presenta a continuación que sirven como referencia para determinar la frecuencia a emplear en la estimulación de las fibras musculares.

Cuadro 8. Tiempo de estimulación de las fibras musculares

FIBRAS	TIEMPO ESTIMULACIÓN
Lentas	8 segundos
Intermedias	4-8 segundos
Rápidas	3-4 segundos

Fuente: Pombo. M et al, 2004. p. 158

- **Tiempo de reposo.** Según Bochetti, G (2004) al igual que en el entrenamiento convencional, el músculo produce sustancias residuales (catabolitos), las cuales deben ser eliminadas. Estudios citados por Herrero et al (2006a) mencionan uno, en el cual se compararon dos protocolos: protocolo A (10 s de contracción y 10 s de reposo); y protocolo B (10 s de contracción y 50s de reposo). Aleatoriamente los sujetos recibían el protocolo A o el B, y una hora después el otro protocolo. Con espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) se midió el pH intramuscular (pHi), el fósforo inorgánico (Pi) y la fosfocreatina (PCr). A lo largo de las 12 contracciones, ambos protocolos

disminuyeron la fuerza y el pHi y aumentaron la relación Pi/ PCr, siendo estas modificaciones significativamente más acentuadas en el protocolo A. Se concluyó que el tiempo de reposo más corto produjo más fatiga durante el periodo de estimulación, posiblemente, como resultado de una mayor acidosis intracelular y por la poca capacidad de re sintetizar los fosfatos de alta energía.

Los autores comentan que cuando el objetivo del entrenamiento sea producir una elevada fatiga intramuscular (hipertrofia), el protocolo a utilizar sería el A, mientras que si la producción de fuerza es el factor importante a tener en cuenta en el entrenamiento (como es el caso de la rehabilitación o del entrenamiento), el protocolo adecuado sería el B.

Ward, A., Shkuratova, N. (2002) argumentan que el reposo debe tener relación con la frecuencia que se ha empleado y los tiempos de contracción para proporcionar a las fibras musculares un descanso que garantice las condiciones óptimas para la siguiente contracción.

En relación a las corrientes rusas para el fortalecimiento, su mayor aplicación se basa en un régimen de tratamiento específico “10/50/10” que significa, 10 segundos de estímulo, 50 de reposo durante 10 minutos. En el siguiente cuadro se puede observar los tiempos que propone Pombo, M. (2004) según el entrenamiento que se realice.

Cuadro 9. Tiempo de reposo estimado

Tipos de entrenamiento	Tiempos de reposo(s)
Fuerza y fuerza explosiva	15 a 35
Fuerza resistencia	4 a 8
Resistencia aeróbica	2 a 5

Fuente: Pombo, et al. 2004. p.37.

- **Intensidad del impulso.** Se puede describir como la altura que tiene o alcanza la onda, se puede marcar en mili voltios (mV) o mili amperios (mA) su relación radica en la resistencia que presentan los tejidos al paso de la corriente eléctrica, Herrero, J et al (2006a) menciona que la corriente debe superar 4 umbrales a medida que se va incrementado la intensidad de esta. Sensitivo, motor, dolor, máximo dolor) basándose en estudios este autor sugiere que la intensidad mínima para que la electroestimulación produzca un incremento de fuerza debe ser la que alcance, como mínimo, el 33% o 35% MCV.

- **Ángulo de entrenamiento.** Hace referencia al Angulo de que se debe mantener la articulación durante cada sesión de trabajo, a esto se le puede atribuir el resultado de investigaciones que no han tenido el efecto esperado , ya que Herrero, J.(2006a) aclara que en estado máximo de acortamiento muscular la intensidad tolerada por la persona está bastante limitada, lo que deriva que se produzcan niveles medios y no máximos de fuerza en este aspecto González, J et al (2002) añade que cuando se trata de ejercicio de competición, dadas las características dinámicas y cinemáticas del deporte, este es el parámetro clave de los requerimientos de fuerza en cada escenario o circunstancia. Es por ello que por cualquier modificación por insignificante que sea de la posición o el ángulo de una articulación esto puede dar lugar a cambios importantes en la aplicación de la fuerza, lo que puede ser la distinción entre ganar o perder en el campo deportivo. Para. Verkhoshansky, y. (1986) citado por Gonzales, j et al 2002 existen unos porcentajes de pérdida o ganancia de la fuerza en dependencia a como se aplique el movimiento, es decir, si es aprovechado correctamente el movimiento, “como por ejemplo al realizar el tirón para hacer una arrancada o cargada, por el solo hecho de flexionar las los codos precipitadamente se puede perder hasta un 40% de la fuerza de igual manera un 13% por flexionar la espalda un 9% por bajar la cabeza). El mismo autor afirma que la fuerza aumenta un 10-12% si se echa atrás el tronco, un 20-25% con el

sujeto sentado en posición de remar. Tener en cuenta estos porcentajes es importante cuando lo que se busca es una optimización del trabajo de la fuerza a nivel competitivo” es este aspecto no se han hallado investigaciones que fundamenten estas afirmaciones, ni en el campo del entrenamiento convencional ni con electroestimulación.

- **La ubicación de los electrodos.** Basas A. 2001 apoyado por (Rodríguez, J. 1994 Martín J.; Plaja, J. 1999) recomiendan a la hora de colocar los electrodos, buscar la estimulación mixta en la que un electrodo es ubicado cerca al nervio que riga el grupo muscular (aunque no es siempre posible) y desde allí dispersar canales hacia los puntos motores del músculo. Lo más común es emplear electrodos bipolares (polo positivo, polo negativo); Herrero, J et al (2006a) recomienda poner los electrodos de forma longitudinal con relación a las fibras musculares ya que según este autor esta ubicación supone alcanza un 64% más de fuerza con respecto a una ubicación transversal.

3.5.2 Precauciones con los electrodos. Al utilizarlos los electrodos, estos deben estar protegidos con una esponja o almohadilla impregnada de agua o gel apto para electroterapia, la dosis habitual se encuentra alrededor de 0.05 a 0.06 mA por Cm^2 es importante tener en cuenta estos para metros ya que a 0.1 mA por Cm^2 hay riesgo de quemadura. Basas A. 2001.

3.6 POSIBLES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA EENM

Según Weineck, B. 2005; Compex 2000; Bochetti, B 2004; Basas, A. (2001) ; Hernández, M et al 2002. La corriente eléctrica posee efectos beneficiosos si es aplicada de manera adecuada así como también puede tener efectos nocivos de no ser bien controlada.

Cuadro 10. Puntos de vista acerca del uso de la EENM

Ventajas	Desventajas
Mayor tensión muscular y por lo tanto, mayor definición muscular	Sistemas reguladores y de coordinación quedan en segundo plano
Prolonga el tiempo de la contracción muscular forjando un estímulo de crecimiento muscular más intenso. Incremento de la capacidad Oxidativa muscular	No ayuda a mejorar la coordinación neuromuscular por el reclutamiento al inverso de las fibras musculares contrario a lo que sucede en la contracción voluntaria
Se puede desplegar mayor número de repeticiones evitando la inhibición por fatiga del NSC	La electroestimulación vuelve ineficaz la función protectora y reguladora de los propioceptores
Permite trabajar de manera aislada y selectiva los grupos musculares. No hay presencia de estrés cardiovascular. Hay un incremento en el flujo sanguíneo de manera local. Se puede hipertrofiar y tonificar el músculo	Las fibras musculares más profundas no participan dentro de la contracción muscular cuando la EENM se realiza de manera directa ya que esta solo estimula las fibras de la periferia
Un entrenamiento de 30 min. Es igual a 1 o 2 horas de entrenamiento convencional reduciendo el riesgo de lesiones articulares incremento de la capacidad contráctil del tejido muscular generado por la PPA , de donde se da un aumento de la fuerza isométrica máxima y una disminución del tiempo para alcanzarla	Se pueden desarrollar daños a nivel muscular al paralizar la activación los mecanismos protectores fisiológicos y psicológicos que informan de la fatiga

Fuente: El autor.

Como se pudo observar en el Cuadro 10, existe contrariedad entre los autores acerca del uso de la electroestimulación, por un lado esta quienes aseguran puede ser de gran utilidad para el entrenamiento deportivo y por el otro, también se dice que este método puede generar una atrofia de los sistemas y que estos podrían quedar de lado al emplear esta metodología; Hasta el momento no se han hallado estudios que puedan dar fe de injurias causadas por este método, lo que si se ha podido encontrar es un sin número de estudios algunos con resultados positivos y otros sin cambios significativos de incremento de fuerza.

Cabric, M, Appell HJ, & Resic A.1988; Maffiuletti, N., Pensini, M & Martin, A. 2007, concluyeron que la electroestimulación de alta frecuencia tiene efectos predominantemente sobre las fibras tipo II y Con el entrenamiento empleando electroestimulación a corto plazo se pueden observar incrementos en la activación neuronal, por otra parte Watson, T. (2009) hace referencia al tema aportando que cuando se usa este método resulta fácil inervar este tipo de fibras musculares ya que se encuentran cerca a la parte más superficial donde los electrodos pueden estimularlas con más rapidez lo que no se consigue con la misma facilidad empleando entrenamiento voluntario por poseer axones de gran tamaño y un nivel de umbral muy bajo, en este caso esto se podría tomar como una ventaja y no como una desventaja como señala Weineck, J. (2005) en el Cuadro 10.

Desde este punto de vista se hace necesario conocer los efectos que puede tener el uso de la EENM a nivel biológico, por lo que a continuación se podrán apreciar algunos de estos efectos.

3.7 EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA SOBRE EL CUERPO

La electricidad genera una serie de efectos en su aplicación, por ello es necesario conocer cuáles pueden ser los resultado si no es aplicada dentro de los parámetros o condiciones óptimas, entre estos tenemos: Efecto térmico, galvánico, quemadura y efecto excitador.

3.7.1 Efecto térmico. Posee incremento de la temperatura corporal.

3.7.2 Quemadura. Al paso de la corriente ocurre una ustrión de los tejidos que son atravesados por esta, Boschetti, G. (2004) /9/, dice que una aplicación práctica es el uso del bisturí eléctrico que a medida que realiza la incisión cauteriza el corte, esto ocurre cuando se emplean parámetros eléctricos potencialmente elevados.

3.7.3 Efecto galvánico. Al aplicar o introducir fármacos al interior del cuerpo por medio de la piel empelando corriente eléctrica se corre el riesgo de dañar la barrera cutánea, si este efecto no es controlado adecuadamente puede causar la ustrión química de los tejidos.

3.7.4 Efecto excitador. Se puede pasar de una condición de reposo a una de activación empleando el efecto de excitación ya sea por vía endógena (sistema nervioso) o exógena (estímulos eléctricos inducidos desde el exterior) teniendo su aplicación en la musculatura sobre el entrenamiento Boschetti, G. (2004).

3.8 FORMA DE APLICACIÓN DE LA EENM

Se puede adoptar 2 tipos principales de formas de aplicación de la electroestimulación en este campo.

3.8.1 Electroestimulación estática. Se da cuando la técnica se realiza sin movimiento alguno de las articulaciones.

3.8.2 Electroestimulación dinámica. Cuando la técnica incluye además, la activación muscular un movimiento en las articulaciones Basas A. (2001), Ortiz, V. (1999); Boschetti, G. (2004).

Según Basas A. (2001), en el deporte la electroestimulación neuromuscular (EENM) es aplicable de forma dinámica o estática todo depende del objetivo, el paciente y la patología que se presente; éste autor plantea una metodología aplicada al deporte teniendo en cuenta la especialidad de este, enfocándose como tratamiento de patologías, readaptación a la actividad deportiva, reforzamiento muscular y prevención de lesiones, aunque, el tema principal de este documento es la electroestimulación en el deporte es importante conocer la cantidad de aplicaciones que tiene esta práctica hoy en día.

3.9 OTROS USOS DE LA ELECTROESTIMULACION

Según. Maffiuletti, N. (2010) En la medicina cardiovascular, esta ha sido aplicada en pacientes con insuficiencia cardiaca refractaria o crónica, también en pacientes sometidos a trasplante cardiaco con enfermedades pulmonares y obstructivas, en la medicina ortopédica han sido empleada en la recuperación de pacientes con lesión del ligamento cruzado anterior, en la medicina neurológica han sido tratados pacientes con parálisis cerebral, lesión de la medula espinal, en la medicina general ha sido aplicada a pacientes con hemofilia y pacientes críticamente enfermos, además, en pacientes con edad avanzada (medicina geriátrica) y hasta en la medicina espacial y por último, la medicina deportiva.

Se dice que la electroestimulación posee propiedades de reeducación de la acción muscular, esta puede ayudar eficazmente en los músculos afectados como por ejemplo en lesiones como la condromalacia rotuliana, el codo de tenista y la periartrosis escapulo humeral. También incremento de la capacidad funcional, resistencia muscular y en general, así como también incremento de la velocidad de contracciones musculares, al producir una acción rítmica de los músculos. genera también una dilatación de los vasos sanguíneos facilitando el transporte de nutrientes a los tejidos, lo que es muy beneficioso en caso de lesiones, así lo demuestra un estudio realizado por (Zicot, M., Rigaux, P., 1995) donde se determinó que la influencia de la electroestimulación neuromuscular de la pierna sobre el flujo de la arteria femoral es óptima o hay mayores aumentos en el flujo artero femoral, entre los 7 y 9 Hz, por su parte Ferrer, A., Pérez, M (2003) afirma que con estimulación de frecuencia media (50 Hz) se consigue el mismo pico de flujo sanguíneo que el ejercicio voluntario, adicional a ello también se puede observar incremento de la amplitud del movimiento, combinando la EENM con técnicas de movilización (facilitación neuromuscular propioceptiva) mejorando así la eficacia de esta técnica.

En la reeducación de alteraciones músculo esqueléticas aplicando electroestimulación sobre puntos específicos en la espalda se ha detenido o retrasado el proceso de curvatura anormal de la columna vertebral en casos de escoliosis leves, así pues en el campo terapéutico la electroestimulación ha sido responsable de muchos beneficios; en el deporte como es el tema central de este trabajo, la electroestimulación también ha tenido reconocimiento científico según Linares, M., Escalante, K., La Touche, R. (2004) La frecuencia de pulso para corrientes bifásicas es de 40 a 70 Hz y para las corrientes rusas de 2.500 Hz, con las que se ha observado una mayor producción de fuerza en el cuádriceps.

Es necesario destacar que pese a la efectividad de la electroestimulación como método de fortalecimiento muscular del cuádriceps, aún existe controversia en cuanto a la combinación de este método, con otros de fortalecimiento; no obstante, la mayoría de la literatura recomienda alternar el programa de electroestimulación con ejercicios de contracción voluntaria para lograr mayores ganancias de fuerza a nivel del cuádriceps.

Ferrer et al (2003) argumenta basado en varios estudios citados , que la fuerza se ha visto incrementada en deportistas de alto nivel cuando la EENM se combina con entrenamiento voluntario y de igual forma se han observado incrementos en la capacidad de salto y potencia.

3.10 LA MUSCULATURA Y LA ELECTROESTIMULACION

Bochetti, G. (2004) presenta información detallada de los puntos de electroestimulación y el propósito de esta en cada músculo con relación al deporte. Los cuadros que contienen esta información y que se podrán observar a continuación en los Cuadros 11,12 y 13. El primero recoge la musculatura del tronco; el segundo, las extremidades superiores del cuerpo y el tercero, la musculatura de las extremidades inferiores.

Cuadro 11. Los electrodos en la musculatura del tronco

Músculo	Importancia en el Entrenamiento	Numero de Electroodos a Emplear
Recto abdominal	Función estabilizadora y de mantenimiento de la postura	Se puede emplear 2 electrodos grandes o 6 pequeños

Cuadro 11. (Continuación).

Músculo	Importancia en el Entrenamiento	Numero de Electrodo a Emplear
Transverso abdominal	Función estabilizadora tiene su importancia en disciplinas deportivas que requieren fuerza Tanto las extremidades superiores como inferiores.	Emplea dos electrodos grandes
Trapezio	Por su función estabilizadora de la escápula, es útil en lanzamiento y elevación del tronco como la escalada deportiva; en sinergia con el dorsal ancho y otros grupos musculares es importante en el tenis el voleibol y la natación	Estimulan los haces Medianos del trapecio con 3electrodos Dos electrodos positivos pequeños y uno grande negativo
Pectoral mayor	En todas las disciplinas que requieren intervención de las extremidades superiores	Se puede emplear hasta 6 electrodos
Dorsal ancho	Es útil en el atletismo y voleibol por su acción de lanzamiento así como también en la natación y la escalada	6 electrodos 1 electrodo negativo rectangular y dos positivos cuadrados

Fuente: El autor, adaptado de Bochetti, G., 2004.

(Ver Cuadro 12, página siguiente).

Cuadro 12. Los electrodos en la musculatura de los miembros inferiores

MÚSCULO	IMPORTANCIA EN EL ENTRENAMIENTO	NUMERO DE ELECTRODOS A EMPLEAR
Cuádriceps femoral	Tiene su importancia en disciplinas de máxima velocidad de salto altura y longitud	3 electrodos Dos positivos y uno negativo
Gastrocnemio	En carrera, salto, potencia, fuerza máxima y sobre todo cuando el tobillo representa un papel fundamental en la ejecución del gesto	3 electrodos Dos positivos y uno negativo
Glúteo mayor	En carrera y salto, este músculo se entrena para desarrollar acción anti gravitatoria en sinergia con el gemelo y el cuádriceps	2 electrodos Uno positivo y el otro negativo
Izquiotibiales	Útil en disciplinas como el atletismo donde se requiere la extensión del muslo sobre el busto, además, se entrena para prevenir lesiones de ligamento cruzado	2 electrodos grandes
Aductores	En la danza, la gimnasia artística, rítmica y la equitación	2 electrodos además de una pelota o almohada entre las piernas por comodidad

Fuente: El autor, adaptado de Bochetti, G., 2004.

Cuadro 13. Los electrodos en la musculatura de los miembros superiores

Músculo	Importancia en el entrenamiento	Numero de electrodos a emplear
Bíceps braquial	Escalada remo natación tenis y todas las disciplinas que requieren el uso de los miembros superiores	Dos electrodos uno grande y uno pequeño
Tríceps braquial	Para lanzamiento el impulso delas extremidades superiores	3 electrodos
Deltoides	Útil en deportes de lanzamiento escala o remo	3 electrodos

Fuente: El autor, adaptado de Bochetti, G., 2004.

Como se pudo observar en los Cuadros 11, 12 y 13, se tomaron sólo algunos músculos del tronco y de las extremidades inferiores y superiores precisando su vinculación a movimientos o expresiones deportivas, no se ahondo demasiado en el tema ya que esa no es la finalidad de esta revisión, si se desea conocer más a fondo la ubicación o punto exacto de los electrodos en el músculo (consultar Bochetti, G. (2004).

3.11 ADAPTACIONES PRODUCIDAS EN EL ORGANISMO CON LA EENM

La aplicación de EENM periférica según Maffiuletti, N. (2010) basado en más de 20 estudios puede promover una actividad generalizada en el sistema nervioso central siendo capaz de mediar en una serie de ajustes y adaptaciones neurales.

Para que se genere una contracción muscular, es necesario que se reproduzca cierto voltaje en la membrana muscular, si este está por debajo del su umbral, no habrá contracción (Guyton, A.C. 1987), por lo que un estímulo debe ser lo suficientemente alto. Mediante la electroestimulación (con los parámetros adecuados), el voltaje que se genera es lo suficientemente alto para reclutar el músculo. En dependencia de esos parámetros, en la contracción muscular predominarán un tipo de fibras (Kolt, G. et al 2004).

Según God Alon, citado por Ortega, F. et al (1996) el paso de la corriente eléctrica genera unos efectos fisiológicos que han sido determinados en 4 niveles: celular, tisular, segmentario y sistémico por ello independientemente del tipo de corriente que se emplee esta va a influir en el organismo de manera directa o indirecta de igual forma este autor agrega que generalmente, los efectos directos se presentan a nivel celular y Los efectos indirectos abarcan los cuatro niveles mencionados anteriormente.

Como todo proceso organizado en el entrenamiento se debe generar una adaptación del organismo antes de iniciar con un trabajo específico, con la electroestimulación no es diferente, puesto que se conoce que ante un esfuerzo luego de 24 -48 horas aparece algo conocido con el nombre de agujetas que no son más que dolor muscular post ejercicio, en la mayoría de los casos estas agujetas conocidas como (mialgia diferida) es también el nombre coloquial de un dolor muscular llamado "Dolor muscular de aparición tardía". Basas, A. (2001) es por ello que el tiempo debe ser controlado, según recomienda. Verkhoshansky, y., Siff, M. (2000) no es conveniente usar más de 5 a 10 minutos de electroestimulación intensa por grupo muscular para evitar una posible presencia de necrosis tisular y una sensibilidad dolorosa prolongada.

El protocolo más efectivo con relación a la EENM es aquel que tiene una mayor frecuencia e intensidad de corriente, y con tiempos de contracción más cortos. Se dice que Las contracciones de tipo excéntrico a diferencia de las de tipo concéntrico son las que más generan lesiones y agujetas. Al igual que las excéntricas producen más agujetas que las concéntricas, de este modo con la electroestimulación se debe tener en cuenta la intensidad de las contracciones ya que la potencia de la contracciones y la importancia de las agujeta radica de la frecuencia de la estimulación empleada.

Es posible influir en el comportamiento de la fibra muscular controlando el tiempo de estimulación con estimulaciones próximas a 3 segundos favoreciendo el desarrollo de fuerza explosiva; sobre 6 Segundos puede tener beneficios sobre la fuerza y sobre los 10 segundos incremento de masa muscular. Se recomienda emplear el entrenamiento con electroestimulación acompañado de algún método tradicional, lo ideal es la pliometría o el trabajo concéntrico, como se explicaba anteriormente el trabajo excéntrico no es muy recomendable o se debe realizar con mucha precaución por poseer efectos muy fuertes para la fibra muscular comparables a la electroestimulación por lo que no es conveniente emplear los dos al mismo tiempo. (Herrero, J. et al 2003b; Pombo, M. et al 2004).

En un estudio realizado por Herrero, J., Abadía, O., Fernández, B & Hernández, (2008) se examinaron y compararon los efectos del entrenamiento con EENM concéntrica frente al entrenamiento voluntario sobre la fuerza máxima, el salto vertical y el tiempo de carrera; además, evaluaron si el entrenamiento con EENM dinámica concéntrico resultaba beneficioso en las acciones que requieren fuerza explosiva; luego de 4 semanas con 4 entrenamientos por semana (lunes, martes, jueves y viernes) se concluyó que , el entrenamiento con EENM concéntrica era igual de eficaz que el entrenamiento voluntario para la mejora de la fuerza máxima isométrica de los extensores de la rodilla, no se encontraron

modificaciones en el tiempo de carrera. A diferencia del entrenamiento voluntario, la EENM concéntrica puede resultar perjudicial para el rendimiento de determinados tipos de saltos verticales. Y Para que la EENM aplicada de forma concéntrica sea un método eficaz en el incremento de la fuerza explosiva, los tiempos de contracción y reposo no deben establecerse en función de los ritmos de entrenamiento voluntario. Por lo que el autor recomienda es conveniente llevar a cabo nuevos estudios en los que se examinen los tiempos de contracción y reposo óptimos para el entrenamiento concéntrico con EENM.

Las técnicas más utilizadas para analizar las adaptaciones neuronales producidas por el entrenamiento con EENM son: según Herrero, J (2007) medición del porcentaje de activación muscular a través de la técnica twitch interpolations (TI) O mediante el análisis de la raíz cuadrada media (RMS, root mean square) de los valores electromiográficos durante una contracción isométrica voluntaria máxima. Cabric, M. et al (1988) Sinacore, D.; Delitto, A.; King, D. & Rose, S. (1990).aseguran que la electroestimulación tiene efectos predominantemente sobre las fibras tipo II Cabric, M. et al (1988) luego de estudiar varios parámetros morfológicos de una biopsia del gastrocnemio de varios estudiantes de educación física quienes fueron sometidos a la estimulación eléctrica de alta frecuencia y amplitud de la corriente durante 19 días; obtuvieron como resultado un incremento en el tamaño de la fibra muscular e incremento en el volumen nuclear lo que sugieren los autores puede deberse a que la proliferación de núcleos que se había producido, lo que fue acompañado también por un mayor contenido de ADN nuclear . Los cambios más pronunciados se dieron en las fibras de tipo II. El incremento en la fracción mitocondrial fue mayor también en las fibras de tipo II.

Un estudio realizado por Paillard ,T., Lafont, C ., Pérès ,C., MC Costes ,S., Soulat ,J., Montoya, R ., Dupui .P (2005) en mujeres entre 62 y 75 años demostró

que el combinar electroestimulación mas ejercicio voluntario puede conseguir mayores adaptaciones de tipo fisiológico que si se realizara por separado ejercicio voluntario o electroestimulación obteniendo ganancias de fuerza significativas. Aunque, este estudio fue realizado en personas mayores, se incluye como un argumento válido dentro de esta revisión teniendo en cuenta que si estos beneficios se pueden observar en personas con edad avanzada, en el medio deportivo con personas de buena forma atlética se podría obtener igual o mejores resultados dadas las características de la población.

3.11.1 Ejercicio voluntario y la electroestimulación. Eriksson, E (1981) al revisar los efectos agudos y de adaptación que pueden ejercer la EENM sobre el músculo cuádriceps en individuos sanos, como resultado se observó que Los efectos agudos, es decir, el agotamiento de las tiendas de fosfágenos, glucógeno y la formación de lactato, así como la disminución de ciertas actividades enzimáticas, fueron similares a los encontrados con el ejercicio muscular voluntario intenso. Adicional a ello La estimulación eléctrica intermitente aplicada durante 4 a 5 semanas no causaba cambios significativos en la actividad de las enzimas, las características de la fibra muscular, o propiedades mitocondriales; sin embargo, resultaban ganancias en la fuerza muscular, iguales a los obtenidos con el entrenamiento voluntario.

Al igual que Eriksson, E (1981); Paillard T.(2008) encontró que al combinar la técnica de electroestimulación neuromuscular (EENM) con contracciones voluntarias (CV) Se observaban adaptaciones musculares mucho mayores que si solo se realizaba contracciones voluntarias o solo electroestimulación. Ya sea que se aplique al entrenamiento deportivo o a la rehabilitación. este autor explica que la eficiencia de la combinación de las dos técnicas se debe al hecho de que puede facilitar efectos acumulativos totales o parciales, mas, sin embargo, no se han observado mejoras con la EENM sobre la coordinación

para ello se recomienda combinar el entrenamiento con la formación deportiva específica para generar adaptaciones neuromusculares, permitiendo el ajuste del control motor durante un movimiento voluntario. Del mismo modo, en un contexto terapéutico, la Técnica Combinada es particularmente eficaz para acelerar la recuperación de la contractilidad muscular durante un programa de rehabilitación. Pérdida de fuerza y atrofia inherentes a un traumatismo o una intervención quirúrgica.

Hainaut, K., Duchateau, J. (1992) mediante una revisión bibliográfica acerca de este tema, abordó la electroestimulación desde el campo deportivo y terapéutico, dando a conocer investigaciones que se han desarrollado entorno el tema empleándolo de manera aislada o acompañada de contracciones voluntarias.

En primer lugar destaca cómo es posible una reducción en el tiempo de una rehabilitación gracias a la EENM así como también la ayuda que ofrece para un regreso seguro a las competencias en el caso de atletas lesionados.

En los músculos sanos la EENM parece ser un complemento a las contracciones voluntarias, ya que específicamente induce la actividad de las unidades motoras de gran tamaño que son más difíciles de activar durante la contracción voluntaria. Sin embargo, existe un consenso de que la fuerza inducida por la EENM es similar a la que se produce de manera voluntaria, pero, no es superior. La razón de la complementariedad entre EENM y el ejercicio voluntario, es que en las contracciones voluntarias las unidades motoras se reclutan en orden, de menor resistencia a la fatiga (tipo I) a unidades más grandes rápidamente fatigables (tipo II) mientras que en la secuencia de EENM esto parece revertirse, en este caso la EENM no se recomienda como un sustituto, sino como un complemento del ejercicio voluntario tanto en músculos en desuso y saludables.

Por un lado hay estudios que demuestran incrementos de fuerza con la electroestimulación como los de Pichon F; Chatad J.C.; Martin A.; Cometti G. 1995 ; Mester, J. et al 2010; Porcari, J. Miller, J. Cornwell, K. Foster, C. Gibson, M. McLean, K. & Kernozek, T. 2005 Kolt, G. et al 2004; Brocherie ,F. et al 2005; Herrero, 2003a; Herrero, J ., García, j. 2002) por el otro lado estudios donde no se encuentran ganancia de fuerza con la electroestimulación como el de (Holcomb, W 2006; Ávila M. et al 2008).

Sin embargo, cuando se combina la electroestimulación muscular con otros métodos al parecer se obtienen ganancias en diferentes manifestaciones de la fuerza, aunque, continúa la disparidad en los resultados. Caro, O., Robles ,F., García, J (2009) llevo a cabo un programa de entrenamiento voluntario complementándolo con EENM, donde se generó más incremento de fuerza isométrica máxima en los extensores de rodilla que con el ejercicio voluntario por sí solo, el estudio fue realizado con 30 sujetos sedentarios divididos en 2 grupos , se aplicó un programa de entrenamiento de 3 días semanales durante 4 semanas, realizando 20 contracciones máximas isométricas de 6s por sesión ante una resistencia inmóvil y con una angulación de la articulación de la rodilla de 60° ,aplicando la corriente simultáneamente al trabajo voluntario de 70 Hz a un grupo, al otro grupo no se le suministro adicional al trabajo voluntario electroestimulación; los resultados obtenidos lograron comprobar que la electroestimulación como complemento al entrenamiento voluntario produce incrementos más significativos de la fuerza isométrica máxima de los extensores de rodilla en sujetos sedentarios, por lo que los autores sugieren se realizar investigaciones en deportistas elite para comparar resultados; del mismo modo hay autores como Herrero, J. 2003a que coincide con Benito, E. (2008)/5/ y Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuletti,N & Chatard, J (2005) al considerar que la EENM debe ser un método complementario al entrenamiento y no alternativo.

En la parte terapéutica pacientes a los cuales se les ha suministrado electroestimulación han desarrollado mayores ganancias de fuerza en el cuádriceps que cuando utilizan contracciones voluntarias solas, según Snyder, L. et al (1994) al parecer se genera un incremento de la fuerza muscular porque con la electroestimulación se reclutan preponderantemente las fibras tipo II Lake, D.(1992).

3.12 LA FUERZA LA EENM EN DIFERENTES MODALIDADES DEPORTIVAS

3.12.1 Fuerza máxima y EENM. Trabajos como el de Gallardo, P., González, J., mora, J (2007) han demostrado que empleando entrenamiento voluntario acompañado de electroestimulación se encuentran mayores incrementos en fuerza máxima isométrica que si se realizara de manera voluntaria únicamente.

3.12.2 Fuerza resistencia. Según se ha podido observar la resistencia es el tema más estudiado por los científicos con relación a la electroestimulación Maffiuletti, N., Miotti D., Pellegrino M; Jubeau, M; Bottinelli, R. 2006.

Porcari, J. Et al (2005) estimularon los abdominales durante 5 días por semana de 20 a 40 minutos por sesión en un grupo de adultos; un grupo experimental y otro de control durante 8 semanas. Sin realizar otros ejercicios adicionales se obtuvieron incrementos de la fuerza abdominal y la resistencia, además, de una disminución en la circunferencia de la cintura, y una mejora de la percepción subjetiva de la firmeza y el tono abdominal. Los resultados probablemente según argumenta el autor podrían atribuirse a la fuerza de las contracciones musculares inducidas eléctricamente debido a la buena calidad de los electrodos utilizados en el sistema de cinturones, así como el propio estimulador.

3.12.3 Fuerza rápida, explosiva y la EENM. En palabras de Pombo, M et al (2004) la electroestimulación es un método que se ha venido empleando desde hace mucho tiempo. Cuando se desarrolla un gesto deportivo de tipo explosivo, las moto neuronas descargan a las fibras musculares frecuencias elevadas de 80 a 100 Hz. Este nivel de activación se mantiene durante un periodo de tiempo muy corto (menos de 1 seg.) y el ritmo de descarga de las moto neuronas se reduce muy rápidamente si el sujeto mantiene una contracción máxima, de esta forma en los entrenamientos voluntarios el tiempo que permanecen las fibras entrenándose a alto nivel es muy corto, lo que no ocurre con la electro estimulación este método nos permite trabajar con una frecuencia programada continua imponiendo a las fibras musculares un alto nivel de actividad, gracias a esto se ve más rápidamente el progreso en la fuerza explosiva adquiriendo un nivel de actividad de la fibra muscular mucho más alto que lo que se puede lograr con un entrenamiento voluntario. Esta idea es sustentada por trabajos como el de Benito, E (2008), pero también hay autores como Gallach, J., Millan, L., Peres, D., Pinsach, J., Rodríguez, S & Martínez, T (2006), donde no se observaron incrementos en el rendimiento empleando la electroestimulación como complemento al calentamiento en pruebas de carácter explosivo.

La prueba realizada por Gallach, J., Millan, L., Peres, D., Pinsach, J., Rodríguez, S & Martínez, T. (2006), se llevó a cabo con 22 sujetos, los cuales se sometieron a seis sesiones de adaptación a la EENM, mejorando la tolerancia a la electricidad un 189.65%, se tomaron medidas de ácido láctico en sangre, de la altura alcanzada así como en velocidad en 20 metros, al finalizar el estudio no se encontraron diferencias significativas con relación a la explosividad ni mayor capacidad de salto, según argumentan los mismos autores, los resultados pudieron verse dado por la mayor acumulación de lactato en sangre que generaba en suma la realización del calentamiento normal más la

electroestimulación y que el lactato tiene un efecto negativo sobre la explosividad de la musculatura.

3.12.4 La fuerza explosiva, el salto vertical y la EENM. Estudios como los de Maffiuletti, N., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., Mauro, F. (2002). Y Herrero, J et al. 2003b; Herrero, J et al (2003c). Encontraron incrementos de fuerza explosiva y velocidad aplicando la electroestimulación acompañada de entrenamiento pliométrico. Sin embargo, Zueco, R. Et al (2006) al observar la influencia que podría tener un programa de electroestimulación sobre el rendimiento en el salto vertical en jugadores de baloncesto categoría juvenil y cadetes no obtuvieron iguales resultados. El estudio se llevó a cabo con dos grupos de jugadores de baloncesto, donde se aplicó un entrenamiento de fuerza explosiva del tren inferior con ejercicios de alta transferencia al salto, y además, uno de estos grupos se sometió a un entrenamiento adicional con electroestimulación, luego de 12 semanas al evaluar la fuerza y la altura del salto, el resultado del estudio no indicó mejoras estadísticamente significativas. Este estudio guarda diferencia con relación al realizado por Maffiuletti N, Cometti, G., Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard J-C. (2000) quienes luego de 4 semanas de entrenamiento con jugadores de baloncesto observaron un aumento en la fuerza isométricos, concéntricos y excéntricos de los extensores de la rodilla así como también en el rendimiento en el salto vertical empleando electroestimulación; sin embargo, Benito, E. (2008), al igual que los estudios de Maffiuletti, N. et al. 2002; Herrero, J et al .2003a; Herrero, J 2003b) sólo encontraron mejoras significativas en el desarrollo de fuerza explosiva acompañando la electroestimulación con entrenamiento pliométrico.

Benito, E. (2008), revisó el efecto de la electroestimulación sobre el incremento de fuerza midiéndola por medio del test de Bosco, después de 5 sesiones de electroestimulación en los cuádriceps de 22 atletas de 44 en total estudiados;

divididos en dos grupos, un grupo que recibió electroestimulación y un grupo que no la recibió; como resultado se observó mayor incremento en el desarrollo de la fuerza explosiva en el grupo que recibió electroestimulación con relación al que no la recibió; de igual forma se comprobó que el incremento de fuerza es mayor si se acompaña la electroestimulación con algún trabajo pliométrico, isométrico o excéntrico aunque, en segundo lugar se encuentra el excéntrico y los peores resultados se obtuvieron con el trabajo isométrico.

El estudio de Maffiuletti, S. et al (2002) consistió en precisar el Efecto de la electroestimulación combinando entrenamiento pliométrico sobre la altura de salto vertical en 10 jugadores de voleibol. Las sesiones se desarrollaron tres veces por semana, cada sesión contaba con tres partes principales: estimulación de los músculos extensores de rodilla (48 contracciones), EENM de los músculos flexores plantares (30 contracciones), y 50 saltos pliométrico. Los sujetos fueron evaluados antes, durante, y después del programa de entrenamiento, una vez finalizado el estudio se Concluyó como se mencionó anteriormente que la EENM combinada con trabajo pliométrico fue útil para la mejora la capacidad de salto vertical en estos jugadores de voleibol.

También Herrero, J., Izquierdo, M., Maffiuletti, N & García, J. (2006b). Después de 4 semanas de combinar la EENM y entrenamiento pliométrico, observaron incrementos significativos en del salto de altura, así como en sprint. Adicionalmente observaron que la EENM sola o combinada con pliometría contribuye a un aumento en la fuerza máxima y cierta hipertrofia de los músculos entrenados, mientras que sola no se obtienen mejoras en el salto y explosividad e incluso interfiere en el sprint.

Herrero, J. et al (2006b); Herrero, J. (2003a), concluyen según sus investigaciones que la EENM por sí sola no mejora de la potencia anaeróbica

durante saltos verticales ni la carrera de velocidad. Para mejorar estas cualidades con EENM se debe realizar un trabajo de transferencia específico dependiendo de cada cualidad.

Otro estudio que también dio resultados positivos en el alto vertical con electroestimulación fue el realizado por Paillard T. et al (2008) quien examinó los efectos de dos tipos de estimulación eléctrica neuromuscular (EENM) sobre el rendimiento el salto vertical de 27 estudiantes del sexo masculino entrenados, ellos fueron reclutados aleatoriamente en tres grupos; un grupo control, grupo C, conformado por 8 estudiantes) quienes no recibieron EENM, los Otros dos grupos se sometieron a tres sesiones de entrenamiento a la semana durante cinco semanas en el cuádriceps femoral, el segundo (grupo F) se conformó por 9 estudiantes, la estimulación se realizó con una corriente de 80 Hz durante 15 minutos para mejorar la fuerza muscular, y en el grupo E con 10 estudiantes se aplicó la estimulación con una corriente de 25 Hz durante 60 minutos para mejorar la resistencia muscular. La altura del salto vertical fue examinada antes del entrenamiento con EENM (prueba 1), una semana después (prueba 2) y en cinco semanas (prueba 3); después de la finalización de los programas, Los resultados mostraron que la altura del salto vertical aumentó significativamente tanto en los grupos E y F entre las pruebas 1 y 2 (5 cm y 3 cm, respectivamente). Los resultados de la prueba 3 mostraron que ambos grupos conservaron sus ganancias. Lo que indica que Un programa de entrenamiento con EENM destinado a mejorar la resistencia muscular no interfiere en el rendimiento de salto vertical, puede incluso mejorarla en forma duradera, afirmación que también es apoyada por los estudios de (Benito, E .et al 2010; Herrero, J. et al 2006b.)

3.12.5 La combinación la pliometría y la EENM. Herrero, J. et al (2003b) al Valorar los efectos a corto y medio plazo, de un protocolo de EENM de alta

frecuencia e intensidad suplementado con un trabajo pliométrico sobre la fuerza máxima, hipertrofia, fuerza explosiva y velocidad, en el cuádriceps de un grupo de estudiantes de educación física, analizo y comprobó la eficacia del trabajo pliométrico como complemento del entrenamiento con EENM, obteniendo ganancias de fuerza explosiva y velocidad; La muestra estaba compuesta por 7 estudiantes varones de educación física: peso ($80,3 \pm 2,6$ kg), talla ($178,3 \pm 0,2$ cm) y edades comprendidas entre los 18 y los 22 años. Luego de 4 semanas de EENM (8 sesiones, 2 por semana), los lunes y los miércoles, los martes y los jueves se realizaba el trabajo de transferencia con pliometría empleando una corriente de onda cuadrangular bifásica simétrica de 400 ms (120 Hz; tiempo contracción/ reposo 3/30 s; 53 contracciones). Aunque, dichas mejoras no son tan destacadas como las encontradas en la hipertrofia y fuerza máxima cuando sólo se aplica EENM; tampoco son tan grandes como las encontradas en la explosividad y velocidad cuando sólo se lleva a cabo un entrenamiento pliométrico por lo que este autor recomienda que el entrenamiento pliométrico puede ser un buen trabajo de transferencia para evitar que los incrementos de fuerza máxima e hipertrofia asociados al entrenamiento con EENM disminuyan los valores de explosividad y velocidad. De igual forma recomiendan realizar futuros estudios donde se aislé y analice, siguiendo un protocolo similar, los efectos de éstas adaptaciones que pudieran deberse sólo al entrenamiento pliométrico.

Así como herrero, J et al (2003b) otros estudios han observado incrementos en el salto vertical y explosividad gracias a la electroestimulación y el uso de la pliometría (Maffiuletti, N et al 2002; Maffiuletti N. et al 2000; Benito, E., Lara, A., Martínez, E 2010 /6/; Paillard T. 2008).

Herrero, J (2003a) asegura que en algunos estudios no se encuentran incrementos en velocidad y explosividad con la EENM debido a que la forma de aplicación es isométrica, también porque no interviene el SNC y además,

porque sólo se estimula la parte superficial de la musculatura, adicional a ello el patrón de reclutamiento de unidades motrices con la EENM es diferente al patrón de reclutamiento voluntario como se mencionó en páginas anteriores, y por último, la electroestimulación, produce disminución en la elasticidad muscular, por lo que al aplicar EENM con otros métodos en la mayoría de estudios se han notado ganancias de velocidad y explosividad.

Realmente son muchas las investigaciones que ponen en manifiesto las bondades de la electroestimulación en diferentes campos, a continuación Seyri, M., Maffiuletti, N (2011) muestran el resultado de investigaciones desarrolladas por 13 autores en diferentes deportes empleando electroestimulación muscular, y sus resultados.

Cuadro 14. El uso de la electroestimulación en diferentes deportes

Year	1st author	Sport	Muscle	Weeks (x/wk)	Type of EMS (settings; frequency [Hz])	Main findings
1989	Delitto (8)	Weightlifting	Q	6 (3)	I-LE; 2500	↑ weightlifting
1989	Wolf (40)	Tennis	Q	3 (4)	C-S; 75	↑ strength, sprint, jump
1995	Pichon (29)	Swimming	LD	3 (3)	I-OC; 80	↑ strength, swimming
1996	Willoughby (38)	Basketball	BB	6 (3)	I-PC; 2500	↑ strength
1998	Willoughby (39)	Track and field	Q	6 (3)	C/E-LE; 2500	↑ strength, jump
2000	Maffiuletti (24)	Basketball	Q	4 (3)	I-LE; 100	↑ strength, jump
2002	Malatesta (27)	Volleyball	Q + TS	4 (3)	I-S; 105–120	↑ strength, jump
2002	Maffiuletti (25)	Volleyball	Q + TS	4 (3)	I-LE/SC; 120	↑ strength, jump
2005	Brocherie (4)	Ice hockey	Q	3 (3)	I-LE; 85	↑ strength, sprint
2007	Babault (1)	Rugby	Q + TS + G	6 (1–3)	I-LE/CM; 100	↑ strength, jump
2009	Maffiuletti (23)	Tennis	Q	3 (3)	I-LE; 85	↑ strength, sprint, jump
2010	Billot (3)	Soccer	Q	5 (3)	I-LE; 100	↑ strength, shoot

↑ = increased; BB = biceps brachii; C = concentric; CM = calf machine; G = gluteus; E = eccentric; I = isometric; LD = latissimus dorsi; LE = leg extension; MT = motor threshold; OC = open chain; PC = preacher curl; Q = quadriceps; S = squat; SC = standing calf; TS = triceps surae; x/wk = training sessions per week.

Fuente: Seyri, M., Maffiuletti, N., 2011. p.73

En el cuadro anterior se puede observar el tiempo de estimulación en semanas, los deportes en los cuales se empleó electroestimulación y los incrementos de

fuerza que se obtuvieron para cada una de las modalidades deportivas aquí citadas.

Esta fue la información más reciente que a la fecha se encontró, como se puede observar en el cuadro anterior la aplicación de electroestimulación dio resultados favorables en el tenis, basquetbol, natación, el futbol, Rugby, hockey, levantamiento de pesas y atletismo. Seyri, M., et al (2011).

4. CONCLUSIONES

- La compilación de información es clara en cuanto al uso de la electroestimulación, en varios campos.
- La EENM es un método que requiere de un manejo profesional por lo tanto, se podría considerar como un aliado a favor del entrenamiento deportivo.
- Los protocolos para la aplicación de la electroestimulación se deben unificar, con el fin de disminuir la disparidad de los resultados en las investigaciones.
- La electroestimulación puede ser aplicada en la rehabilitación, en el deporte y la estética siempre y cuando los equipos empleados para este fin tengan el reconocimiento científico para su aplicación.

5. RECOMENDACIONES

Atendiendo las necesidades del deporte en base a las investigaciones y libros consultados, sería tentativo realizar lo siguiente:

- Desarrollar investigaciones con población dedicada al alto rendimiento deportivo en Colombia.
- Precisar si el tipo de metodología empleada en otros países es apropiada a la población local.
- Observar si se obtienen ganancias significativas de fuerza al emplear EENM sola o acompañada de entrenamiento voluntario.
- Comprobar si guarda alguna relación los resultados investigaciones hechas en Colombia, con las realizadas en otros países.
- Analizar efectos y comportamiento a largo plazo sobre los sistemas de coordinación muscular y sistemas de defensa del organismo frente a factores como la fatiga muscular y de igual manera observar la presencia de posibles adaptaciones de carácter fisiológico o morfológico para con ello aportar mayor reconocimiento a la técnica de EENM en el país.
- Por último, atendiendo la recomendación de Herrero, J. et al (2003b), observar los efectos de adaptaciones que pudieran deberse sólo al entrenamiento pliométrico más EENM.

BIBLIOGRAFIA

Avila, M., Brasileiro, J., Salvini, T. (2008) Electrical stimulation and isokinetic training: effects on strength and neuromuscular properties of healthy young adult. Rev. Bras Fisioter, São Carlos, 6 (12) 435-440.

Barbany, J. (2002), J. (2002) fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento. Barcelona. Paidotribo.

Basas A. (2001) Metodología de la electroestimulación en el deporte. Fisioterapia23 (2):36-47.

Basas, A., Fernández de las Peñas, C., Martín, J. (2003). Tratamiento fisioterápico de rodilla. España: McGraw-Hill.

Benito, E. (2008). Electro estimulación, aumento de la fuerza muscular medida por el test de Bosco. Fisioterapia y calidad de vida, 11 (1), 27-33.

Benito, E., Lara, A., Martínez, E (2010) Efecto del entrenamiento combinado de pliometria y electro estimulación en salto vertical, Rev. Internacional de ciencias del deporte 21, (6), 322-334.

Billat, V. (2002) Fisiología y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.

Bompa, T. (2006). Periodización del entrenamiento deportivo. Barcelona: paidotribo.

Boschetti, G. (2004) ¿Qué es la electroestimulación? teoría practica y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.

Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuletti, N & Chatard, J (2005) Electrostimulation Training Effects on the Physical Performance of Ice Hockey Players. *Med. Deportes Ciencia Exerc.* 37 (3) 455-460.

Buskies, W. (2005) *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Paidotribo.

Cabric, M., Appell, H., Resic, A. (1988) Fine structural changes in electrostimulated human skeletal muscle. Evidence for predominant effects on fast muscle fibers. *Eur J Appl Physiol.* 57, 1-5.

Caro, O., Robles, F., García, J (2009) efecto de un programa de entrenamiento basado en un método combinado de contracciones isométricas máximas y electroestimulación sobre la fuerza isométrica de los extensores de la rodilla en sujetos sedentarios, medida por un dinamómetro. En .O. Usabiaga, J. Castellano, J. Etxebeste (Eds.), *investigando para innovar en la actividad física y el deporte* (pp.189-198), vitoria (España):gidekit.com.

Cometti, G. (1998) *La Pliometria*. Barcelona: Inde.

Cometti, G. (2005) *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.

Correa, E., Corredor, D. (2009) *principios y métodos para el entrenamiento del a fuerza muscular*. Bogotá: Universidad del Rosario.

Electroestimulación en el fitness por compex (2000) *Gaceta Gymnos: revista de educación física y deportes* 8, 31-32.

Eriksson, E. (1981) Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *Int J Sports Med* 2(1): 18-22.

Ferrer, A., Pérez, M (2003) aplicaciones de la estimulación eléctrica neuromuscular. *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte* 4, 9-18.

Forteza, A. (1994). *Entrenar para ganar*. Madrid: Pila Teleña.

Gal, B., López, M., Martín, A y Prieto, J. (2007) *Bases de la fisiología*. Madrid: Tebar.

Gallach, J., Millan, L., Peres, D., Pinsach, J., Rodríguez, S & Martínez, T (2006). Efecto de la potenciación mediante la electroestimulación como complemento al calentamiento para pruebas de carácter explosivo. *Motricidad: revista de ciencias de la actividad física y del deporte* 15, 1-6.

Gallardo, P., González., Mora, J (2007) la electroestimulación como complemento al entrenamiento isométrico voluntario en la mejora de la fuerza isométrica máxima. Diferencias entre hombres y mujeres de mediana edad. *Apuntes educación física y deporte* 56-63.

García, J., Navarro, M., Ruiz, J (1996) *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.

García, N., Martínez, A., Tabuenca, A. (2005). *La tonificación muscular*. España: Paidotribo.

González, J., Ribas, J. (2002). Bases de la Programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: Inde.

González, J., Gorostiaga, E. (1997) Fundamentos de entrenamiento de la fuerza: aplicado al alto rendimiento deportivo. Barcelona: Inde.

Grosser, M., Stariska, S., Zimmermann, E. (1988). Principios de entrenamiento deportivo. España: Martínez Roca. S.A.

Grosser, M., Stariska, S., Zimmermann, E. (1990). Entrenamiento de la fuerza. Barcelona: Martínez Roca. S.A.

Guyton, A (1987). *Fisiología humana*. México: Interamericana.

Hainaut, K., Duchateau, J. (1992) Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. *sport med.*14(2)100-113.

Harre, D. (1998) Teoría del Entrenamiento Deportivo. Argentina: Estadium.

Hartmann, J., Tunnenman, H. (1996). Entrenamiento moderno de la fuerza. Barcelona: Paidotribo.

Hernández, J. (1997). Medicina del deporte. México D.F: Editorial Prensa médica mexicana, S.A.

Hernández, M., Navarro, E & Lorenzo, A (2002) cuantificación biomecánica de los beneficios del entrenamiento. Doppel, S. (ed.) congreso de ciencias del deporte: vol. 2 libro de comunicaciones resúmenes (pp. 88) Madrid: asociación española de ciencias del deporte.

Herrero, J., Abadía, O., Fernández, B & Hernández, J (2008) comparació de les adaptacions produïdes per l'entrenament amb electroestimulació concèntrica i l'entrenament voluntari. 2, 56-62.

Herrero, J., Abadía, O., Morante, J & García, J (2007) parámetros del entrenamiento con electroestimulación y efectos crónicos sobre la función muscular (II) 117, (24), 43-53.

Herrero, J., Abadía, O., Morante, J & García, J (2006a) parámetros del entrenamiento con electroestimulación y efectos crónicos sobre la función muscular(I) 116, (23), 455-462.

Herrero, J., Izquierdo, M., Maffiuletti, N & Garcia, J (2006b) Electromyostimulation and Plyometric Training Effects on Jumping and Sprint Time. Int J Sports Med. 27(7):533-9.

Herrero, J. (2003a) Estimulación eléctrica neuromuscular: Influencia de la electroestimulación en el rendimiento físico. León ciencia: revista de divulgación científica de la universidad de león 0 (primavera), 22-23.

Herrero, J., García, D & García, J (2003b) Influencia de la estimulación eléctrica neuromuscular sobre diferentes manifestaciones de la fuerza en estudiantes de educación física. Lecturas: Educación física y deportes, 58 Extraído el 23 febrero, 2011, de <http://www.efdeportes.com>.

Herrero, J; Peleteiro, J.; García, D.; Cuadrado, G.; Villa, J.G.; García, J. (2003c) Análisis del entrenamiento pliométrico como trabajo de transferencia de la electroestimulación muscular. Biomecánica, 10(2): 88-93.

Herrero, J; García, j. (2002). Análisis y valoración de los efectos del entrenamiento con estimulación eléctrica neuromuscular, 3, *artículo* n°13. Extraído el 22 de febrero de 2011 <http://www.rendimientodeportivo.com/n003/artic013.htm>.

Holcomb, W (2006) Effect of Training with Neuromuscular Electrical Stimulation on Elbow Flexion Strength. *Journal of Sports Science and Medicine* 5, 276-281.

Izquierdo, M. (2008) Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Madrid: Panamericana.

Kolt, G., Snyder, L (2004) fisioterapia del deporte y el ejercicio. España: El Sevier.

Kuznetsov. V (1981) Preparación de fuerza en los deportistas de categorías superiores /La Habana: Editorial Orbe.

Lainer, A. (1980). Introducción a la teoría y método del entrenamiento deportivo La Habana: Inder.

Lake, D. (1992) Neuromuscular electrical stimulation: An overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports Med.* 13(5):320-36. Cited for Basas A. (2001) Metodología de la electroestimulación en el deporte. *Fisioterapia* 23(2):36-47.

Linares, M., Escalante, K., La Touche, R. (2004) Revisión bibliográfica de las corrientes y parámetros más efectivos en la electroestimulación del cuádriceps. *Fisioterapia* 26(4)235-244.

López, A. (1996). Bases científicas para el tratamiento del desgarro muscular movilización versus inmovilización Revista española de cirugía Osteoarticular, [versión electrónica] 31,192-196.

López, J., Fernández, A (2006) fisiología del ejercicio. Madrid: panamericana.
Maffiuletti N., Miotti D., Pellegrino M; Jubeau, M; Bottinelli, R. (2006) Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance. [ABSTRACT] training American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists 85(2):167-75.

Maffiuletti, N. (2010) Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. Eur J Appl Physiol 110, 223–234.

Maffiuletti, N., Cometti, G., Amiridis, I., Martin A, Pousson, M., Chatard, J. (2000) The Effects of Electromyostimulation Training and Basketball Practice on Muscle Strength and Jumping Ability. Int J Sports Med.21, 437–44.

Maffiuletti, N., Pensini, M & Martin, A. (2007) activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. [ABSTRACT] Journal of Applied Physiology, 92 (4), 1-18.

Maffiuletti, N; Dugnani, S; Folz, M., Di Pierno, E; Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. Med. Sci. Sports Exerc. 34(10):1638-1644.

McGinnis, P. (1999) biomechanics of sport and exercise. Champaign. Illinois: human kinetics.

Méndez, C. (2001) Metodología, diseño y desarrollo de procesos de investigación. Colombia: Mac-Graw-Hill.

Merí, A. (2005) Fundamentos de fisiología de la actividad física y el deporte. Madrid: Panamericana.

Mester, J. Speicher, U., Nowak, S., Schmithüsen, J & Kleinöder, H. (2010). Kurz- und langfristige Trainingseffekte durch mechanische und elektrische Stimulation auf kraftdiagnostische Parameter. In: Fischer, J. (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch 2008/09*. (103-115). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Mirella, R. (2001) las nuevas metodologías en el entrenamiento de la fuerza la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. Barcelona: Paidotribo.

Netter, F. (2005) system nervioso anatomic y fisiología. Barcelona: Masson S.A.

Ortega, F., Rivera, J. (1996) Electro estimulador muscular (Tesis de pregrado, universidad autónoma metropolitana). Recuperado de <http://148.206.53.231/UAM5182.pdf>.

Ortiz, V. (1999) entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. Barcelona: Inde.

Paillard, T. (2008) Combined Application of Neuromuscular Electrical Stimulation and Voluntary Muscular Contractions. *Sports Med*, 38 (2), 161-177.

Paillard,T., Lafont, C., Perez, C., Costes, S., Soulat, J., Montoya, R ., Dupui, P. (2005) ¿Is electrical stimulation with voluntary muscle contraction of physiologic interest in aging women? Ann readaptarse PhysMed 48 (1):20-8.

Pichon, F; Chatad, J; Martin, A.; Cometti, G. (1995) Electrical stimulation and swimming performances Med. Sci. Sports Exerc. 27:1671-1676.

Plaja, J. (1999) Guía práctica de electroterapia. Barcelona: Carin Electromedicarin, SA.

Platonov, V (1991). La adaptación en el deporte. Barcelona: Paidotribo.

Platonov.V., Bulatova, M (2001) La preparación física. Barcleona: Paidotribo.

Pombo, M., Rodríguez, j., Bruñe, X & Requena, B. (2004) La electroestimulación entrenamiento y periodización. Barcelona: Paidotribo.

Porcari, J., Miller, J., Cornwell, K., Foster, C., Gibson, M., McLean, K. & Kernozek, T.(2005) Efectos del Entrenamiento con Estimulación Eléctrica Neuromuscular sobre la Fuerza y la Resistencia Abdominal y sobre Mediciones Antropométricas Seleccionadas Revista de Ciencias del Deporte y Medicina 4 ,66-75.

Rodríguez, J. (1994). Electroterapia de baja y media frecuencia. España: Mandala.

Rodríguez, p. (2008). Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular. Buenos Aires: Médica Panamericana.

Seyri, M., Maffiuletti, N (2011) Effect of Electromyostimulation Training on Muscle Strength and Sports Performance Strength & Conditioning Journal. 33, (1), 70-75.

Sinacore, D.; Delitto, A.; King, D. & Rose, S. (1990). Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. Physical Therapy, 70(7), 416-422.

Snyder, L., Delito, A., Stralka, S., Bailey, S (1994) Use of Electrical Stimulation to Enhance Recovery of Quadriceps Femoris Muscle Force Production Patients Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Physical Therapy 10 (74) 901-907.

Thibodeau, G., patton, K. (2008) Estructura y función del cuerpo humano. Barcelona: El Sevier.

Tous, J. (1999) Nuevas tendencias en fuerza y musculación. Barcelona: Ergo.
Trew, M., Everett, T. (2006) fundamentos del movimiento humano. Barcelona: Masson.

Verkhoshansky, y. (1990). Entrenamiento deportivo. Barcelona: Martínez Roca.

Verkhoshansky, y., Siff, M. (2000) súper entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.

Ward A., Shkuratova, N. (2002) Russian Electrical Stimulation. The Early Experiments. Phys Ther 10(82)1019-1030.

Watson, T. (2009) Electroterapia: Practica Basada En La Evidencia. Barcelona: El Seiver.

Weineck, J. (2005) entrenamiento total. Barcelona: Paidotribo.

Wilmore, J. Costill, D. (2007) fisiología del esfuerzo y del deporte. Barcelona. Paidotribo.

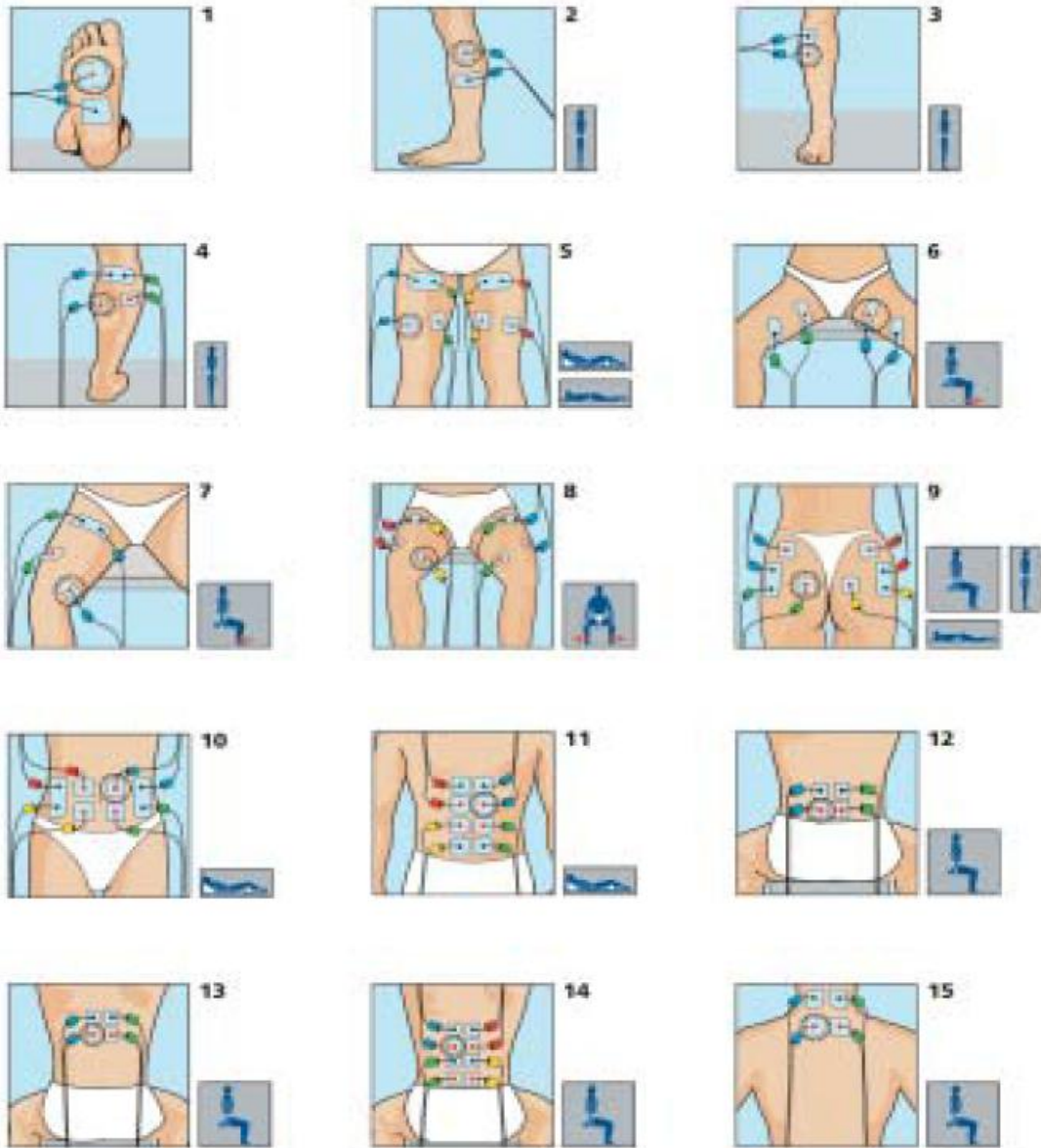
Zatsiorsky, V. (1989) Metrología Deportiva. Moscú: Editorial Planeta.

Zicot, M., Rigaux, P. (1995) Influence de la fréquence de stimulation neuromusculaire électrique de la jambe sur le débit arteriel, journal des maladies vasculaires 1(20).

Zueco, R., García, A (2006) influencia de un programa de electroestimulación sobre el rendimiento en el salto vertical en jugadores de baloncesto. Biomecánica, 14(1)72-78.

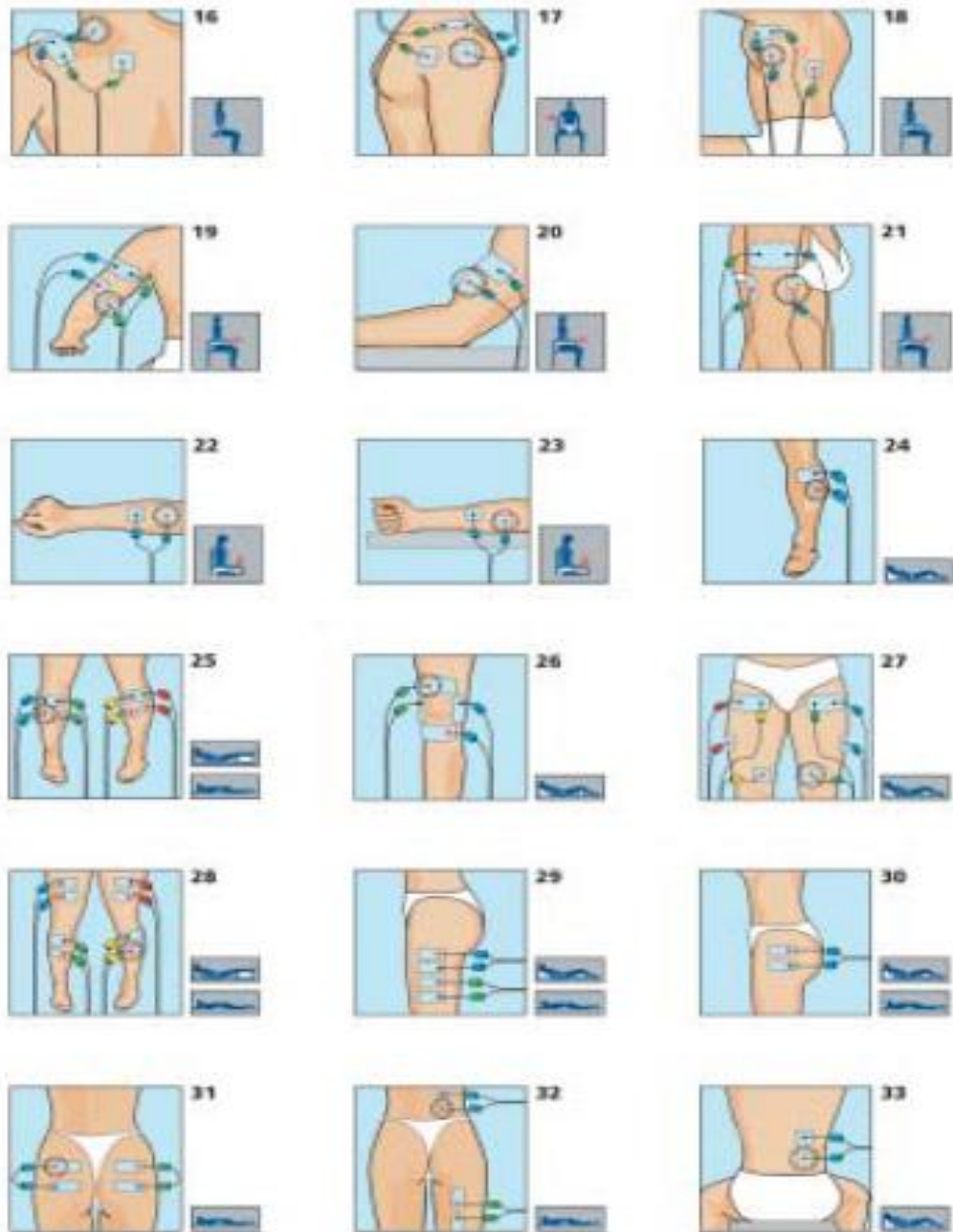
ANEXOS

Anexo A. Puntos de electroestimulación. Parte I



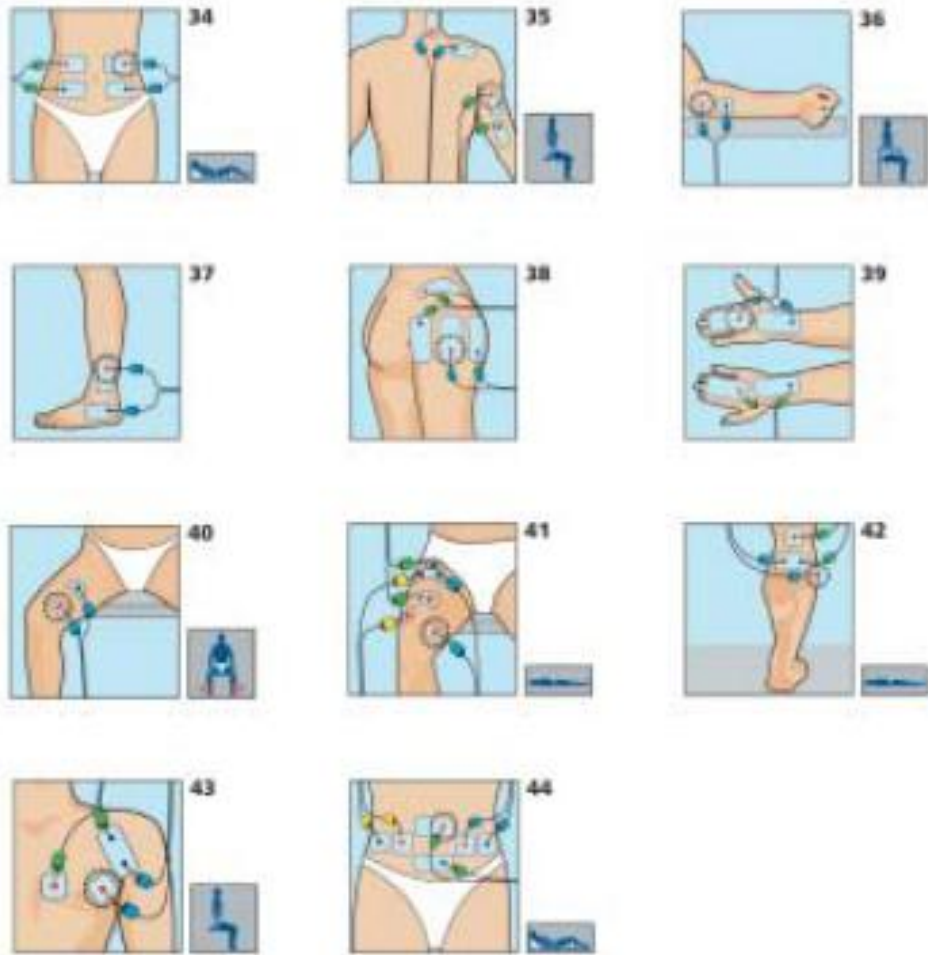
Fuente: Pombo, M., 2004. P. 177.

Anexo B. Punto de electroestimulación. Parte II



Fuente: Pombo, M., 2004. p.178.

Anexo C. Puntos de electroestimulación. Parte III



Fuente: Pombo, M., 2004. p.179.