

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA

ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y PLIOMETRÍA, COMO TRATAMIENTO PROFILÁCTICO A TRAVÉS DEL AUMENTO DE LA FUERZA MUSCULAR DE MIEMBROS INFERIORES EN DEPORTISTAS DE ALTO RENDIMIENTO QUE PRACTICAN ATLETISMO. ESTUDIO REALIZADO CON EL EQUIPO DE ATLETISMO DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.

TESIS DE GRADO

JOSÉ LEE LÓPEZ CABRERA
CARNET 16319-11

QUETZALTENANGO, AGOSTO DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA

ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y PLIOMETRÍA, COMO TRATAMIENTO PROFILÁCTICO A TRAVÉS DEL AUMENTO DE LA FUERZA MUSCULAR DE MIEMBROS INFERIORES EN DEPORTISTAS DE ALTO RENDIMIENTO QUE PRACTICAN ATLETISMO. ESTUDIO REALIZADO CON EL EQUIPO DE ATLETISMO DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

POR
JOSÉ LEE LÓPEZ CABRERA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE FISIOTERAPISTA EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, AGOSTO DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DECANO: DR. EDGAR MIGUEL LÓPEZ ÁLVAREZ

SECRETARIA: LIC. JENIFFER ANNETTE LUTHER DE LEÓN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. JAVIER ALFONSO SALAZAR SÁNCHEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. SUSANA KAMPER MERIZALDE

LIC. ALICIA EUGENIA DEL ROSARIO ARROYAVE COHEN

LIC. CONSUELO ANNABELLA ESCOBAR Y ESCOBAR

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS:	P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
SUBDIRECTORA ACADÉMICA:	MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO:	MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL:	MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

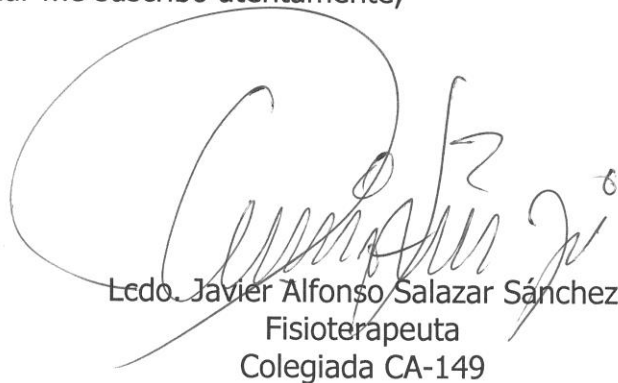
Quetzaltenango, 20 de junio 2017

Magister Susana Kamper
Coordinadora Licenciatura en Fisioterapia
Universidad Rafael Landívar
Ciudad

Respetable Mgtr. Kamper:

De manera atenta y respetuosa me dirijo a usted, con el objeto de comentarle que he tenido a bien realizar la última revisión como Asesor, de la tesis titulada ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y PLIOMETRÍA COMO TRATAMIENTO PROFILÁCTICO A TRAVÉS DEL AUMENTO DE FUERZA MUSCULAR DE MIEMBROS INFERIORES, EN DEPORTISTAS QUE PRACTICAN ATLETISMO (ESTUDIO A REALIZARSE CON EL EQUIPO DE ATLETISMO DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR), del alumno José Lee López Cabrera quien se identifica con carné número 1631911, habiendo observado que las correcciones solicitadas por mi persona han sido realizadas con éxito, por lo que quedo complacido con dicha tesis, entregándola a coordinación para los usos pertinentes.

Sin otro particular me suscribo atentamente,



Lcdo. Javier Alfonso Salazar Sánchez
Fisioterapeuta
Colegiada CA-149



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
No. 09802-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSÉ LEE LÓPEZ CABRERA, Carnet 16319-11 en la carrera LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 09799-2017 de fecha 26 de agosto de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y PLIOMETRÍA, COMO TRATAMIENTO PROFILÁCTICO A TRAVÉS DEL AUMENTO DE LA FUERZA MUSCULAR DE MIEMBROS INFERIORES EN DEPORTISTAS DE ALTO RENDIMIENTO QUE PRACTICAN ATLETISMO. ESTUDIO REALIZADO CON EL EQUIPO DE ATLETISMO DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.

Previo a conferírsele el título de FISIOTERAPISTA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 30 días del mes de agosto del año 2017.



LIC. JENIFFER ANNETTE LUTHER DE LEÓN, SECRETARIA
CIENCIAS DE LA SALUD
Universidad Rafael Landívar

Índice

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. ANTECEDENTES.....	6
V. MARCO TEÓRICO.....	12
5.1 Electroestimulación neuromuscular.....	12
5.1.1 Concepto.....	12
5.1.2 Fundamentos de la electroestimulación.....	12
5.1.3 Formas de compensación del impulso.....	12
5.1.4 Frecuencia de impulso.....	13
5.1.5 Efecto de la electroestimulación neuromuscular sobre el sistema nervioso.....	14
5.1.6 Principios de la electroestimulación.....	15
5.2 Pliometría.....	16
5.2.1 Concepto.....	16
5.2.2 Historia.....	17
5.2.3 Biomecánica y fisiología de la pliometría.....	18
5.2.4 Flexibilidad.....	19
5.2.5 Ejercicio de entrenamiento de multisaltos.....	19
5.2.6 Dónde entrenarse.....	19
5.3 Fuerza muscular.....	20
5.3.1 Concepto.....	20
5.3.2 Clasificación de la fuerza muscular.....	20
5.3.3 Fortalecimiento de los músculos del muslo, con énfasis en cuádriceps	21
5.4 Prevención de lesiones musculares.....	22
5.4.1 Concepto de lesión.....	22
5.4.2 Lesión recurrente.....	22
5.4.3 Incidencia de lesiones deportivas en la actualidad.....	23
5.4.4 Lesiones específicas del atletismo.....	24

5.4.6	Clasificación de lesiones.....	25
5.4.7	Factores que contribuyen a una lesión muscular.....	25
VI.	OBJETIVOS.....	28
6.1.	General.....	28
6.2.	Específicos.....	28
VII.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
7.1	Tipo de estudio.....	29
7.2	Sujetos de estudio, unidad de análisis.....	29
7.3	Contextualización geográfica y temporal.....	29
7.3.1	Contextualización geográfica.....	29
7.3.2	Contextualización temporal.....	29
7.4	Definición de hipótesis.....	30
7.5	Variables de estudio.....	30
7.5.1	Variables independientes.....	30
7.5.2	Variable dependiente.....	30
7.6	Definición de variables.....	30
7.6.1	Definición conceptual.....	30
7.6.2	Definición operacional.....	31
VIII.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	33
8.1	Selección de los sujetos de estudio.....	33
8.2	Recolección de datos.....	33
8.3	Validación de instrumentos.....	33
8.3.1	Historia Clínica.....	34
8.3.2	Evaluación de la fuerza muscular.....	34
8.3.3	Evaluación de Circometría.....	34
8.4	Protocolo de Tratamiento.....	35

IX.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	41
9.1	Descripción del proceso de digitación.....	41
9.2	Plan de análisis de datos.....	41
9.3	Métodos estadísticos.....	41
X.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	43
XI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
XII.	CONCLUSIONES.....	54
XIII.	RECOMENDACIONES.....	55
XIV.	BIBLIOGRAFÍA.....	56
	ANEXOS.....	59

Resumen

En la práctica del atletismo existen varios factores que impiden al atleta a llevar a cabo con normalidad las competiciones o incluso el entrenamiento, una de ellas son la presencia lesiones, que afectan tanto el tejido muscular como óseo y figura como principal causa la mala condición física del atleta, dentro de los que se mencionan las asimetrías en volúmenes musculares principalmente en los músculos del muslo.

Por lo que es necesario la implementación de un tipo de tratamiento fisioterapéutico deportivo específico para el atletismo donde el objetivo principal es la de disminuir las lesiones musculares. La combinación de un ejercicio voluntario con otro involuntario como método profiláctico tiene resultados bastante favorables para el deportista ayudando a mejorar su condición física y al mismo tiempo disminuyendo las lesiones musculares.

La combinación de la electroestimulación neuromuscular que es una técnica que consiste en producir potenciales de acción sobre las células excitables a través de un impulso eléctrico haciendo lo mismo que hace el cerebro y la pliometría que básicamente consiste en el aprovechamiento muscular desde una fase excéntrica de un movimiento previo a una contracción concéntrica del mismo, intentando agudizar la excitabilidad del sistema nervioso con el fin de mejorar la capacidad de reacción del sistema neuromuscular, estos dos tratamientos utilizados como método profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular en el atletismo es bastante efectivo ya que los resultados obtenidos ratifican la disminución de lesiones musculares.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe un índice muy alto de lesiones deportivas importantes que limitan tanto en el entrenamiento como durante la competencia de maratón en el atletismo, lesiones que afectan tejidos blandos de miembros inferiores, en general en cualquier disciplina deportiva, el atleta siempre está propenso a sufrir una lesión, que van desde un esguince hasta una fractura, existe un porcentaje muy alto que indica que una de las causas es por la mala disciplina deportiva tanto de parte del atleta como del entrenador, otro factor muy importante es la asimetría en volumen muscular, principalmente en el músculo del cuádriceps femoral y tríceps sural. El estudio se realizó con un grupo de 30 atletas de la Universidad Rafael Landívar que practican atletismo, el diseño de investigación es cuasi experimental pues se estudió un grupo establecido de atletas.

Es importante realizar un tratamiento profiláctico en este tipo de disciplina deportiva con principal objetivo de disminuir los riesgos de lesiones musculares a través del aumento de fuerza y volumen muscular específicamente en el músculo cuádriceps, haciendo mayor énfasis en una de las principales causas que es la asimetría muscular.

La intervención preventiva está destinada sobre todo a reducir la incidencia de lesiones musculares, y lograr un efecto positivo sobre la gravedad de las lesiones. Se combinó un ejercicio voluntario estimulando fibras musculares rápidas con otro ejercicio involuntario estimulando fibras musculares lentas, donde la actividad voluntaria consiste en ejercicios pliométricos, estos permiten que el músculo alcance la fuerza máxima en el menor tiempo posible por medio de contracciones excéntricas del músculo seguidas rápidamente por contracciones concéntricas. La combinación de este ejercicio específico con la electroestimulación neuromuscular que es un tratamiento usado para estimular nervios motores a modo de causar contracciones musculares involuntarias y relajación, es de gran ayuda para aumentar fuerza muscular, hipertrofiando los músculos y brindando la capacidad de entrenar

patrones específicos de movimiento de una manera biomecánicamente correcta, de manera que fortalezca el músculo, el tendón y el ligamento funcionalmente, logrando así la disminución de lesiones en atletas que practican atletismo.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la práctica de la disciplina deportiva de atletismo o cualquier otro deporte, existe un alto porcentaje de presencia de lesiones en los tejidos blandos, entre las que se pueden encontrar esguinces, distensiones musculares, roturas musculares y fracturas. Un 85 % de los atletas que practican esta disciplina padecen problemas musculares y ligamentosos, por lo tanto existen muchos mecanismos por los que el atleta es más propenso a traumatismos y lesiones, uno de ellos es un giro inesperado o la detención brusca durante la práctica deportiva, causando dolor en el área de la articulación de la rodilla, esto puede ocurrir ya sea durante el entrenamiento o durante el ejercicio físico. Otra causa es el resultado de malas prácticas de entrenamiento, las asimetrías de volúmenes musculares principalmente en muslo y cuando el atleta no se encuentra en buena condición física. En otros casos, las lesiones se deben a la falta o escasez de ejercicios de calentamiento o estiramiento antes de practicar el deporte. En mayor porcentaje el atleta presenta este tipo de condiciones, por lo tanto es más propenso a sufrir lesiones de menor a mayor gravedad. En cuanto a lo expuesto anteriormente surge la pregunta: ¿cuáles son los efectos de la aplicación de electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de fuerza muscular de miembros inferiores en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo?

III. JUSTIFICACIÓN

Se justifica el siguiente trabajo debido a los peligros que existen en un deportista sano, de presentar lesiones tanto en el sistema esquelético y neuromuscular, por un lado causados por las influencias externas, dentro de los que se encuentran tipo de terreno durante la actividad, aparatos, clima y otros factores; y por otro lado los factores internos, al frente de los cuales figura como principal factor la condición física del atleta. Al inicio de la participación en competiciones deportivas, cada atleta debe someterse a un examen médico con el objetivo de garantizar una buena condición física para hacer frente a las diferentes exigencias del entrenamiento o la competición. Sin embargo, en la actualidad o al menos en los países en vías de desarrollo, no es fácil que un atleta pueda gozar de estas oportunidades, y una mala condición física puede ser por lo tanto, factor de riesgo muy importante a futuro de la aparición de cualquier tipo de lesión, principalmente de tejidos blandos, otros factores que se pueden mencionar son problemas en el aparato músculo-esquelético. Una rehabilitación inadecuada de lesiones anteriores, aumentan el riesgo de recidivancia.

Con este tratamiento, se facilitará la práctica y el entrenamiento en el deporte del atletismo o en cualquier otra disciplina deportiva, disminuyendo el riesgo de lesiones en tejidos blandos, dejando como pauta las causas principales de las lesiones y su prevención, que en la actualidad la incidencia ha ido en aumento y de este modo aportar a la fisioterapia deportiva un método bastante eficaz de prevención de lesiones mediante la ejecución de ejercicios específicos para proteger las articulaciones de miembro inferior, incluso después de una completa rehabilitación.

Este estudio innovador es un aporte muy valioso para la carrera de fisioterapia, ya que es un tratamiento nuevo que se enfoca más a la prevención de las lesiones de tejidos blandos en atletas sanos a través de una adecuada fuerza muscular, para la universidad será una herramienta muy útil en material de estudio para generaciones futuras que les guste la rehabilitación y profilaxis deportiva, también el deportista

obtendrá mayor beneficio durante la práctica y entrenamiento deportivo, con los costos relativamente menores.

IV. ANTECEDENTES

Bejarano D. y Bitschin J. (2004), en el estudio titulado La fuerza explosiva y la rehabilitación kinésica del ligamento cruzado anterior, realizado en: servicio de kinesiología integral deportiva (S.K.I.D), ciudad de Rosario, Argentina, cuyo objetivo fue analizar la fuerza explosiva unipodal y bipodal de los deportistas al finalizar el proceso de rehabilitación post quirúrgica de ligamento cruzado anterior; para lo cual se tomó una muestra conformada por 15 deportistas con edades comprendidas entre 18 y 33 años, se aplicó fuerza explosiva y la rehabilitación kinésica del ligamento cruzado anterior los resultados obtenidos en el estudio comprobaron que el 93.40% no superó el 80% de la fuerza explosiva respecto al miembro sano, solo el 6.6 lo logró. La conclusión obtenida en el estudio fue que de los 15 deportistas estudiados, tan solo el 6.6% pudo cumplir satisfactoriamente con las calificaciones de todas las evaluaciones. Con dichos resultados se puede inferir que existe una carencia de entrenamiento de fuerza explosiva dentro del periodo de rehabilitación. **(1)**

Sin embargo Requena B.(2005), en el estudio titulado Efectos de la aplicación de estimulación eléctrica percutánea en relación con la potenciación posttetánica y la manifestación de la fuerza y la potencia muscular, realizado en el departamento de educación física y deportiva de la universidad de Granada, España, cuyo objetivo fue evaluar la influencia de un estado de completa potenciación inducido exógenamente mediante estimulación eléctrica percutánea sobre la capacidad de rendimiento neuromuscular en sujetos sanos físicamente activos; para lo cual se tomó una muestra conformada por 52 hombres de edad comprendida entre los 17-33 años, se aplicó estimulación eléctrica percutánea en relación con la potenciación posttetánica y la manifestación de la fuerza y la potencia muscular, los resultados obtenidos en el estudio fueron, efectivos ya que la fiabilidad de las medias de potencia muscular fue obtenida en 4 sesiones separadas por 7 días, la conclusión obtenida en el estudio fue: en el estudio 1 se mostró como ninguno de los tres regímenes de estimulación eléctrica percutánea propuestos, aumentaron de forma significativa, en el estudio 2 la aplicación de estimulación eléctrica percutánea desencadenó un estado de

potenciación significativamente durante la primera parte, en el estudio 3 la aplicación previa de una contracción sub máxima de estimulación eléctrica percutánea de 7 s de duración incrementa el rendimiento de la extensión isocinética.**(2)**

Del mismo modo Martinich E. (2006) en el estudio titulado Electroestimulación neuromuscular con corriente rusa, realizado en la universidad abierta interamericana, sede regional Rosario, Santa Fe, Argentina, cuyo objetivo fue determinar el logro de modificaciones en el cuádriceps femoral derecho, para lo cual se tomó una muestra conformada por 12 sujetos hombres y mujeres de entre 18 y 25 años, se aplicó (A) electroestimulación neuromuscular con corriente rusa, (B) ejercicios de sentadillas, (C) combinado. Los resultados en el estudio denotan que (B) puede considerarse efectivo, siendo el que más rápido cambió, (C) el que más cambió en relación intraprotocolo, (A) no mostró cambios significativos tanto intra como interprotocolo, la conclusión obtenida en el estudio fue, que la electroestimulación neuromuscular cumple con los objetivos propuestos, entre ellos el aumento de la sección transversal de un músculo, a la vez recomienda, tomar la medida de muslo máximo la que sirve para corroborar la variación de muslo medio, si este disminuye o aumenta, el máximo también debe hacerlo, caso contrario ejecutar nuevamente la toma ya que estuvo mal hecha,**(3)**

También Vázquez, E. (2009) en el estudio titulado El entrenamiento pliométrico y sus efectos en la velocidad de los atletas de pista y campo, realizado en la universidad metropolitana, Puerto Rico, cuyo objetivo fue describir el entrenamiento pliométrico y sus efectos en la velocidad de los atletas de pista y campo; para lo cual se tomó una muestra conformada por varios sujetos a quienes se aplicó el entrenamiento pliométrico y sus efectos en la velocidad. Los resultados obtenidos en el estudio denotan que al utilizar el entrenamiento pliométrico para preparar los atletas para las competencias de alto rendimiento, les ofrece mejores resultados. La conclusión obtenida en el estudio fue que el entrenamiento pliométrico es beneficioso para los atletas de alto rendimiento deportivo, ya que les facilita mejorar y desarrollar una serie de destrezas en un ciclo de ejercicio por un plazo corto, a la vez recomienda

crear cursos y talleres a capacitar y orientar a entrenadores atletas de deporte de alto rendimiento sobre el uso del entrenamiento pliométrico en preparación de atletas para competencias olímpicas. **(4)**

De igual modo Chicaiza S. (2011), en el estudio titulado Beneficios de los ejercicios pliométricos en el tratamiento de las lesiones de rodilla en jugadores de 20 a 30 años de la liga deportiva parroquial Cotaló, realizado en: la liga deportiva parroquial Cotaló, Ecuador, cuyo objetivo fue determinar los beneficios de los ejercicios pliométricos en el tratamiento de las lesiones de rodilla en los jugadores de futbol de la liga deportiva de Cotaló; para lo cual se tomó una muestra conformada por 33 deportistas, se aplicaron una serie de ejercicios pliométricos sencillos, los resultados obtenidos en el estudio indican que fue efectivo ya que los ejercicios pliométricos ayudan en el tratamiento de lesiones de rodilla. La conclusión obtenida en el estudio fue que los ejercicios pliométricos ayudan al deportista al aumento de la fuerza muscular. Es necesario elaborar un plan de entrenamiento y calentamiento preventivo para evitar las lesiones más comunes de rodilla, a la vez recomienda, un plan de entrenamiento y calentamiento previo, elaborado por el fisioterapeuta en conjunto con el entrenador del club. **(5)**

Según Benito E. (2013) en el estudio titulado Combinación simultánea de electroestimulación neuromuscular y pliometría un complemento al entrenamiento de velocidad y salto, realizado en la universidad de Jáen, España, cuyo objetivo fue determinar el orden de la aplicación de la electroestimulación neuromuscular y la pliometría, la frecuencia de corriente para cada manifestación de fuerza; para lo cual se tomó una muestra conformada por 78 atletas, 40 mujeres y 38 hombres, de disciplinas de velocidad 100 y 200 m lisos y 100 y 110 m vallas, se aplicaron efectos del entrenamiento combinado de pliometría y electroestimulación en el salto vertical, los resultados obtenidos en el estudio denotan que hubo tres grupos 1) Electroestimulación neuromuscular+ pliometría 2) pliometría+electroestimulación neuromuscular 3) control donde se evaluó la altura de salto y se mostró que el grupo electroestimulaciónneuromuscular+pliometria, con respecto a los demás grupos, tuvo

una mejora significativa. La conclusión obtenida fue que el entrenamiento combinado y el orden de aplicación previo de electroestimulación neuromuscular a la pliometría, incrementa sustancialmente la altura y potencia del salto Abalakov y DropJump. Por tanto, el orden en la ejecución combinada de electroestimulación y pliometría determina sustancialmente la mejora de la potencia muscular del atleta, y se confirma la hipótesis del presente trabajo que defendía que el mejor momento para realizar la pliometría era tras la aplicación de la electroestimulación neuromuscular.

(6)

De acuerdo a Zarzuela R. (2013) en el estudio titulado Efectos de la estimulación neuromuscular mecánica como medio de recuperación en el fútbol, realizado con el Rea Valladolid S.A.D, España, cuyo objetivo fue medir la eficacia de la estimulación neuromuscular mecánica como medio de recuperación, para lo cual se tomó una muestra conformada por dieciséis jugadores del Real Valladolid S.A.D, se aplicó estimulación neuromuscular mecánica como medio de recuperación, los resultados en el estudio denotan que las vibraciones reducen el dolor muscular inducido por un esfuerzo específico, las vibraciones permiten una aceleración en la recuperación de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores. La conclusión obtenida en el estudio fue que la aplicación del protocolo acelera la recuperación de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores, en un salto con contra-movimiento, en las primeras 24 horas post-esfuerzo, **(7)**

Otro aporte importante es el de OvalleS. (2014) en el estudio titulado Protocolo de tratamiento de la aplicación de estimulación eléctrica muscular y cinesiterapia en pacientes postoperados por artroscopía de meniscos en etapa intrahospitalaria comparado con pacientes postoperados por artroscopía que no recibieron el tratamiento, realizado en el hospital regional de occidente, Quetzaltenango, Guatemala, cuyo objetivo fue verificar los resultados de la estimulación eléctrica muscular y cinesiterapia en post operados por artroscopía de meniscos en etapa intrahospitalaria comparado con post operados por artroscopía de meniscos que no recibieron tratamiento; para lo cual se tomó una muestra conformada por 50

pacientes intrahospitalarios post operados por artroscopía de meniscos, a 25 se les aplicó estimulación eléctrica y cinesiterapia y a 25 del grupo control, se les aplicó estimulación eléctrica muscular y cinesiterapia. Los resultados obtenidos en el estudio denotan que existe diferencia cuando se compara la amplitud articular y la fuerza muscular en pacientes; la conclusión obtenida en el estudio fue que la terapia con estimulación eléctrica muscular y cinesiterapia, después de la cirugía, contribuye a una mejoría de la fuerza muscular y amplitud articular y limitación del arco articular, atrofia y disminución de la fuerza muscular, a la vez recomienda: aplicar el tratamiento, con la modalidad de estimulación eléctrica muscular y cinesiterapia inmediatamente después de la cirugía para aumentar el arco de movimiento y fuerza de la rodilla,(8)

De la misma manera NavarreteL. (2014) en el estudio titulado Eficacia del fortalecimiento muscular de cuádriceps en cadena cinética cerrada mediante electro estimulación con compex® en pacientes post quirúrgicos de lesiones de rodilla, realizado en el centro de rehabilitación Logroñ's, Ecuador, cuyo objetivo fue, determinar la eficacia del uso de compex para la recuperación de fuerza de cuádriceps en cadena cinética cerrada en pacientes post quirúrgicos de lesiones de rodilla, se tomó una muestra conformada por 20 personas comprendidas entre las edades de 20 a 50 años, se aplicó la electro estimulación muscular con fines de reclutar mayor cantidad de sarcómeros y desarrollar fuerza muscular aplicada en el cuádriceps, conjuntamente con ejercicios de cadena cinética cerrada para extensión de rodilla. Los resultados obtenidos en el estudio denotan que se observa que el 100% de los pacientes ganaron fuerza muscular mediante la electro estimulación como medio de fortalecimiento muscular en cadena cinética cerrada, la conclusión obtenida en el estudio fue: La electro estimulación como medio de fortalecimiento muscular en cadena cinética cerrada, demostró ser beneficiosa ya que se comprobó con los resultados un aumento del 356% en el mejor caso. A la vez se recomienda el uso de electro estimulación asociada a trabajo en cadena cinética cerrada como parte del tratamiento de fortalecimiento muscular de cuádriceps en paciente post

quirúrgicos de lesiones de rodilla puesto que se ha podido demostrar su eficacia en el estudio. **(9)**

Otro aporte es el de Cedeño I. (2014) en el estudio titulado Importancia de la aplicación del ejercicio pliométrico como tratamiento fisioterapéutico, en jóvenes adultos de 25-30 años, con plastia de ligamento cruzado anterior, realizado en centro de Rehabilitación Física "Jorge Andrade", Guayaquil, Ecuador, cuyo objetivo fue demostrar los beneficios que se obtienen con la aplicación del ejercicio pliométrico durante el 5to.y6to. mes de la rehabilitación física en pacientes jóvenes adultos con plastía de ligamento cruzado anterior; para lo cual se tomó una muestra conformada por 15 pacientes de 25 – 30 años sometidos a una plastía de ligamento cruzado anterior cursando ya su 4to mes de rehabilitación física, los resultados obtenidos en el estudio denotan en un 20 % que es tan solo un profesional quien se arriesga a realizar un fortalecimiento muscular avanzado, mientras que el 60%(3 profesionales) refieren que aún no se debe realizar ya que podría dañar el injerto, mientras que solo un profesional menciona que aún no es etapa de un fortalecimiento. La conclusión obtenida en el estudio fue que el inicio de la aplicación del ejercicio pliométrico debe realizarse al 4to mes de una plastía de ligamento cruzado anterior, ya que según los estudios bibliográficos, la observación de masa muscular a pacientes y las investigaciones pertinentes, demuestran que es el tiempo indicado para un fortalecimiento muscular avanzado y una reeducación temprana del injerto, a la vez recomienda que en cuanto al ejercicio pliométrico en sí, se recomienda que el paciente debe tener una fuerza y masa muscular básica estable, para evitar daños al realizar este ejercicio. **(10)**

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Electroestimulación neuromuscular

5.1.1 Concepto

La electroestimulación muscular es una técnica que consiste en la aplicación de impulsos eléctricos en un nervio eferente motor, provocando una contracción muscular. Con propósitos terapéuticos, de rehabilitación, estéticos, entrenamiento y rendimiento físico.

La condición física del atleta es muy importante tanto para prevenir lesiones en tejidos blandos como para tener un buen rendimiento durante una competición, la fuerza muscular es base principal para cada atleta, con el tratamiento aplicado de electroestimulación neuromuscular, estimulando principalmente las fibras musculares lentas, combinado con un ejercicio voluntario.

5.1.2 Fundamentos de la electroestimulación

Weiss, fisiólogo francés constató que para obtener una estimulación no es tanto la forma de la corriente lo que importa, sino la cantidad de corriente en un tiempo determinado, existiendo una relación inicial entre la cantidad de carga necesaria para alcanzar el umbral de estimulación y duración de la aplicación de corriente: $Q = I \times t$, siendo Q la cantidad de corriente necesaria para alcanzar el umbral de estimulación, siendo I el nivel de corriente y t el tiempo de corriente. **(11)**

Estos parámetros durante la aplicación del tratamiento son de vital importancia ya que los objetivos establecidos para mejorar la fuerza son bastante específicos durante la aplicación.

5.1.3 Formas de compensación del impulso

Para lograr una correcta estimulación será necesario enviar más de un impulso, si son compensados se generará una repolarización, provocando en la piel

quemaduras y dolor, para compensar el impulso será necesario enviar un impulso negativo del mismo valor que el positivo haciendo que la media eléctrica sea nulo.(12)

La contracción muscular es más fuerte y grande cuando la corriente es compensada por un rectángulo que por cualquier otra forma, siendo de mayor eficacia la utilización de un rectángulo, para una misma intensidad eléctrica, reclutando un mayor número de fibras musculares. Cada tipo de fibra muscular responde de manera diferente a los impulsos eléctricos. Tomando esto en cuenta, se deben conocer algunos parámetros para las fibras lentas, rápidas y mixtas determinando el tipo de tratamiento de electroestimulación que se desea.

5.1.4 Frecuencia de impulso

Se define como el número de veces que se repite el impulso en un segundo, se expresa en hercios (Hz). Cuanto más elevada sea la frecuencia, mayor es la fuerza y la potencia, generalmente se habla de tres tipos de fibras musculares que trabajan en los siguientes rangos de frecuencia.

a) Fibras lentas

Su tetanización comienza a partir de 10Hz, alcanzando el máximo a los 33Hz. hay que tener claro que siempre se estimulan las fibras lentas como las rápidas, pero la frecuencia determina cuál de ellas trabaja.

b) Fibras mixtas

Alcanzan su tetanización a los 20 Hz, finalizando a los 50 Hz, siendo muy útiles para programas de mejora de la resistencia.

c) Fibras rápidas

Su tetanización empieza a los 33 Hz y acaba a los 66 Hz, hay que recordar que estos valores son de una persona sedentaria; en deportistas se utilizan frecuencias más

elevadas. Con la utilización de frecuencias altas, se alcanzará la fuerza máxima en el menor tiempo posible.

Cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será la fuerza desarrollada, la velocidad de contracción, el trabajo, la potencia máxima, la fatiga muscular y la tetanización. **(12)**

Tabla núm. 1

Efectos del entrenamiento para diferentes rangos de frecuencia

Frecuencias (Hz)	Efectos
1 a 10	Relajación, aumento del riego sanguíneo y de la segregación de endorfinas
10 a 20	Mejora de la resistencia aeróbica muscular (capacidad oxidativa del músculo)
20 a 50	Mejora del tono muscular, de la definición muscular y de la firmeza muscular (efectos estéticos y primeras fases de la rehabilitación)
40 a 70	Mejora de las capacidades lácticas del músculo y aumento del volumen muscular
70 a 120	Mejora de la fuerza máxima
90 a 150	Mejora de la fuerza explosiva, elástica y reactiva

Fuente: Fernández, M. Barnada, J. Páimes, X. Sánchez, B. Electroestimulación, entrenamiento y periodización. (12)

5.1.5 Efecto de la electroestimulación neuromuscular sobre el sistema nervioso

Es el sistema regulador de todas las funciones del organismo, su unidad funcional es la neurona, con la propiedad principal de excitabilidad, capacidad de responder a cualquier modificación del ambiente mediante un impulso eléctrico, denominado estímulo. Éstas están conectadas unas con otras mediante la sinapsis, donde una sustancia química llamada acetilcolina transmite los impulsos, el sistema nervioso se divide en central y periférico.

a) Sistema nervioso central

Está conformado por el encéfalo (cerebro, cerebelo, tronco del encéfalo y médula espinal). En ellos residen todas las funciones superiores del ser humano, tanto cognitivas como emocionales, en la parte superior se encuentra protegido por el cráneo y en la parte inferior de la médula espinal, por la columna vertebral.

b) Sistema nervioso periférico

Conformado por nervios y ganglios, los nervios según su función se dividen en: motores, especializados en los músculos estriados, lisos y del corazón; nervios sensoriales, aportando estímulos de sensibilidad de la piel o del interior del organismo.

5.1.6 Principios de la electroestimulación.

El principio de la estimulación eléctrica neuromuscular es simple y reproduce los procesos que intervienen en la contracción muscular ordenada por el cerebro, quien envía una orden en forma de estímulo eléctrico desplazándose a gran velocidad por las fibras nerviosas, donde esta señal excita el nervio motor que transmite la información al músculo y provoca su contracción.**(12)**

Dentro del programa de electroestimulación neuromuscular que se utilizó para el estudio está:

a) Fuerza

Es un tipo de programa con forma de impulsos: rectangular; corriente constante compensada, para excluir cualquier componente de corriente continua, y utiliza una corriente bifásica simétrica mejorando el rendimiento y aumentando la fuerza, gracias a una mejor resistencia muscular frente a la fatiga propia del ejercicio, se utilizó dos sesiones, dos veces a la semana.

b) Frecuencia

La duración del programa es de 41 minutos que se dividen en 5 minutos de calentamiento a una frecuencia de 5Hz, 26 minutos en los que se intercala contracción (9s) a una frecuencia de 100Hz y reposo activo (8s) a una frecuencia de 5Hz, los últimos 10 minutos corresponden a la fase de recuperación final a una frecuencia de 3Hz. **(12)**

c) Intensidad

La intensidad de la corriente será la máxima tolerable por el atleta. Mientras mayor sea la energía de estimulación, mayor será el número de fibras musculares reclutadas.

d) Colocación de los electrodos

Se utilizó en 2 canales, dos electrodos masa de 10 x 5 cm a la salida del nervio crural, y 2 electrodos de 5 x 5 cm sobre los puntos motores del vasto interno y del vasto externo. En el canal 1 se conectará un electrodo proximal junto al electrodo del vasto interno y en el canal 2 se conectará el segundo electrodo proximal junto al electrodo en el vasto externo.

La electroestimulación neuromuscular, es un tratamiento efectivo en atletas para mejorar considerablemente la condición física que requiere cada deporte, principalmente en el atletismo, la excitabilidad de las fibras nerviosas musculares aumenta la fuerza en músculos principales del muslo.

5.2 Pliometría

5.2.1 Concepto

El término pliométrico consiste en el aprovechamiento muscular desde una fase excéntrica de un movimiento previo a una contracción concéntrica del mismo, intentando agudizar la excitabilidad del sistema nervioso con el fin de mejorar la capacidad de reacción del sistema neuromuscular, tiene sus raíces en Europa donde

a principio se conocía como entrenamiento de multisaltos, y fue utilizado por primera vez en 1975 por Fred Wilt, uno de los entrenadores de atletismo de Estados Unidos de América, siendo sus raíces latinas que significan: Plyo - Metrics que significa aumento medido. **(13)**

Hoy en día es ampliamente aceptada la eficacia del método pliométrico porque es una actividad física que ayuda a fortalecer los músculos principalmente de miembros inferiores, aumentando la fuerza muscular, mejorando la propiocepción del atleta de una manera correcta que son los objetivos principales del estudio.

5.2.2 Historia

El interés en este entrenamiento aumentó en la década de los 70 cuando atletas de Europa Oriental fueron apareciendo como potencias en la escena deportiva mundial y hasta ahora, este entrenamiento ha sido utilizado por su efectivo resultado, ya que permite al músculo alcanzar la máxima fuerza en el menor tiempo posible, teniendo en cuenta que la fuerza, agilidad y la velocidad son fundamentales en cada deporte, el rendimiento atlético óptimo es posible solo con las habilidades motrices neuromusculares sumamente desarrolladas y muchas de estas capacidades, son entrenadas específicamente en el deporte.

Verkhoshasnsky considerado padre de la pliometría por muchos autores, utilizó este entrenamiento a finales de los años 50 entrenando al equipo de Moscú, propuso a sus atletas realizar medias flexiones y con ello poder lograr levantar mayor peso. El resultado fue espectacular. Desde varias décadas, la mayoría de resultados en atletas tras el entrenamiento pliométrico ha sido muy eficaz, mejorando la fuerza explosiva como la explosiva elástica. Dos ventajas principales del entrenamiento radican en el hecho de "tratarse de un método simple que permite aumentar el rendimiento mecánico de cualquier acción motora deportiva que exija efectuar un elevado impulso de fuerza en un tiempo mínimo" y " un método muy eficaz para la preparación especial de la fuerza, favoreciendo el aumento de la fuerza máxima, de

la fuerza explosiva y de la fuerza inicial así como la capacidad reactiva del sistema neuromuscular". **(14)**

En este estudio se utilizó la pliometría como un tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular en el muslo que generalmente es el problema principal en cualquier deportista.

5.2.3 Biomecánica y fisiología de la pliometría

El objetivo de los ejercicios pliométricos es principalmente disminuir la cantidad de tiempo necesario entre la contracción excéntrica del músculo que cede y el inicio de la contracción concéntrica que vence, con ello brindar un entrenamiento de patrón específico de movimiento biomecánicamente correcto, logrando fortalecer los músculos, tendones y ligamentos funcionalmente, una capacidad de velocidad y fuerza máxima que se conoce como potencia, que va combinando una serie de contracciones excéntricas seguidas rápidamente de contracciones concéntricas, que también es conocido como el ciclo de acortamiento del estiramiento, incluyendo los reflejos de propiocepción y propiedades elásticas de la fibra muscular, siguiendo todos los patrones de movimientos en los deportes. La pliometría y los ejercicios de agilidad son los componentes importantes del programa que ha demostrado su eficacia para la prevención de lesiones, se mencionan dos factores importantes.

a) Los componentes elásticos seriados del músculo que incluye tendones y características de la estructura cruzada de la actina y miosina que forman las fibras del músculo.

b) Los sensores de los propioceptores que preestablecen la tensión muscular transmitiendo la producción sensorial relacionada con la extensión rápida, activando el reflejo de extensión. **(14)**

5.2.4 Flexibilidad

Cualquier atleta que se someta a un programa de entrenamiento mediante ejercicios pliométricos, debe tener una flexibilidad razonable, estos son obtenidos mediante la utilización del método de estiramiento estático y el estiramiento balístico, cada método tiene ventajas a las vista de los principios de obtención del reflejo de estiramiento, componentes elásticos seriados del músculo para la actividad de salto.

Una adecuada flexibilidad permite al musculo tener una mayor capacidad para realizar una contracción rápida, y así facilitar el entrenamiento de la pliometría a través de una mezcla de la velocidad y fuerza durante el movimiento, mejorando la potencia muscular.

La recuperación debe ser completa entre cada ejercicio, si no existe suficiente recuperación la actividad se vuelve aeróbica.

5.2.5 Ejercicio de entrenamiento de multisaltos

a) Saltos sobre el mismo sitio

Es exactamente, un salto que acaba en el mismo lugar en que comenzó, son ejercicios de intensidad relativamente baja, de modo que proporcionan un estímulo para desarrollar una fase de amortización más corta que exige al atleta rebotar rápidamente después del salto.

b) Saltos con los pies juntos

El saltar con los pies juntos intensifica el esfuerzo máximo único, vertical u horizontal, se puede repetir varias veces y se debe permitir una recuperación completa entre cada esfuerzo

5.2.6 Dónde entrenarse

El entrenamiento es bastante versátil, puede realizarse en interiores o al aire libre, siendo requisitos básicos un espacio adecuado, una superficie de caída que ceda un poco con la finalidad de evitar que las extremidades inferiores choquen con máxima

fuerza, superficies como colchonetas de lucha, suelos mullidos para gimnasia, campos de hierba para amortiguar la caída. **(14)**

La pliometría es un ejercicio anaeróbico por sus características explosivas y de fortalecimiento muscular, realizándose en el menor tiempo posible a través de las contracciones concéntrica y excéntricas por lo que la práctica aumenta la fuerza muscular y la propiocepción en las articulaciones principales de los miembros inferiores.

5.3 Fuerza muscular

5.3.1 Concepto

La fuerza es una cualidad física básica que desarrolla la musculatura esquelética y por ende está involucrada en cualquier movimiento corporal venciendo una resistencia, es de suma importancia en el desarrollo de la aptitud física del atleta, tanto para nivel competitivo como en los programas de mejoramiento de la salud. **(15)**

Durante la práctica de la disciplina deportiva de atletismo, el atleta va a depender mucho de su condición física específicamente de la fuerza muscular en los miembros inferiores, la falta o disminución de la misma condicionan al atleta su rendimiento durante las competiciones y por consiguiente aparición de lesiones musculares por sobreesfuerzos o fatigas, impidiendo al atleta continuar su ciclo deportivo.

5.3.2 Clasificación de la fuerza muscular

a) Fuerza máxima

Es la mayor cantidad que el sistema neuromuscular puede aplicar ante cualquier resistencia dada, donde puede ser estático cuando la resistencia a vencer es insuperable o dinámica si existe desplazamiento de dicha resistencia, dentro de esta se tiene la fuerza máxima concéntrica que es la manifestación máxima de fuerza que se produce cuando la resistencia sólo se desplaza una vez o ligeramente, y la fuerza

máxima excéntrica, que se conoce como fuerza máxima que se opone ante una resistencia que se desplaza en sentido opuesto al que realiza el sujeto.

b) Fuerza explosiva

Se caracteriza por la capacidad muscular de generar una alta velocidad de contracción ante la resistencia dada, el tipo de fibras musculares que van a trabajar durante la acción tienen una importancia vital, siendo las fibras rápidas que poseen alta velocidad de contracción, producción de fuerza y se adaptan a esfuerzos intensos de naturaleza anaeróbica.

c) Fuerza resistencia

Es la capacidad para producir tensión por tiempo prolongado frente a una resistencia no máxima, la carga y velocidad mantienen valores medios y constantes en relación a un periodo de tiempo largo. **(15)**

5.3.3 Fortalecimiento de los músculos del muslo, con énfasis en cuádriceps

El fortalecimiento muscular simétrico de los miembros inferiores es uno de los principales objetivos dentro de un tratamiento fisioterapéutico, mediante el cual se propone aumentar al músculo su fuerza normal y lograr un desempeño normal fisiológico y funcional de la articulación.

El fortalecimiento del paquete muscular del muslo principalmente el cuádriceps dentro del plan de tratamiento, en atletas de alto rendimiento que practican atletismo en el campo de la fisioterapia, debe ser de mucha importancia para mantener la estabilidad de la articulación del miembro inferior, su funcionalidad y lograr la disminución de las lesiones musculares más comunes.

Se deben tomar en cuenta los tipos de contracción muscular y los tipos de trabajo para lograr los objetivos planteados en la investigación y determinar la mejor alternativa dentro del plan de tratamiento.

La contracción muscular es llevada a cabo por medio de la combinación, de un impulso nervioso que llega al músculo y desencadena una serie de reacciones físicas y químicas, lo que lleva a un acortamiento de las fibras musculares. Existen diferentes tipos de contracción muscular de cuádriceps, contracción isotónicas e isométricas asociada a la electroestimulación.

5.4 Prevención de lesiones musculares

5.4.1 Concepto de lesión

Se define claramente como cualquier afección física sufrida por un atleta como resultado de su participación en una competición o un entrenamiento de alta intensidad, independientemente de si ésta exige atención o tratamiento médicos o conduce a una restricción de las actividades deportivas. La definición de lesión incluye tres aspectos muy importantes.

- a) Todas las lesiones (no sólo las que dan lugar a un periodo de inactividad o reducen el rendimiento).
- b) Lesiones nuevas (se excluyen las lesiones previas y aquellas no completamente rehabilitadas).
- c) Exclusión de dolencias y enfermedades.

Uno de las principales causas de la lesión en atletismo que interrumpe la competición del deportista es la asimetría muscular principalmente en la musculatura extensora de miembros inferiores, esto es debido a una mala condición física como también a que no llevan el control específico de fortalecimiento con la ayuda de un profesional.(16)

5.4.2 Lesión recurrente

Se define como una lesión del mismo tipo y que con mayor frecuencia ocurre en la misma parte del cuerpo que una lesión inicial y que ocurre después de que un atleta vuelve a participar en todas las actividades tras la lesión inicial. Una lesión de esta

naturaleza y que se produce dentro de los dos meses siguientes al retorno a una participación completa se define como recurrencia temprana. La que se produce en el periodo de dos a doce meses tras retomar la actividad completa, es una de recurrencia tardía y la que se produce más de 12 meses después del retorno a la plena actividad, es una lesión de recurrencia retardada. **(16)**

5.4.3 Incidencia de lesiones deportivas en la actualidad

Hoy en día, la práctica deportiva es una actividad que cada vez va en aumento. Los beneficios que conlleva practicar ejercicio con regularidad están muy bien determinados, lo que ha producido un aumento masivo en el número de practicantes de todas las edades y en todas las disciplinas deportivas.

Sin embargo, así como aumenta el número de personas que realizan ejercicio, es aún mayor la incidencia de lesiones deportivas principalmente en los tejidos blandos. A mayor exposición, mayor riesgo de lesión. La inadecuada valoración y manejo de estas lesiones puede encaminar a diversos tipos de secuelas, un mayor tiempo de incapacidad y por lo tanto, mayor detrimento del rendimiento físico.

Actualmente, no hay un adecuado conocimiento ni consenso acerca de la valoración y manejo inicial del trauma deportivo, como también de situaciones especiales que se presentan durante la práctica deportiva y más aún, sobre una adecuada rehabilitación de lesión.

Por este motivo, y ante el aumento de lesiones principalmente de los tejidos blandos, es indispensable establecer protocolos acerca del manejo inicial de las lesiones y emergencias en medicina deportiva, y de esta manera brindar un adecuado soporte inicial ante cualquier evento que se presente en los escenarios deportivos de alto rendimiento. **(16)**

Además de la ubicación, del tipo de lesión y del diagnóstico, para describir las lesiones en el deporte es importante distinguir entre cada lesión por traumatismo y

lesiones por desgaste muscular excesivo, teniendo en cuenta que una lesión por traumatismo es la que resulta de un hecho específico e identificable y una por uso excesivo es la causada por micro-traumatismos repetitivos sin un hecho único e identificable como causa de la lesión.

La mayoría de las lesiones sufridas por hombres y mujeres afectan tanto articulaciones como ligamentos, pero también se observan altos porcentajes de contusiones (20-25%) y de lesiones de músculos/tendones (15-25%). **(17)**

Estadísticas recientes demuestran que las mujeres tienen una probabilidad tres veces mayor que los hombres de sufrir una lesión. En el tobillo, las lesiones de ligamento en el complejo de ligamento lateral, sindesmosistibiofibular y ligamento medio son las lesiones más habituales, tanto en hombres como en mujeres. En los hombres se observa una incidencia significativamente mayor de desgarros de aductores, isquiotibiales, cuádriceps, a diferencia de las mujeres.

5.4.4 Lesiones específicas del atletismo

Durante la práctica del atletismo ligero con frecuencia existen lesiones producidas por micro traumatismos y por exceso de entrenamiento cuando no se toman las medidas oportunas para evitar la sobrecarga. En las carreras de fondo, con frecuencia las lesiones específicas del llamado “pie de marcha” presentan características de dolores y edema del dorso del pie, también el halluxvalgus, aplanamiento del pie y tendosinovitisaquílea, y en las carreras de velocidad. Figura también la Tendosinovitisaquílea y de los flexores plantares, tarsalgias y metatarsalgias por aplanamiento del arco plantar.

5.4.5 Lesiones durante el entrenamiento

La gran mayoría >80% de las lesiones de tejidos blandos en los entrenamientos informadas son agudas, y alrededor del 12% de las sufridas por los hombres y casi el 20% de las sufridas por las mujeres son lesiones por desgaste muscular excesivo con inicio gradual; en comparación con los hombres, las mujeres tienen mucho más

probabilidades de sufrir lesiones por desgaste muscular excesivo de inicio gradual, durante las sesiones de entrenamiento. **(17)**

5.4.6 Clasificación de lesiones

Los tipos de lesiones que se pueden presentar en la práctica deportiva se pueden clasificar de la siguiente manera según su área anatómica comprometida.

a) Piel y tejido celular subcutáneo (grasa)

- Contusiones
- Heridas
- Hematomas

b) Músculos y tendones

- Contusiones
- Hematomas
- Distensiones y desgarros

c) Ligamentos

- Esguinces

d) Articulaciones

- Subluxación o luxación

e) Huesos

- Fracturas

5.4.7 Factores que contribuyen a una lesión muscular

Estudios demuestran que cerca del 95% de las lesiones deportivas se deben a traumatismos menores que afectan a los tejidos blandos, donde las lesiones de los músculos y ligamentos son más frecuentes que las lesiones óseas. **(17)**

a) Principales factores causales de lesiones,

- Una mala preparación deportiva, una mala condición física y falta de calistenia por parte de los atletas.
- Déficit de fuerza y debilidad muscular por lesiones previas mal rehabilitadas.
- Asimetrías musculares y sobreentrenamiento o fatiga.
- Músculos que atraviesan dos articulaciones (flexores de rodilla, cuádriceps, gastrocnemios) entre otras

Tabla núm. 2

Gravedad de lesiones musculares durante las competiciones y entrenamientos

Gravedad (número de días de ausencia)	Hombres	Mujeres
Mínima (1 a 3 días)	Desgarros de aductores y complejo de ligamento lateral de tobillo	Desgarro de complejo de ligamento lateral de tobillo
Leve (4 a 7 días)	Desgarro de complejo de ligamento lateral de tobillo	Desgarros de complejo de ligamento lateral de tobillo y cuádriceps
Moderada (8 a 28 días)	Desgarro de complejo de ligamento lateral de tobillo	Desgarros de complejo de ligamento lateral de tobillo y cuádriceps
Grave (> 28 días)	Desgarro de complejo de ligamento lateral de tobillo e isquiotibiales.	Desgarro de ligamento cruzado anterior

Fuente: Ackerman, K. Babwah, T. Bahr, R. Bangsbo J. Bizzini, M. Manual de medicina del Fútbol (2a ed.) (17)

La combinación del entrenamiento de la electroestimulación neuromuscular con un ejercicios voluntario como la pliometría aplicado en el deporte como el atletismo donde el principal objetivo es mejorar la fuerza muscular, propiocepción,

coordinación, son relegados en muchas ocasiones solo para la recuperación de los deportistas ya lesionados y no se utilizan como medio para prevenir la aparición de lesiones. Hay que tener en cuenta que la lesión de una articulación puede llevar a una retroalimentación sensorial y a un control neuromuscular alterado por lo que es importante aumentar la fuerza para mantener la estabilidad de cada articulación.

VI. OBJETIVOS

6.1. General

Establecer los efectos de la aplicación de electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular de miembros inferiores en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

6.2. Específicos

6.2.1 Disminuir riesgo de lesiones en miembros inferiores en atletas.

6.2.2 Propiciar mediante la aplicación del tratamiento, el aumento de fuerza muscular en miembros inferiores.

6.2.3 Lograr hipertrofia muscular mediante el fortalecimiento de grupos musculares de miembros inferiores.

VII. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

7.1 Tipo de estudio

El diseño es cuasi experimental pues se trabajó con un solo grupo de atletas, donde los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos fueron formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento). **(18)**

Se realizó una evaluación inicial, intermedia y final logrando verificar los resultados según la muestra, el diseño cuasi-experimental es usualmente integrado a estudios de casos individuales; las cifras y resultados generados con frecuencia refuerzan los hallazgos de un estudio de caso.

7.2 Sujetos de estudio, unidad de análisis

Se trabajó con el equipo de atletismo de la Universidad Rafael Landívar Campus de Quetzaltenango, Guatemala.

7.3 Contextualización geográfica y temporal

7.3.1 Contextualización geográfica

El estudio se realizó en el complejo deportivo y un gimnasio de Quetzaltenango, Guatemala.

7.3.2 Contextualización temporal

El estudio se realizó en un meso ciclo de trabajo aproximado de 2 meses y dos semanas de julio a septiembre del 2016.

7.4 Definición de hipótesis

H1: La electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular es efectiva en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

H0: La electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular no es efectiva en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

7.5 Variables de estudio

7.5.1 Variables independientes

- Pliometría
- Estimulación neuromuscular

7.5.2 Variable dependiente

- Fuerza muscular en miembros inferiores

7.6 Definición de variables

7.6.1 Definición conceptual

a) Pliometría

El término pliométrico consiste en el aprovechamiento muscular desde una fase excéntrica de un movimiento previo a una contracción concéntrica del mismo, intentando agudizar la excitabilidad del sistema nervioso con el fin de mejorar la capacidad de reacción del sistema neuromuscular, tiene sus raíces en Europa donde a principio se conocía como entrenamiento de multisaltos, y fue utilizado por primera vez en 1975 por Fred Wilt, uno de los entrenadores de atletismo de Estados Unidos de América, siendo sus raíces latinas que significan: Plyo - Metrics que significa "aumento medurado". **(13)**

b) Electroestimulación neuromuscular

La electroestimulación muscular es una técnica que consiste en la aplicación de impulsos eléctricos en un nervio eferente motor, provocando una contracción muscular. Con propósitos terapéuticos, de rehabilitación, estéticos, entrenamiento y rendimiento físico.(11)

c) Fuerza muscular

La fuerza es la función específica que desarrolla la musculatura esquelética y por ende es una cualidad que está involucrada en cualquier movimiento corporal, es de suma importancia en el desarrollo de la aptitud física del atleta, tanto para nivel competitivo como en los programas de mejoramiento de la salud.(15)

7.6.2 Definición operacional

a) Pliometría

Es un entrenamiento físico y fortalecimiento muscular de alta intensidad que se lleva a cabo en el menor tiempo posible, logrando en la musculatura principalmente de miembros inferiores del deportista, reacciones explosivas con máxima potencia y mayor velocidad, suele emplearse en disciplinas deportivas que requieran fuerza y velocidad.

Indicadores

- Fuerza muscular
- Antropometría

b) Electroestimulación neuromuscular

Es un método utilizado para el fortalecimiento del tejido músculo esquelético después de una lesión o ya sea solo para entrenamiento donde el objetivo principal sea el aumento de la fuerza muscular y prevención de atrofia.

Indicadores

- Antropometría
- Fuerza muscular

c) Fuerza muscular

La fuerza muscular es llevada a cabo por medio de la combinación tanto de un impulso nervioso que llega al músculo y desencadena una serie de reacciones físicas y químicas, lo que lleva a un acortamiento de las fibras musculares.

Indicadores

- Antropometría
- Fuerza muscular

VIII. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

8.1 Selección de los sujetos de estudio

Para la obtención de la muestra se tomó el 100% de la población, siendo 30 atletas que recibieron el tratamiento profiláctico de pliometría y electroestimulación neuromuscular para aumento de fuerza muscular en miembros inferiores, de la Universidad Rafael Landívar Campus Quetzaltenango, siempre cumpliendo con los criterios de inclusión y de exclusión, y contando con el consentimiento de cada atleta para la participación en este estudio.

a) Criterios de inclusión

Atletas que de alto rendimiento practican atletismo.

b) Criterios de exclusión

Atletas con presencia de lesiones en miembro inferior.

Atletas con alguna contraindicación médica.

Atletas no acepten ser parte del estudio.

8.2 Recolección de datos

Los instrumentos de evaluación que fueron necesarios y adecuados para llevar a cabo la recolección de datos en este estudio, es la historia clínica del atleta, evaluación de fuerza muscular de cuádriceps, y evaluación de la circometría en muslo.

8.3 Validación de instrumentos

El formato de historia clínica tiene validación por el manual de lesiones en el fútbol de la FIFA y modificado por el tesista.

Otro formato de evaluación es el de circometría muscular que es de uso universal y cuenta con validación del hospital comarcal de Valdeorras.

En tanto el formato de evaluación de fuerza muscular de cuádriceps femoral fue creado por el tesista, donde 11 profesionales afines validaron la prueba entre ellos, 9 fisioterapeutas profesionales colegiados, un traumatólogo deportivo y un licenciado en deportes de México.

8.3.1 Historia Clínica

Tipo de evaluación que se enfoca principalmente a lesiones anteriores que ha sufrido el atleta tomando en cuenta un tiempo específico de 3 meses hasta el día de la evaluación.

En esta evaluación se analizó cada detalle sobre las lesiones principalmente en miembros inferiores que haya sufrido el atleta con anterioridad y durante el desarrollo del estudio, se realizó tres evaluaciones, inicial, intermedia y final. Donde se detalló si hubo disminución de la presencia de lesiones. **(17)**

8.3.2 Evaluación de la fuerza muscular

La evaluación se enfoca a la fuerza del tejido músculo esquelético en la zona del muslo principalmente en el músculo del cuádriceps, en esta evaluación se utilizara como parámetro principal una escala que divide por porcentajes el grado de fuerza en los músculos extensores de pierna, relacionándolo con la escala de valoración de Daniels.

Se realizó tres evaluaciones, inicial, intermedia y final. El test de evaluación fue creado por el tesista: José Lee López Cabrera y ha sido avalado por 9 fisioterapeutas profesionales colegiados, un traumatólogo deportivo, y un licenciado en deportes de México.

8.3.3 Evaluación de Circometría

Evaluación del volumen muscular del muslo, tomando como referencia en la obtención de datos en centímetros la asimetría muscular en muslo que es una de las

causas principales de lesión muscular en atletas maratonistas de atletismo, se realizó tres evaluaciones inicial intermedia y final. (18)


8.4 Protocolo de Tratamiento

Respecto a la progresividad en el tratamiento se llevó a cabo principalmente en dos etapas específicas.

La primera etapa consistió en 12 sesiones (2 sesiones por semana) de tratamiento aplicando la electroestimulación neuromuscular, se usó el Compex performance con el programa: fuerza, iniciando desde el nivel de entrenamiento 1 hasta el nivel 3 de forma progresiva.

La segunda etapa consistió de 12 sesiones (3 por semana) de tratamiento aplicando la electroestimulación neuromuscular se usó el Compex performance con el programa de: fuerza, donde se inició desde el nivel 3 hasta el nivel 5 de forma progresiva, de alta intensidad.

Previo a iniciar con el tratamiento el atleta realizó una evaluación de fuerza muscular, específicamente de músculos extensores de la pierna (cuádriceps) y evaluación de circunferencia en muslo.

Primera etapa del tratamiento pliométrico (fase baja 12 sesiones en 6 semanas)	
Antes de realizar el tratamiento es necesario la preparación muscular previamente a la actividad, principalmente en miembros inferiores, por un tiempo de 15 minutos, que incluirán: un trote de 5 minutos, movimientos circulares con cada articulación del miembro inferior y	<p>Fotografía núm. 1</p>  <p>Fuente: tesista</p>

estiramientos estáticos de 10 a 15 segundos en músculos principales de miembro inferior.



Fuente: tesista

Multisaltos, sentadillas medias con dos piernas (a) y saltos cortos con una pierna (b) Se realizó 4 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo de descanso de 2 minutos.
(2 sesiones por semana)

fotografía núm. 3



Fuente: tesista

fotografía núm. 4



Fuente: tesista

fotografía núm. 5



Fuente: tesista

fotografía núm. 6



Fuente: tesista

Salto corto con dos piernas y Saltos laterales, se realizó 4 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo de descanso de 2 minutos.
(2 sesiones por semana)

fotografía núm. 7




Fuente: tesista

fotografía núm. 8



Fuente: tesista

	<p>fotografía núm. 9</p>  <p>Fuente: tesista</p>	<p>fotografía núm. 10</p>  <p>Fuente: tesista</p>
<p>Multisaltos sentadillas medias con dos piernas y salto en zigzag con dos piernas, se realizó 4 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo de descanso de 2 minutos. (2 sesiones por semana)</p>	<p>Fotografía núm. 11</p> 	<p>Fotografía núm. 12</p> 
	<p>Fotografía núm. 13</p>  <p>Fuente: tesista</p>	<p>Fotografía núm. 14</p>  <p>Fuente: tesista</p>
<p>Primera etapa de electroestimulación neuromuscular (12 sesiones en 6 semanas)</p>		
<p>Colocación de electrodos: 2 canales: dos electrodos masa proximales de 10 x 5 cm a la salida del nervio crural, y 2 electrodos de 5 x 5 cm sobre los puntos motores tanto de vasto interno y vasto externo. En el canal 1 se conectará un electrodo proximal junto al</p>	<p>Fotografía núm. 15</p> 	

<p>electrodo del vasto interno y en el canal 2 se conectara el segundo electrodo proximal junto al electrodo en el vasto externo, respetar el tamaño de los electrodos mostrados</p>	<p>Fuente: tesista</p>		
<p>En la primera y segunda etapase usó el programa: Fuerza (niveles 1-5) en diferentes tiempos, en la posición que aparece en la imagen, se trabajó en isometría e isotónico sobre el músculo. Activando el metabolismo aeróbico de las fibras musculares durante la sesión de estimulación y favoreciendo la producción de ácido láctico. La finalidad es aumentar el tiempo durante el cual el músculo puede mantener un nivel de trabajo de potencia alta (cercano al máximo) que el músculo puede mantener durante un período de tiempo breve.</p>	<p>Fotografía núm. 16</p>		
			
	<p>Fuente: tesista</p>		
	<p>Fotografía núm. 17</p>		
			
	<p>Fuente: tesista</p>		
<p>Segunda etapa del tratamiento pliométrico (fase alta, 12 sesiones en 4 semanas)</p>			
<p>Salto profundo desde el suelo alternando piernas, se realizó 6 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo</p>	<p>Fotografía núm. 18</p>	<p>Fotografía núm. 19</p>	<p>Fotografía núm. 20</p>
			
	<p>Fuente: tesista</p>	<p>Fuente: tesista</p>	<p>Fuente: tesista</p>

<p>de descanso de 1 minutos.</p> <p>Electroestimulación neuromuscular en isometría por 38 minutos (3 sesiones por semana)</p>	<p>Fotografía núm. 21</p>  <p>Fuente: tesista</p>	<p>Fotografía núm. 22</p>  <p>Fuente: tesista</p>
<p>Salto profundo desde el suelo con una pierna, se realizó 6 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo de descanso de 1 minutos. Electroestimulación Neuromuscular</p>	<p>Fotografía núm. 23</p>  <p>Fuente: tesista</p>	<p>Fotografía núm. 24</p>  <p>Fuente: tesista</p>
<p>combinado con trabajo propioceptivo durante 41 minutos (3 sesiones Por semana)</p>	<p>Fotografía núm. 25</p>  <p>Fuente: tesista</p>	<p>Fotografía núm. 26</p>  <p>Fuente: tesista</p>

Trabajo lateral de coordinación y agilidad de miembros inferiores a gran velocidad se realizó 6 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo de descanso de 1 minutos. Electroestimulación Neuromuscular combinado con trabajo isométrico en posición bípeda durante 41 minutos. (3 sesiones por semana)

Fotografía núm. 27



Fuente: tesista

Fotografía núm. 28



Fuente: tesista

Fotografía núm. 29



Fuente: tesista

Fotografía núm. 30



Fuente: tesista

Trabajo de coordinación y agilidad de miembros inferiores a gran velocidad, se realizó 6 series de 15 Repeticiones cada ejercicio, por 15 minutos, con un tiempo de descanso de 1 minutos.

Fotografía núm. 31



Fuente: tesista

Fotografía núm. 32



Fuente: tesista

Electroestimulación Neuromuscular combinado con trabajo pliométrico, saltos profundos con resistencia durante 38 minutos. (3 sesiones por semana)

Fotografía núm. 33



Fuente: tesista

Fotografía núm. 34



Fuente: tesista

IX. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

9.1 Descripción del proceso de digitación

Para la digitación de los resultados, los datos se obtuvieron de la aplicación de la electroestimulación neuromuscular y la pliometría como tratamiento profiláctico para aumento de fuerza muscular en miembros inferiores, los resultados se obtuvieron de la evaluación de la anamnesis, fuerza muscular y circimetría. Al finalizar se utilizó el programa de Microsoft Excel 2013, introduciendo cada uno de los datos y resultados del tratamiento en el grupo de atletas para comprobar la eficacia de la electroestimulación neuromuscular y pliometría en la profilaxis y fuerza muscular.

9.2 Plan de análisis de datos

Los datos se obtuvieron por medio de los formatos de la anamnesis del atleta, fuerza muscular y circimetría en miembros inferiores.

9.3 Métodos estadísticos

Lima, (2016) Presenta las siguientes fórmulas estadísticas para el análisis de datos pares, que consiste en realizar una comparación para cada uno de los sujetos objeto de investigación, entre su situación inicial, y final, obteniendo mediciones principales, la que corresponde al “antes” y al “después” de la aplicación del tratamiento, de esta manera se puede medir la diferencia promedio entre los momentos, para lograr evidenciar la efectividad de la terapia. **(19)**

Establece:

La media aritmética de las diferencias:
$$\bar{d} = \frac{\sum d^1}{N}$$

La desviación típica o estándar para la diferencia entre tiempo uno y tiempo dos, diferencia inicial antes de aplicar el tratamiento y la evaluación final después de aplicar el tratamiento:

$$Sd = \sqrt{\frac{(d_1 - d)^2}{N - 1}}$$

El valor estadístico de la prueba: $t = \frac{\bar{d} - \delta_0}{\frac{Sd}{\sqrt{N}}}$

Grados de libertad: $gL = N - 1$

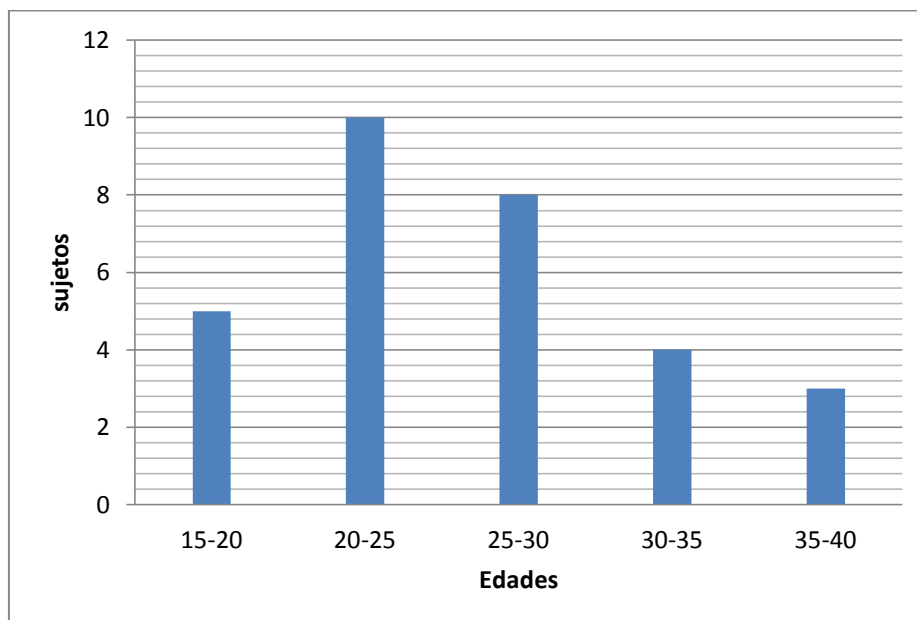
Efectividad: $t \geq T$ $-t \leq T$ es efectiva

X. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se presentan a continuación los datos obtenidos de las evaluaciones de fuerza y circimetría por medio de gráficas y tablas.

Gráfica núm. 1

Edades

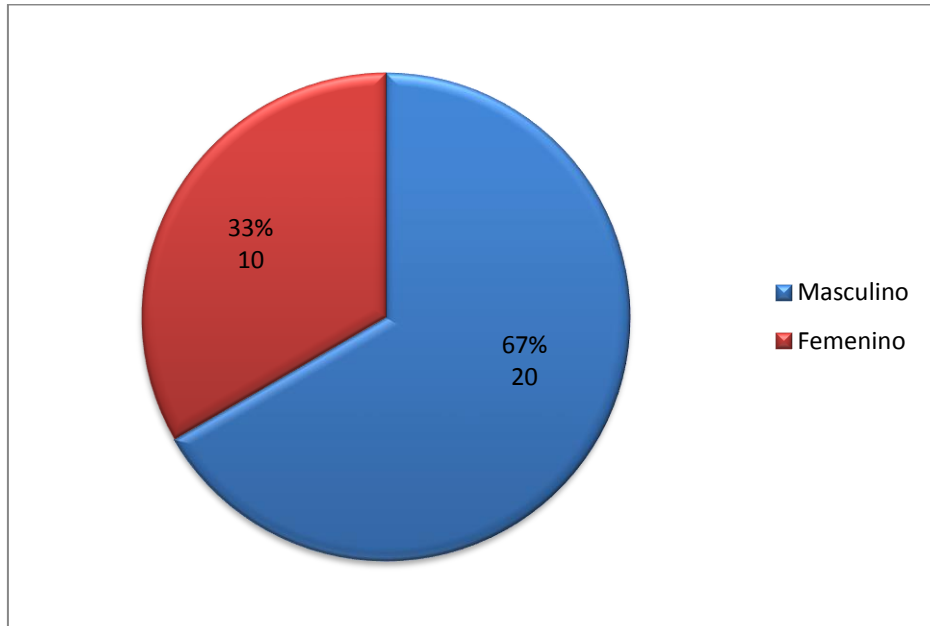


Fuente: Trabajo de campo 2016

Interpretación

El rango de edades de los atletas que formaron parte del estudio es de 15 a 40 años en la gráfica se observa que la mayor cantidad de personas oscilan entre los 20-25-30 años de edad.

Grafica núm. 2
Sexo

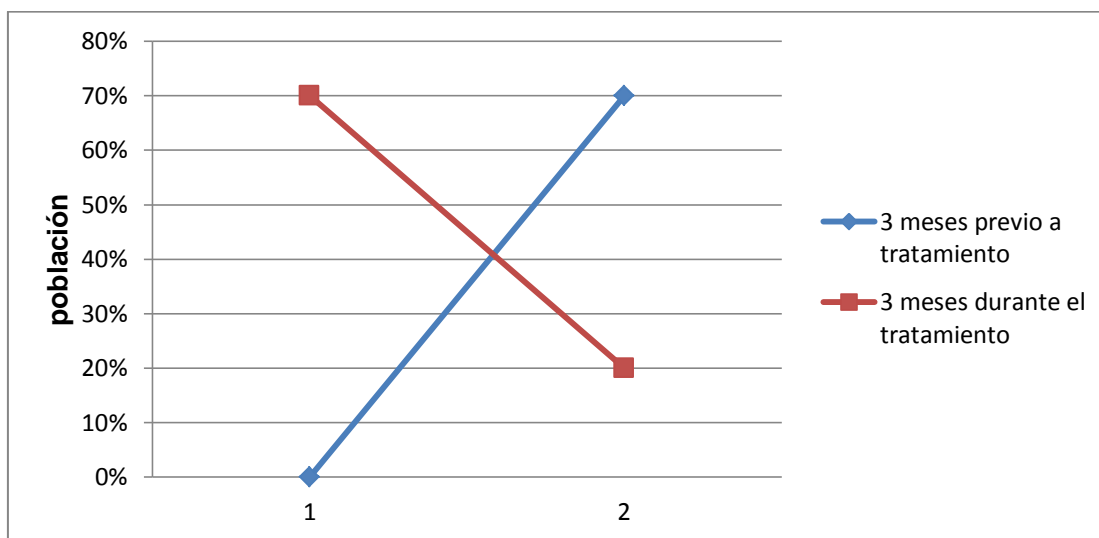


Fuente: Trabajo de campo 2016

Interpretación

En la gráfica anterior se observa que 20 hombres representan a la mayoría de la población, quienes están comprendidos en el 67% del estudio.

Grafica núm. 3
Historia clínica (incidencia de lesiones)



Fuente: trabajo de campo 2016

Interpretación

En la gráfica anterior se observa los resultados de la historia clínica de los atletas maratonistas, en la línea azul, del 100% de la población; el 70% previo a realizar el tratamiento presentó lesiones musculares en miembros inferiores. Y en la línea roja de un 70% disminuyó a un 20% la presencia de lesiones logrando un 50% de efectividad en la prevención de lesiones musculares en miembros inferiores durante la aplicación del tratamiento. Por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 : La electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular es efectiva en deportistas de alto rendimiento que practican carrera de maratón en atletismo.

Evaluación fuerza muscular

Cuadro de resultados evaluación inicial, media y final en maratonistas

Evaluación	Media	Núm. casos	t	T	Efectividad del tx.
Inicial	57.67	30	-17.24	-2.05	Sí
Intermedia	71.33	30	-15.93	-2.05	Sí
Final	83	30	-27.35	-2.05	Sí

Fuente: Trabajo de campo 2016

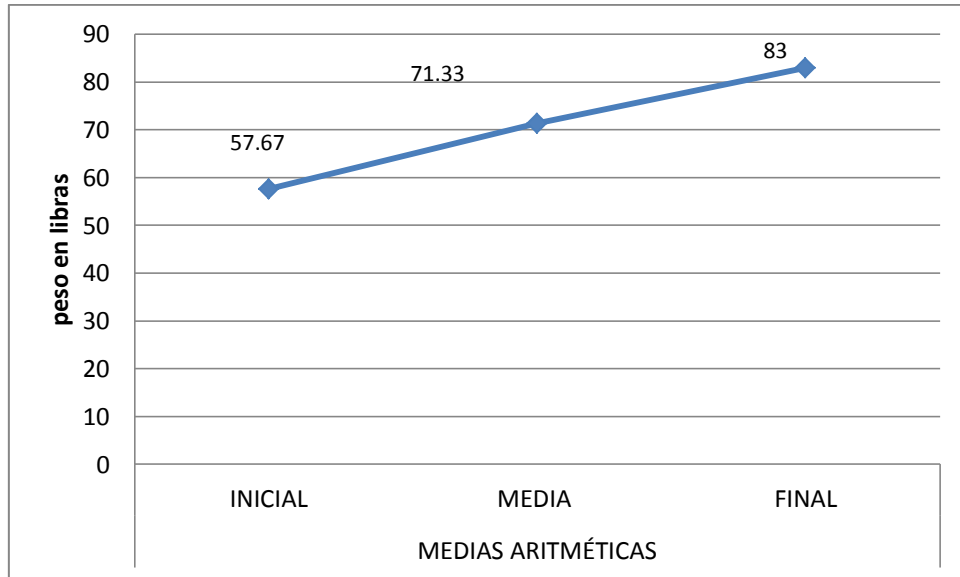
Interpretación

Al comparar los datos obtenidos del estadístico t: inicial-17.24; intermedio -15.93 y final -27.35 y compararlos con el valor crítico de T (dos colas)-2.05 se visualiza que los resultados son menores a este valor, y que están ubicados dentro de la región de aceptación de la hipótesis alterna H1 en la cola Izquierda de la campana de Gauss.

Gráfica núm. 4

Comparación de medias

Evaluación de fuerza en miembros inferiores en maratonistas



Fuente: trabajo de campo 2016

Interpretación

Al comparar las medias aritméticas: inicial 57.67; intermedia 71.33 y final 83 se observa que existe una diferencia significativa de 25.33 al 5%. Por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 : La electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular es efectiva en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

Evaluación de circimetría de muslo en maratonistas (miembro inferior derecho)

Cuadro de resultados evaluación inicial, media y final

Evaluación	Media	Núm. casos	t	T	Efectividad del tx.
Inicial	57.43	30	-2.95	-2.05	Sí
Intermedio	58.35	30	-1.39	-2.05	Sí
Final	58.8	30	-8.41	-2.05	Sí

Fuente: Trabajo de campo 2016

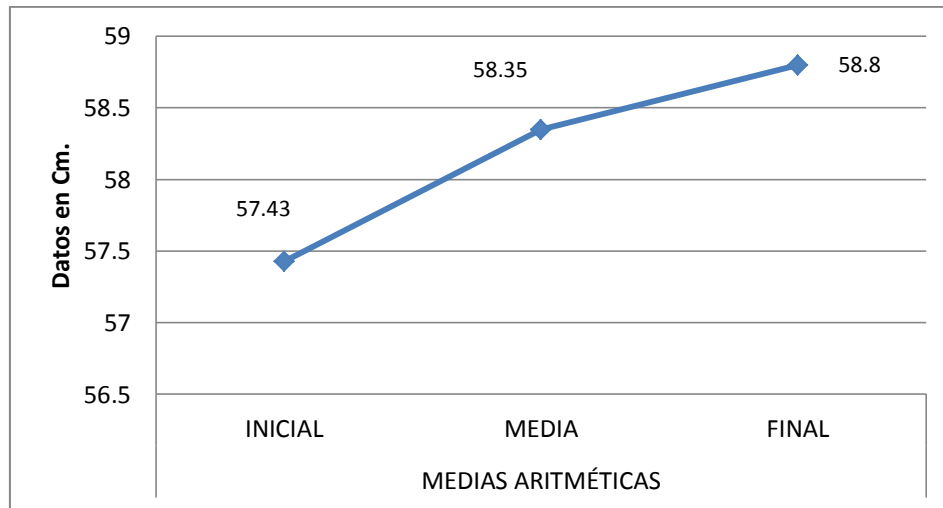
Interpretación

Al comparar los datos obtenidos del estadístico t: inicial-2.95; intermedio -1.39 y final -8.41 y compararlos con el valor crítico de T (dos colas) -2.05 se visualiza que los resultados son menores a este valor, y que están ubicados dentro de la región de aceptación de la hipótesis alterna H1 en la cola Izquierda de la campana de Gauss.

Gráfica núm. 5

Comparación de medias.

Evaluación de circunferencia de muslo miembro inferior derecho en maratonistas



Fuente: Trabajo de campo 2016

Interpretación

Al comparar las medias aritméticas inicial: 57.43; intermedia: 58.35 y final: 58.8 se observa que existe una diferencia significativa de 1.37 al 5%. Por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 : La electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular es efectiva en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

Evaluación de circimetría de muslo en maratonistas (miembro inferior izquierdo)

Cuadro de resultados evaluación inicial, media y final

Evaluación	Media	Núm. casos	t	T	Efectividad del tx.
Inicial	57.23	30	-0.80	-2.05	Sí
Media	57.50	30	-3.53	-2.05	Sí
Final	58.73	30	-9.54	-2.05	Sí

Fuente: Trabajo de campo 2016

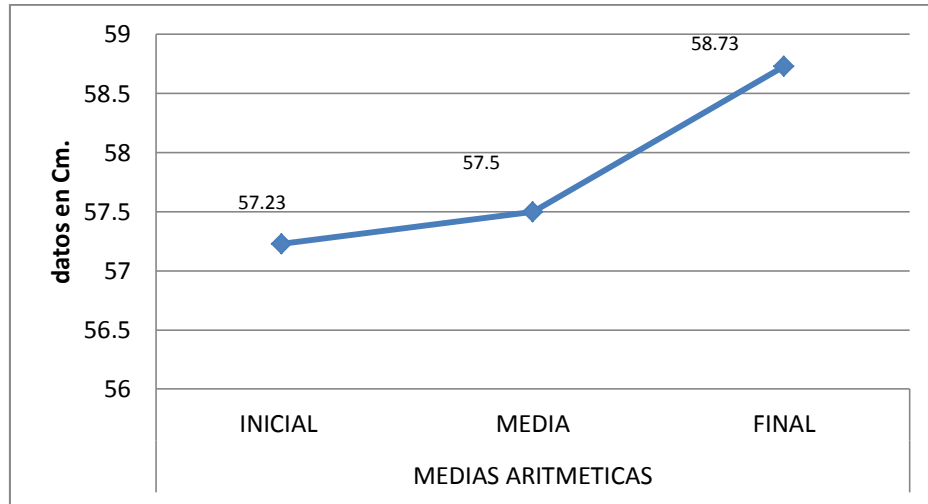
Interpretación

Al observar los datos obtenidos del estadístico t inicial: -0.80; medio: -3.53 y final: -9.54 y compararlos con el valor crítico T:-2.05 de dos colas se visualiza que los resultados son menores a este valor, estando estos datos colocados en la cola izquierda de la campana de Gauss.

Gráfica núm. 6

Comparación de medias.

Evaluación de circunferencia de muslo miembro inferior izquierdo en maratonistas



Fuente: Trabajo de campo 2016

Interpretación

Al comparar las medias aritméticas inicial: 57.23; intermedia: 57.50 y final: 58.73 se observa que existe una diferencia significativa de 1.5 al 5%. Por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 : La electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de la fuerza muscular es efectiva en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

XI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la actualidad existen variedad de disciplinas deportivas, el atletismo es una de las más practicadas a nivel nacional. en donde uno de los principales problemas de las personas que practican dicho deporte es el no contar con los conocimientos adecuados sobre la educación en la prevención de lesiones que pueden aparecer si se practica constantemente o en altos rendimientos; así como también todos los aspectos importantes que conlleva mantener una buena condición física. El fortalecimiento del paquete muscular del muslo es uno de los aspectos más importantes para la práctica correcta del atletismo principalmente el cuádriceps, promoviendo la estabilidad de la articulación del miembro inferior, su funcionalidad y lograr la disminución de las lesiones musculares que puedan aparecer.

Correa J. En su libro titulado: Principios y métodos para el entrenamiento de la fuerza muscular. Dice que la fuerza es considerada como la capacidad de mantener un trabajo físico para el desarrollo de la musculatura esquelética, esto se comprueba con el trabajo de campo de la presente investigación donde la fuerza muscular como método profiláctico en la práctica de atletismo es una cualidad que está sumamente involucrada en generar desplazamiento de cada segmento corporal, característica física importante para un atleta a nivel competitivo.

La flexibilidad es considerada como otro componente importante para la práctica del atletismo, tal como dice Chu, A. en su libro titulado: Ejercicios Pliométricos en donde comenta que cada atleta que se someta a un entrenamiento pliométrico debe tener una flexibilidad considerable, de manera que los componentes elásticos seriados del musculo en actividad se desarrollen de manera correcta.

En el caso del presente estudio en donde la mayoría de participantes se encontraban con deficiencia de los componentes de una educación preventiva para la práctica adecuada del atletismo para disminuir el riesgo de sufrir una lesión o provocar recidivancia de lesiones antiguas y una lesión con mala rehabilitación, es necesario

el estudio para desarrollar, técnicas específicas que originen el proceso de los cambios a estos componentes a través del aumento de la fuerza muscular y la simetría muscular.

Según Benito E. que cita en su estudio titulado Combinación simultánea de electroestimulación neuromuscular y pliometría, cuyo objetivo fue determinar la eficacia para cada manifestación de fuerza; estudiando 78 atletas, 40 mujeres y 38 hombres, se realizó con 3 grupos donde mostró que el grupo electroestimulación neuromuscular+pliometría, con respecto a los demás grupos, tuvo una mejora significativa.

Dentro del presente estudio se demostró que el tratamiento de electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico donde el objetivo principal, es la de disminuir lesiones musculares en los miembros inferiores a través de la fuerza muscular y la simetría, obtuvo resultados bastante efectivos ya que se logró aumentar la fuerza y la simetría muscular, principalmente del paquete muscular del muslo, para cualquier atleta como método preventivo. Por lo que el estudio de Benito E, se ha comprobado.

De igual modo Chicaiza, en el estudio titulado Beneficios de los ejercicios pliométricos en el tratamiento de las lesiones de rodilla donde se tomó una muestra conformada por 33 atletas, los resultados obtenidos en el estudio indican que fue efectivo ya que los ejercicios pliométricos ayudan en el tratamiento de lesiones de rodilla.

Lo dicho por el autor, puede confirmarse porque en el trabajo de campo los resultados de este estudio de pliometría y la electroestimulación neuromuscular como tratamiento profiláctico fue bastante efectivo para la disminución de lesiones y manifiesta que la pliometría mejoró considerablemente la fuerza muscular y la propiocepción a nivel articular de rodilla y tobillo de una forma biomecánicamente correcta en miembros inferiores.

XII. CONCLUSIONES

1. Se pudo evidenciar que el tratamiento de pliometría y electroestimulación neuromuscular es efectivo como método preventivo, en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.
2. Se logró el aumento progresivo de la fuerza muscular, potencializando los músculos más grandes de miembros inferiores con la combinación de la pliometría y la electroestimulación neuromuscular.
3. El tratamiento es efectivo para conseguir la simetría muscular principalmente de la musculatura del muslo, que era el principal problema de los miembros inferiores, a través de la combinación de los dos tratamientos.
4. Se demostró que la combinación de los dos tratamientos durante el tiempo de aplicación ayudó a la preparación de los músculos del muslo para la actividad y acondiciona todo el aparato locomotor para el desempeño de atletismo.

XIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar una correcta aplicación de las técnicas de cada tratamiento y efectuar la calistenia corporal general previo a los ejercicios pliométricos, ya que esto influirá en los resultados obtenidos.
2. Seguir el orden de los tratamientos, realizar primero el tratamiento de pliometría posteriormente la electroestimulación neuromuscular para evitar cualquier lesión.
3. Tomar en cuenta los tiempos de descanso, las repeticiones de cada ejercicio, el tamaño de los electrodos y progresión de los tratamientos para alcanzar los objetivos.
4. La aplicación de electroestimulación neuromuscular y pliometría puede ser aplicada en la rehabilitación y en el deporte siempre y cuando los equipos empleados y los ejercicios sean supervisados por profesionales en fisioterapia deportiva.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

1. Bejarano, D. y Bitschin J. La fuerza explosiva y la rehabilitación kinésica del ligamento cruzado anterior. 2004. Disponible en la pagina on-line <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC052011.pdf> de google académico.
2. Requena, B. Efectos de la aplicación de estimulación eléctrica percutánea en relación con la potenciación postetánica y la manifestación de la fuerza y la potencia muscular. 2005. Disponible en la página on-line <https://scholar.google.com.gt/scholar?hl=es&q=efectos+de+la+aplicaci%C3%B3n+de+estimulaci%C3%B3n+el%C3%A9ctrica+percut%C3%A1nea+en+relaci%C3%B3n+con+la+potenciaci%C3%B3n+postet%C3%A1nica+y+la+manifestaci%C3%B3n+de+la+fuerza+y+la+potencia+muscular&btnG=&lr=> de google académico.
3. Martinich, E. Electroestimulación neuromuscular con corriente rusa. 2006. Disponible en la página on-line <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC071553.pdf> google académico.
4. Vázquez, E. El entrenamiento pliométrico y sus efectos en la velocidad de los atletas de pista y campo. 2009. Disponible en la página on-line http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Educacion/Ense_educ_fis_adaptada_2010/EVazquezMorales_09122009.pdf de google académico.
5. Chicaiza, S. Beneficios de los ejercicios pliométricos en el tratamiento de las lesiones de rodilla en jugadores de 20 a 30 años de la liga parroquial cotaló. 2011. Disponible en la página on-line <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7670/1/Chicaiza%20Saona,%20Silvia%20Gabriela.pdf> de google académico.

6. Benito, E. Combinación simultánea de electroestimulación neuromuscular y pliometría un complemento al entrenamiento de velocidad y salto. 2013. Disponible en su versión on-line en la página <http://ruja.ujaen.es/bitstream/10953/531/1/9788484390091.pdf> de googleacadémico.
7. Zarzuela R. Efectos de la estimulación neuromuscular mecánica como medio de recuperación en el fútbol.2013. Disponible en la página on-line http://mobile.buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3022/tesis_01db6b.PDF?sequence=1 de google académico.
8. Ovalle, S. Protocolo de tratamiento de la aplicación de estimulación eléctrica muscular y cinesiterapia en pacientes postoperados por artroscopía de meniscos en etapa intrahospitalaria comparado con pacientes postoperados por artroscopía que no recibieron el tratamiento. 2014. Disponible en la página on-line <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/01/Calix-Stephany.pdf> de google académico.
9. Navarrete, L. Eficacia del fortalecimiento muscular de cuádriceps en cadena cinética cerrada mediante electro estimulación con compex® en pacientes post quirúrgicos de lesiones de rodilla. 2014. Disponible en la paginaonline <http://repositorio.puce.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/22000/7845/Disertaci%C3%B3n%20Luc%C3%ADa%20Navarrete.pdf?sequence=1&isAllowed=y> de google académico.
10. Cedeño Importancia de la aplicación del ejercicio pliométrico como tratamiento fisioterapéutico, en jóvenes adultos de 25-30 años, con plastia de ligamento cruzado anterior.2014.Disponible en la página on-line <http://repositorio.ucsg.edu.ec:8080/bitstream/123456789/1875/1/T-UCSG-PRE-MED-TERA-12.pdf> de google académico.

11. Plaja, J. Analgesia por medios físicos. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 2003. Pág. 317-322.
12. Fernández, M. Barnada, J. Páimes, X. Sánchez, B. Electroestimulación, entrenamiento y periodización. Editorial Paidotribo. Barcelona 2004. Pág. 80-95
13. Chu, A. Ejercicios pliométricos 3ra Ed. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2006. pág. 9-20
14. Verkhoshansky, Y. Todo sobre el método pliométrico. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2006. pág. 9-20, 31-32, 44-46.
15. Correa J. Principios y métodos para el entrenamiento de la fuerza muscular. Editorial Universidad del Rosario. Colombia. 2009. pág. 40-45
16. Silva, J. A. Urgencias y emergencias en medicina deportiva. Editorial Salamandra. Cali. 2006. pág. 8, 24, 61,
17. Ackerman, K. Babwah, T. Bahr, R. Bangsbo J. Bizzini, M. Manual de medicina del Fútbol (2a ed.) Editorial F- MARC. FIFA. 2009. Zúrich. pág. 63-64, 70-77, 165-166, 181-184.
18. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Comarcal de Valdeorras 2008
19. Sampieri R. Fernández C. Baptista P. Metodología de la investigación (4ta ed.) Editorial Mc Graw Hill/ Panamericana Editoriales S.A. México 2006. pág. 203
20. Lima. G. Cuaderno de trabajo de estadística aplicada. Editorial Copymax. Guatemala. 2016. pág. 52

ANEXOS



Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación fisioterapéutica

Título del Protocolo: Electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de fuerza muscular de miembros inferiores en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

Investigador principal: F.T. José Lee López Cabrera.

Lugar donde se realizará el estudio: Complejo deportivo, Quetzaltenango, Guatemala.

Se le está invitando a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participa o no debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados, este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted autoriza su participación entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento.

1. El objetivo del estudio: es establecer los resultados de la aplicación de electroestimulación neuromuscular y pliometría como tratamiento profiláctico a través del aumento de fuerza la muscular de miembros inferiores en deportistas de alto rendimiento que practican atletismo.

2. Procedimiento del estudio: se iniciará con una serie de evaluaciones que incluyen datos personales e historial de lesiones ocurridas en los últimos tres meses, evaluación de la fuerza muscular de la musculatura extensora del de pierna, evaluación de antropometría principalmente del muslo verificando presencia de asimetrías musculares. Seguidamente de le dará inicio al tratamiento de electroestimulación neuromuscular y pliometría.

3. Riesgos asociados con el estudio: ninguno

4. Aclaraciones: su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación. Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, puede informar o no las razones de su decisión, la cual será respetada en su totalidad. No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio. No recibirá pago por su participación. La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación para cada paciente, será mantenida estrictamente por el investigador, pero algunos resultados podrían ser publicados por el investigador.

Si considera que no hay duda ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la carta de consentimiento confirmado que usted forma parte de este documento.

Yo _____

He leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Firma y fecha (participante)

Firma o huella digital y fecha (testigo)

Investigador.

He explicado al paciente. _____

La naturaleza y los propósitos de la investigación, le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implican su participación. He contestado a las preguntas en

la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento

Firma y Fecha

H.C. DE LESIONES EN MMI (ULTIMOS 3 MESES)

NOMBRE _____

EDAD _____ SEXO F M No. de Eva. _____

1. HISTORIAL DE LESIONES PREVIAS

	MID	MII	Tipo de lesión	En los últimos 3 meses	Antes de los últimos 3 meses
Cadera.....			Fractura.....		
Ingle.....			Dislocación.....		
Musculo aductor.....			Rotura de músculo.....		
Isquiotibiales			Esguince.....		
Músculo cuádriceps .			Rotura ligamentosa con estabilidad.....		
Músculo abductor ...			Rotura ligamentosa sin inestabilidad.....		
Muslo			Lesión de menisco.....		
Rodilla			Tendinitis/bursitis		
Pierna			Contusión.....		
Tendón de Aquiles ...			Laceración.....		
Tobillo			Abrasión.....		
Pie			Otros.....		

3. DIAGNOSTICO

hace _____ días/meses _____

4. MECANISMO DE LESION

- Uso excesivo Entrenamiento
 Trauma Competicion

observaciones

FT

Autor: Ackerman, K. Babwah, T. Bahr, R. Bangsbo J. Bizzini, M. Manual de medicina del Fútbol (2a ed.). Zurich, Editorial F- MARC. FIFA. 2009. Editado por :T esista

EVALUACION DE FUERZA MUSCULAR

NOMBRE _____

EDAD _____ SEXO F M No de Eva. _____

FECHA 1ra Eva. _____ 2da Eva. _____ 3ra _____

FUERZA MUSCULAR EXTENSORA DE PIERNAS (cuádriceps, banca)														
PESO	10%	20% 1	30%	40% 2	50%	60% 3	70%	80% 4	90%	100% 5	110%	120% 5	Max. peso Eva. Inicial	Max. peso Eva. final
10 lbs.	X													
20 lbs.		X												
30 lbs.			X											
40 lbs.				X										
50 lbs.					X									
60 lbs.						X								
70 lbs.							X							
80 lbs.								X						
90 lbs.									X					
100 lbs.										X				
110 lbs.											X			
120 lbs.												X		
130 lbs.													X	
140 lbs.														X


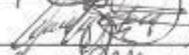





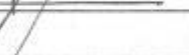



Nota: realizar 5 repeticiones libres y completas con cada peso, empezando con 10 lbs. 10%. hasta llegar a levantar el peso máximo (hasta donde tolere el atleta, no llegar a la fatiga muscular) marcar con una X el peso máximo (los numerales del 1-5 van relacionados a la escala de Daniels)

Observaciones: _____

FT.

Autor: FT. José Lee López Cabrera (Tesista)

AVALADO POR

Nombre del profesional	Firma
Lic. Idalia Coyoy CA-051 56163421	
Licda. Karla Yessenia Xicoacoqui Merida CA-098 59660390	
Lic. José Manuel Cú Signos CA-072 55398171	
Licda. Gabriela Hantelt Santiago CA-053 46182470	
Lic. Hugo Gonzalo Cepulsi 52325438	
Licda. Daniel Alfonso Salazar Sandoz 42192083	
Lic. Henry Eduardo Velásquez López 56219560	
Licda. Alicia Eugenia Arroyave Cohen 42113511	
Lic. Edson Martínez Escobar 40263635	
Doct. Juan José Escamitz 58798969	
P.F. Roberto Melville 55651205	



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



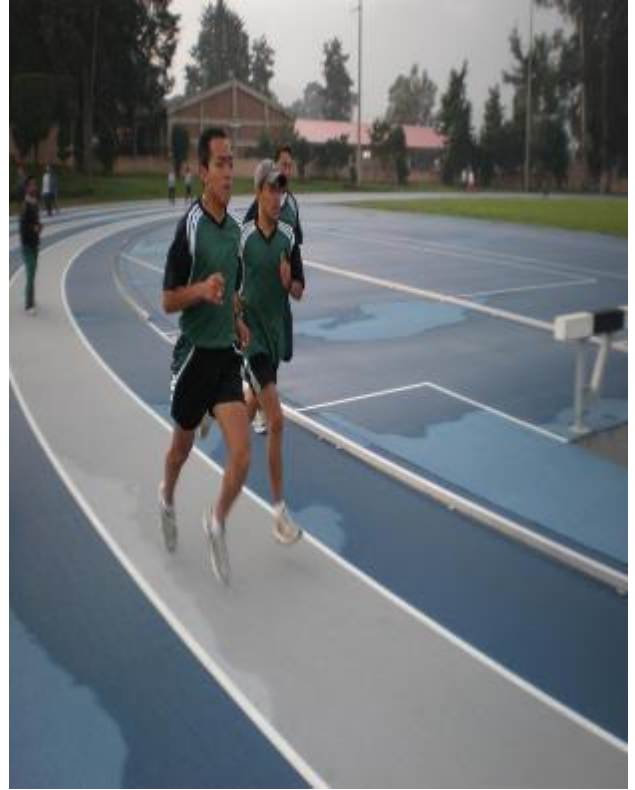
Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista



Fuente: Tesista