PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ENFERMERÍA

CARRERA DE TERAPIA FÍSICA

DISERTACIÓN DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN TERAPIA FÍSICA

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIRAMIENTO SOSTÉN-RELAJACIÓN, PARA MEJORAR FLEXIBILIDAD ARTICULAR Y ELASTICIDAD MUSCULAR EN LOS DEPORTISTAS.

ELABORADO POR: ADRIANA ELIZABETH OLEAS LÓPEZ

QUITO, FEBRERO 2014

RESUMEN

El fútbol, también conocido como fútbol asociación, balompié o soccer, es un deporte de equipo jugado entre dos conjuntos de once jugadores cada uno y cuatro árbitros que se ocupan de que las normas se cumplan correctamente. Es ampliamente considerado el deporte más popular del mundo, pues participan en él unos 270 millones de personas.

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador participa en el Torneo Amateur de la Provincia de Pichincha. Al ser el fútbol un deporte de contacto, velocidad y fuerza. El índice de lesiones es muy alto, la aplicación de Técnicas para mejorar la flexibilidad articular y la elasticidad muscular previene la producción de lesiones sobre todo de tipo Muscular, se realizó un estudio de tipo cualitativo, descriptivo para determinar la ganancia de flexibilidad articular y elasticidad muscular medida en centímetros luego de la aplicación de técnica de estiramiento sostén - relajación a los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE, mediante la entrevista , lista de cotejo.

En los 24 jugadores de la Selección de Futbol de la PUCE se los evaluaron con un Pre-test y Post- test para conocer cuántos centímetros gano con la aplicación, luego de tres semanas, se determinó los resultados más relevantes: 9 futbolistas ganaron 2cm con la Aplicación de la Técnica sostén- relajación sin calentamiento, mientras que 9 futbolistas ganaron desde 2cm hasta 6cm con la Aplicación de la misma Técnica pero con calentamiento. Además se determinó que el grupo de deportistas más jóvenes fueron quienes ganaron más centímetros de flexibilidad en los isquiotibiales.

ABSTRACT

Football, also known as association football, or soccer, is a team sport played between two teams of eleven players and four referees who are in charge of applying the rules properly. It is widely considered as the most popular sport in the world. About 270 million people participate in it.

The Pontifical Catholic University of Ecuador participates in the Amateur Tournament in Pichincha Province. Because football is a contact sport that requires speed and strength, the injury rate is very high. Therefore, it is essential the application of techniques to improve joint flexibility and muscular elasticity in order to prevent the increase of injuries, particularly in the musculature. A Qualitative and Descriptive Study was conducted to determine the gain of joint flexibility measured in centimeters after applying one of the stretching techniques. The stretching-support relaxation technique which was chosen for this study was applied to male football team of PUCE. Interview and checklist research tools were applied to collect data.

Pre- test and Post -test were given to 24 players of PUCE Soccer Team in order to determine how many centimeters they had gained with the application of the stretching technique. After three weeks, some of the outcomes were: nine players won 2cm of flexibility with the application of the technique without warm-up exercise, while 9 players gained from 2cm to 6cm of flexibility with the same technique but with warm-up exercise. In addition, it was determined that the younger athletes won more centimeters of flexibility in the hamstrings muscles.

DEDICATORIA

A Dios quien es una persona incondicional que nunca pide nada a cambio, él siempre está conmigo en cada paso que doy a lo largo de mi vida, él es mi fortaleza en tiempos difíciles, aparte de ser mi confidente amigo; es mi Padre.

A mi familia, al Padre de mis hijas, por su ayuda, cariño y comprensión a lo largo de los años. En cada ejemplo, en cada línea y en cada palabra podría indicar la influencia de su apoyo, de sus sugerencias y de su compañía. Sólo espero ser capaz de devolverles algún día lo mucho que me han dado.

A una persona muy especial, quien supo darme siempre fortaleza para que alcance todas mis metas, un apoyo desinteresado y todo su amor.

AGRADECIMIENTO

Muchas veces me he planteado la opción de comenzar y acabar este Trabajo únicamente con la palabra Gracias. Sencillamente por no saber cómo expresar con demasiadas palabras lo que cada persona hizo por mí. Esta Tesis no hubiera podido ser posible sin la ayuda de algunas personas. El desarrollo de este estudio ha sido un gran reto conseguido y a la vez una experiencia muy enriquecedora. Siendo la gratitud un valor que engrandece al ser humano, quiero expresar mis sentimientos más sinceros de agradecimiento a las siguientes personas:

A mis hijas que son el motor de mi vida, mi fuerza, mi fortaleza y gracias a su paciencia para poder desarrollar esta Tesis, que aunque son pequeñas supieron comprender en ciertos momentos la ausencia de su Madre.

A mi director, Lic. Fernando Iza, que me ayudo a realizar este trabajo de la mejor manera por su entrega, por su paciencia, y su ayuda incondicional.

A mi Lector amigo Master Pedro Figueroa que desinteresadamente me apoyo en cada paso para la culminación de la tesis; por su infatigable constancia, entereza y guía. Esta tesis debo mucho a ellos.

A mi segundo lector Lic. Julio Guarnizo, quien estuvo presto a cualquier necesidad en el desarrollo de la misma.

Al Sr. Profesor Cristóbal Mantilla (Entrenador de Futbol de la PUCE) por estar siempre asequible en tomas de datos que tenía que realizar a los jugadores y estar presto ante cualquier necesidad para poderme asistir con el desarrollo de la misma. De igual forma agradezco a los señores estudiantes que conformaron el equipo de fútbol masculino de la PUCE ya que sin su colaboración no se podría haber realizado el presente estudio.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN ..... **i**
DEDICATORIA ..... **iii**
AGRADECIMIENTO ..... **iv**
INDICE DE CONTENIDOS ..... **v**
INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I **4**
1. ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN 4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.2. EL PROBLEMA 5
1.3. JUSTIFICACIÓN 5
1.4. OBJETIVOS 6
1.4.1. General 6
1.4.2. Específicos 6

CAPITULO II **7**
2. METODOLOGÍA 7
2.1. Tipo de Estudio 7
2.2. Universo y Muestra 7
2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos 8
2.3.1. Fuentes 8
2.3.2. Técnicas 8
2.3.3. Instrumentos 8
2.3.4. Plan de Análisis de información 9

CAPITULO III **10**
3. MARCO TEORICO 10
3.1. El Deporte 10
3.2. Control neuromuscular 10
3.2.1. Restablecimiento del control neuromuscular 13
3.2.2. El control neuromuscular en rehabilitación. 14
3.2.3. Entrenamiento Propioceptivo y Flexibilidad 15
3.3. Fisiología de los mecanorreceptores 16
3.3.1. Mecanorrecepción: 16

3.3.2. Características del campo receptor 17
3.3.2.1. Vías centrales para la somestesia: 18
3.3.2.2. Procesamiento central de la entrada somestésica: 19
3.3.3. Teoría de la barrera del dolor: 20
3.3.4. Sensibilidad Propioceptiva 21
3.4. Vías neurales de los aferentes periféricos 28
3.5. Control neuromuscular preparatorio y reactivo 30
3.6. Características neuromusculares 31
3.6.1. Receptores aferentes periféricos 31
3.6.2. Rigidez muscular 32
3.6.3. Activación muscular refleja 32
3.6.4. Activación muscular discriminativa 33
3.7. Flexibilidad Articular 33
3.7.1. Concepto 35
3.7.1.1. Componentes de la flexibilidad 36
3.7.1.2. Factores que influyen en el desarrollo de la flexibilidad 38
3.7.2. Factores intrínsecos 38
3.7.3. Factores extrínsecos 39
3.7.4. Técnicas de estiramiento 42
a. Estiramientos balísticos 42
b. Estiramientos estáticos 43
c. Estiramientos activos 43
d. Estiramientos pasivos 43
3.7.5. Técnicas de FNP 44
3.7.5.1. Bases neurofisiológicas de los estiramientos 44
3.7.5.2. Reflejo Miotático (RM) 46
3.7.5.3. Reflejo miotático inverso (RMI) 47
3.7.6. Inhibición reciproca de los antagonistas 48
3.7.7. Anomalías de la flexibilidad 48
3.7.8. Importancia de la Flexibilidad para los deportistas y objetivo primordial en rehabilitación. 49
3.7.9. Evaluación de la flexibilidad 54
3.8. ENTRENAMIENTO FISICO 57
3.8.1. Elasticidad Muscular 59
3.8.2. Concepto 59
3.8.3. Características de los músculos 61
3.8.4. Tipos de fibras musculares 62

3.8.5. Características de las fibras musculares 64
3.8.5.1. El reclutamiento de las fibras 65
3.8.5.2. Los factores nerviosos 67
3.8.5.3. La prueba de su intervención 67
3.8.5.4. Aumento de la contracción voluntaria y no de la contracción involuntaria 68
3.8.5.5. La relación MVC/CSA 70
3.8.5.6. El efecto del entrenamiento cruzado 71
3.8.5.7. El reclutamiento de las unidades motoras 71
3.8.5.8. Factores que dependen del estiramiento muscular 75
3.8.5.9. Técnica de estiramiento Facilitación Neuromuscular Propioceptiva 79
3.8.5.10. Concepto de la FNP 79
3.8.5.11. Bases neurofisiológicas de la FNP 80
3.8.5.12. Principios básicos de la FNP 83
3.9. Técnicas de la FNP 85
3.9.1. Técnicas de fortalecimiento 85
3.9.2. Técnicas de estiramiento 89
3.10. HIPÓTESIS 90
3.11. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 91

CAPITULO IV 93
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 93
4.1. Edad 93
4.2. Peso 95
4.3. Talla 96
4.4. Aplicación de la técnica sostén/relajación a los jugadores del equipo de Fútbol Masculino amateur de la PUCE. 98
4.5. Quienes no mejoraron 109
4.6. Influencia/relación entre peso graso-peso óseo 110
4.6.1. Relación Peso Graso Vs Peso Normal 110
4.6.2. Relación peso óseo con Talla 112
4.6.3. Porcentaje de lesiones musculares 114
4.6.4. SOMATOTIPO DE LOS JUGADORES DE LA PUCE 115
CONCLUSIONES 116
RECOMENDACIONES 118
BIBLIOGRAFIA 119
ANEXOS ....A

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1
CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS MUSCULARES 65
Tabla N° 2
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 91
Tabla N° 3
EDAD 93
Tabla N° 4
NÓMINA 94
Tabla N° 5
Peso 95
Tabla N° 6
PESO 96
Tabla N° 7
TALLA 96
Tabla N° 8
TALLA 97
Tabla N° 9
SIN CALENTAMIENTO 98
Tabla N° 10
SIN CALENTAMIENTO 99
Tabla N° 11
SIN CALENTAMIENTO 100
Tabla N° 12
SIN CALENTAMIENTO 101
Tabla N° 13
CON CALENTAMIENTO 102
Tabla N° 14
CON CALENTAMIENTO 103
Tabla N° 15
CON CALENTAMIENTO 104
Tabla N° 16
CON CALENTAMIENTO 105
Tabla N° 17
RESUMEN.....106

Tabla N° 18
RESUMEN POR EDAD TALLA Y PESO 107
Tabla N° 19
QUIENES MEJORARON 108
Tabla N° 20
QUIENES NO MEJORARÁN 109
Tabla N° 21
PESO GRASO 110
Tabla N° 22
PESO ÓSEO VS TALLA 112
Tabla N° 23
LESIONES MUSCULARES 114
Tabla N° 24
SOMATOTIPO DE LOS JUGADORES DE LA PUCE 115

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico Nº 1
EDAD 93
Gráfico Nº 2
PESO 95
Gráfico Nº 3
Talla 97
Gráfico Nº 4
Sin Calentamiento 98
Gráfico Nº 5
Sin Calentamiento 99
Gráfico Nº 6
Sin calentamiento 101
Gráfico Nº 7
Con Calentamiento 102
Grafico Nº 8
Con Calentamiento 103
Gráfico Nº 9
Con calentamiento 105
Gráfico Nº 10
Calentamiento 106
Gráfico Nº 11
Quienes Mejoran 108
Gráfico Nº 12
Quienes no mejorarán 109
Gráfico Nº 13
Relación peso 111
Gráfico Nº 14
Peso Óseo vs Talla 113
Gráfico Nº 15
Lesiones Musculares 114

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1
RUTA DEL TACTO FINO 18
Ilustración N° 2
RUTA DE TACTO GRUESO.....19
Ilustración N° 3
HUSO NEUROMUSCULAR.....24
Ilustración N° 4
CIRCUITO GAMMA 24
ilustración N° 5
ÓRGANO TENDINOSO DE GOLGI.....26
Ilustración N° 6
ESQUEMA DE INERVACIÓN Y ARCO REFLEJO PROPIOCEPTIVO 27
Ilustración N° 7
CORPÚSCULO DE PACINI.....28
Ilustración N° 8
TEST DE WELLS 57
Ilustración N° 9
DIFERENCIAS ENTRE LA FIBRA BLANCA Y LA FIBRA ROJA 62
Ilustración N° 10
FIBRA MUSCULAR TIPO I Y TIPO II 63

LISTA DE ANEXOS

Anexo N° 1

ENCUESTA A LOS FUTBOLISTAS ..... A

Anexo N° 2

ENCUESTA A LOS ENTRENADORES C

Anexo N° 3

ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS ..... E

Anexo N° 4

OBSERVACION EN EL CAMPO DE FUTBOL ..... G

Anexo N° 5

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES I

Anexo N° 6

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES ..... J

Anexo N° 7

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES ..... K

Anexo N° 8

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS L

Anexo N° 9

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES ..... M

Anexo N° 10

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS ENTRENADORES ..... N

Anexo N° 11

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS ..... O

Anexo N° 12

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS ..... P

Anexo N° 13

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS ENTRENADORES ..... Q

Anexo N° 14

RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS ..... R

Anexo N° 15

RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN ..... S

INTRODUCCIÓN

La flexibilidad es una cualidad física en desempeño del futbolista que se fundamenta con base en la movilidad articular y elasticidad muscular, lo cual permite el máximo recorrido de las articulaciones y desarrollo muscular.

Con frecuencia los futbolistas se preocupan en ser más fuertes, mucho más rápidos, en ser capaces de resistir una carrera o evento de larga duración, pero no prestan mucha atención a una cualidad que puede ser igual de importante o más que todas las demás, la flexibilidad articular y elasticidad muscular. Siempre se debe considerar que la flexibilidad es la única de las Cualidades Físicas cuya evolución es inversa al resto, es decir, se parte de un grado máximo en la niñez para, a medida que avanzan los años, ir disminuyendo hasta poder llegar a limitar de forma considerable cierto tipo de movimientos.

Acotando en el proceso de elasticidad muscular, los músculos poco a poco se van poniendo más rígidos, pierden elasticidad e incluso se pueden hacer más fuertes, pero más cortos. Esto determina un déficit de la funcionalidad que influye negativamente sobre nosotros tanto física como psíquicamente, a lo expuesto se agrega que existen patologías que exigen un período de reposo más o menos prolongado manteniendo miembros o parte de ellos en posturas fijas, nos encontramos con una grave afectación de la elasticidad de parte o de la totalidad del cuerpo que van a determinar un serio obstáculo en la recuperación del individuo.

Para impedir que este proceso pueda llegar a acarrearnos algún problema en nuestro aparato locomotor debemos trabajar la flexibilidad mediante la práctica de los estiramientos, estos constituyen una técnica preventiva y terapéutica ampliamente utilizada. Entre todos ellos, se encuentra la tensión activa, y ha sido la técnica que utilizaré en el estudio.

El objetivo de este trabajo es determinar la ganancia de flexibilidad articular y elasticidad muscular medida en centímetros luego de la aplicación de la técnica de

estiramiento sostén - relajación a los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE.

En la práctica del fútbol, la movilidad articular y los estiramientos poseen una gran relevancia, al ser factores importantes para la consecución de eficacia y rendimiento deportivo.

En cualquier área especializada en la planificación deportiva se destaca la necesidad de abordar la realización de estiramientos, sobre todo, cuando la intensidad del entrenamiento exige una preparación adecuada. No obstante, algunos deportistas no son conscientes de la importancia de esta serie de ejercicios y muchos entrenadores y médicos deportivos no conciencian a los deportistas de la importancia que estas medidas poseen de cara al rendimiento.

La flexibilidad, como cualidad física básica, será uno de los parámetros que configuran la condición física de un deportista. Sin embargo, a excepción de aquellas disciplinas donde se aprecia una gran flexibilidad, como en la danza, la gimnasia rítmica y deportiva, en el resto de especialidades deportivas, no es apreciada el efecto favorecedor del rendimiento que dicha cualidad posee. Además existe incluso la falsa creencia que un entrenamiento excesivo en flexibilidad disminuye la posibilidad de alcanzar altas exigencias en fuerza muscular.

En forma oportuna se ha hecho un análisis conceptual en el Capítulo II que corresponde al Marco Teórico, sobre las técnicas de estiramiento, sostén-relajación y su incidencia en la flexibilidad articular y elasticidad muscular en los deportistas y en este caso de los futbolistas.

Es preciso establecer anotar que se hizo un adecuado estudio de las posibilidades procedimentales de aspectos cognitivos en las que se demuestra que la flexibilidad es un indicador básico que desarrolla e incrementa el rendimiento.

La conjetura inicial “La Técnica de FNP Sostén- relajación mejora la flexibilidad articular y la elasticidad muscular en los jugadores del Equipo de Fútbol Masculino de la PUCE”, se comprobó satisfactoriamente.

El proceso investigativo ha sido observacional analítico/propositivo de tipo transversal, cuya población ha sido de veinticuatro futbolistas y su equipo técnico, en un

período de cuatro meses, en donde se recogió la información requerida mediante entrevistas y observación directa.

El cuerpo técnico y el equipo médico deportivo son conocedores de esta circunstancia y la incluyen dentro de los programas de entrenamiento con el peso específico que merece. En el presente trabajo de revisión he analizado esta cualidad considerando su aplicación en diversas circunstancias dentro de la actividad físico-deportiva.

Los resultados han sido descritos pormenorizadamente a fin de que nos demuestren como está incidiendo la Técnica de FNP Sostén- relajación en el incremento de la flexibilidad articular y la elasticidad muscular en los jugadores, por lo tanto esto esclareció la frecuencia y tipo de lesiones de los futbolistas amateurs de la PUCE y su relación con los factores que permitan que: a mayor sostén/relajación mayor flexibilidad articular y elasticidad muscular.

En el Marco de Referencia, se explícita detenidamente los estudios relacionados con los objetivos de la investigación y su conceptualización en la bibliografía existente y estudiada.

Luego se presenta el análisis y discusión de los resultados, que son los considerados para plantear las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Club Deportivo la "Católica" está integrado por los estudiantes de la misma, es un equipo de fútbol amateur de Quito DM, Provincia de Pichincha, Ecuador; está incorporado al Torneo Amateur de Pichincha y del Campeonato Ecuatoriano de Fútbol. Es miembro de la Asociación de Fútbol No Amateur de Pichincha. Esta instancia deportiva provee de futbolistas al Club Deportivo profesional de la Universidad Católica, de ahí que el rendimiento de cada integrante debe ser excelente y buscar mejorar su capacidad física antes y durante el juego.

Los estudiantes que lo integran y sus dirigentes, siempre preocupados por mejorar la condición física del futbolista consideran prioritario la atención a la flexibilidad articular y elasticidad muscular de sus integrantes, porque se conoce que siendo de carácter involutivo, se va perdiendo con el paso del tiempo, para lo cual requiere de entrenamiento adecuado para el mejor rendimiento del jugador en el campo de fútbol, la presente investigación busca la aplicación de la técnica de estiramiento sostén-relajación, para lograr aumentar la capacidad de alargamiento de los músculos y de recuperación de la posición inicial, optimizar el grado de movimiento máximo de cada articulación; considerando que en la actualidad no se aplica una técnica apropiada para mejorar y mantener la flexibilidad articular y elasticidad muscular en los futbolistas, ya que ellos en varias ocasiones ingresan directamente al campo de juego para realizar sus competencias deportivas, sin antes haber cumplido con una serie de precalentamientos y estiramientos que propicien a los músculos a tener una máxima amplitud de movimiento evitando así las lesiones musculares.

1.2. EL PROBLEMA

Con los antecedentes anotados y con la aplicación de los instrumentos seleccionados de investigación a jugadores, cuerpo técnico y directivo en el proceso de la aplicación de las técnicas de estiramiento sostén-relajación, para mejorar flexibilidad articular y elasticidad muscular, se planteó el siguiente problema:

¿Cómo Aplicar las técnicas de estiramiento sostén-relajación, para mejorar flexibilidad articular y elasticidad muscular en los deportistas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la ponencia Lic. Milton Salazar sobre el tema: "Frecuencia de Lesiones en los Miembros inferiores en la selección de Fútbol Masculino de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador" y su relación con los factores desencadenantes, en el período comprendido entre Mayo a Diciembre del 2011", en lo referente a la variable analizada de flexibilidad, los resultados obtenidos en la valoración por posición de juego demostraron que, en los arqueros la flexibilidad en promedio fue de menos 13 cm; el defensa central es el jugador que presentó menor flexibilidad, ya que el resultado obtenido fue que le falto 22 cm. Las defensas laterales presentaron un promedio de menos 11 cm; los medios defensivos tuvieron un promedio de menos 14 cm entre tanto que los medios laterales se observó un promedio de menos 9 cm que es similar a los medios ofensivos. Finalmente en los delanteros el promedio de flexibilidad fue de menos 7 cm.

En razón a lo expuesto, existe mayor preocupación en los futbolistas por adquirir una buena fuerza muscular, para ser mucho más rápidos, ser capaces de resistir una carrera de larga duración pero no le dan mucha importancia a una cualidad que es la flexibilidad. La Flexibilidad es esencial en el deporte y el buen mantenimiento de la misma, además es importante para la prevención de lesiones de la unidad músculo-tendinosa, por lo que se debe desarrollar ejercicios de estiramientos como parte del calentamiento previo a un encuentro deportivo.

El trabajo de disertación va encaminado a intentar mejorar la flexibilidad articular de los jugadores de la selección de Fútbol Masculino de la PUCE, ya que me llamo mucho la atención que dichos jugadores tengan demasiado acortamiento muscular

teniendo un entrenamiento diario con el cuál ellos deberían adquirir una mayor capacidad de flexibilidad.

Con la aplicación de la técnica propuesta los jugadores del Equipo de Fútbol corren menos riesgo de lesionarse y pueden mejorar su rendimiento deportivo. Comprendiendo que los estiramientos constituyen una técnica preventiva y terapéutica ampliamente utilizada y sobre la que además han escrito multitud de autores (Gutiérrez, Novoa, Pérez, Lantarón y González, 2003).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Determinar la ganancia de flexibilidad articular y elasticidad muscular medida en centímetros luego de la aplicación de técnicas de estiramiento sostén - relajación a los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE.

1.4.2. Específicos

Identificar los factores que influyen en la obtención de valores bajos en los jugadores de fútbol de la PUCE concernientes a la flexibilidad articular y elasticidad muscular medida en centímetros.

Determinar los valores actuales referentes a la flexibilidad articular y elasticidad muscular medida en centímetros.

Proponer un sistema de entrenamiento para mejorar la flexibilidad articular y elasticidad muscular a través de ejercicios de estiramiento sostén – relajación en los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Estudio

El tipo de estudio a utilizarse es de tipo cualitativo, porque los datos obtenidos serán interpretados, analizados y serán explicados de manera exhaustiva sus resultados.

También es descriptivo y analítico dónde considero que, los estudios descriptivos definen el problema en términos de incidencia y prevalencia; y los analíticos procuran identificar los factores de riesgo con el objetivo de reducir la tasa de lesiones o evaluar la eficacia de los tratamientos.

Y, su enfoque de estudio es observacional analítico de tipo transversal porque no manipularán las variables planteadas, pero sin embargo se involucrará en la población u objeto de estudio para la obtención de datos que sustentan y forman parte de la presente investigación.

Por su nivel la investigación a realizarse, es explicativa porque no será una simple presentación de resultados sino que a través de su esclarecimiento se propondrá y aplicará una solución al problema planteado.

2.2. Universo y Muestra

La población, está constituido por 24 jugadores que conforman el Equipo de fútbol de la PUCE durante el período Julio- Octubre del 2013, razón por la que se trabajará con la totalidad de la población.

Factores de exclusión, se excluirán a todos aquellos jugadores que no aceptaren participar en este estudio y a aquellos que se encuentren lesionados y que no se les pueda realizar la técnica por motivos sanitarios a aquellos que no firmen el permiso consentido, y aquellos que no tengan la evaluación inicial.

Factores de inclusión serán incluidos en este estudio todos los jugadores del equipo de fútbol de la universidad Católica, con una autorización por escrito para poder realizar el estudio, que acepten participar mediante permiso consentido de participación, que no presenten lesiones o problemas sanitarios, aquellos jugadores que tengan la evaluación inicial.

Se considerará a las variables como la flexibilidad articular y la elasticidad muscular solamente en los miembros inferiores, considerando además la técnica de estiramiento sostén-relajación. Se excluye las variables: nutricionales, hormonales, enfermedades metabólicas, debido a que las mismas no están directamente relacionadas con los objetivos del estudio y el tema de investigación.

2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos

2.3.1. Fuentes

La información presentada en la disertación del tema fue obtenida de fuentes primarias, secundarias y terciarias.

2.3.2. Técnicas

Las técnicas a utilizarse para la recolección de la información serán:

La Entrevista.- es la información personal que obtendré de cada jugador del equipo de fútbol de la PUCE.

La observación directa: permitirá recolectar información de una serie de medidas aplicadas.

2.3.3. Instrumentos

Guía de la entrevista: permitirá dialogar con los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE sobre la aplicación de las técnicas de relajación y su incidencia en el entrenamiento.

Lista de cotejo.- es un instrumento que consta de una serie de medidas recolectadas antes y después de la aplicación de las técnicas de estiramiento sostén -

relajación a los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE, serán relacionadas las unas con las otras para establecer la ganancia de flexibilidad.

Plan de Análisis de información

Para el análisis de la información se partirá de los resultados obtenidos de la aplicación de la técnica estadísticas t de student, que es una distribución de probabilidad que surge del problema, al estimar la medida de la población normalmente distribuida (los jugadores del equipo de fútbol masculino de la PUCE) como el tamaño de la muestra es pequeño. La he considerado con sus respectivos instrumentos, donde se los tabuló, graficó y realizó su respectiva interpretación y análisis, alcanzando un nivel explicativo de los problemas detectados coherentes al tema planteado. De acuerdo a los resultados se relacionará con las consecuencias del Pre-test y del Post-test luego de haber aplicado la Técnica de FNP sostén-relajación.

CAPITULO III

3. MARCO TEORICO

3.1. El Deporte

La práctica deportiva está frecuentemente asociada con lesiones del sistema locomotor. Estas lesiones pueden producirse por un traumatismo directo, como una colisión entre dos jugadores, o por un mecanismo indirecto, como una rotura ligamentosa causada por un movimiento anormal de la articulación. Las lesiones dependen también de factores extrínsecos como el tipo de deporte, el modo de practicarlo y las condiciones materiales y ambientales, y de factores intrínsecos como las condiciones físicas, psicológicas y sociales del individuo. (Lysens, 1984)

Frecuentemente, las lesiones están causadas por el sobreuso de una determinada estructura del sistema locomotor. Por ejemplo (McHugh, 1999) "encontraron que los sujetos con rigidez eran más propensos a desarrollar una lesión muscular inducida por el ejercicio después de seis tandas rápidas de contracciones submaximales excéntricas e isocinéticas a media velocidad de los isquiotibiales".

En general, estas lesiones son más frecuentes en sujetos sometidos a programas de entrenamiento físico de alta intensidad y de larga duración, como triatletas, soldados, futbolistas, etc. Una de las principales razones para estudiar la flexibilidad es la valoración del papel de tales variables en la prevención y, por tanto, en la reducción de la incidencia de lesiones relacionadas con la actividad física. Para eso primero debemos conocer de dónde parte todo este proceso para así desarrollar una mejor flexibilidad.

3.2. Control neuromuscular

El control del sistema neuromuscular depende directamente del complejo sistema sensoriomotor. Este sistema incorpora todos los receptores y vías aferentes, el proceso de integración y de procesamiento central y las respuestas eferentes, con el objetivo de mantener la estabilidad funcional de la articulación durante los movimientos deportivos.

En relación con el proceso neurosensorial, pese a que el sistema visual y el vestibular contribuyen de manera importante en el control neuromuscular, los mecanorreceptores periféricos (especialmente los receptores musculares) han sido descritos como las estructuras más modificables mediante el entrenamiento deportivo.

Esta información aferente es procesada e integrada a partir de 3 niveles de control motor (médula espinal, tronco cerebral y corteza cerebral) y se asocia a diversas áreas, como el cerebelo. En función del nivel de control motor escogido podrán darse 3 tipos de respuestas motoras: muy rápidas (respuesta refleja, médula espinal), intermedias (automáticas, tronco del encéfalo) y más lentas (más elaboradas, voluntarias, corteza cerebral). Estas respuestas vendrán reguladas por 2 mecanismos de control motor, propios de todo individuo y que pueden desarrollarse mediante el entrenamiento. Dichos mecanismos, conocidos como feedback y feedforward, se desarrollan de manera continua a partir de las experiencias motrices. El control feedback se refiere a la respuesta proporcionada bien por vía refleja o bien después del análisis de un determinado estímulo sensorial. Por otra parte, los mecanismos de control feedforward son descritos como las acciones de anticipación o pre activación que ocurren antes de la detección sensorial de una disrupción de la homeostasis y que se basan en experiencias anteriores.

Por lo que (Mandelbaum, 2005) define el control neuromuscular, como la activación muscular precisa que posibilita el desarrollo coordinado y eficaz de una acción es decir, la respuesta eferente (motriz) a la información sensitiva. Un componente del control es la propiocepción este remite específicamente a la apreciación consciente e inconsciente de la posición articular. La propiocepción mantiene la estabilidad articular bajo condiciones dinámicas, proporcionando el control del movimiento deseado y la estabilidad articular. La coordinación apropiada de la coactivación muscular (agonistas – antagonistas) atenúa las cargas sobre el cartílago articular.

La propiocepción, es entonces, la mejor fuente sensorial para proveer la información necesaria para mediar el control neuromuscular y así mejorar la estabilidad articular funcional. (Lephart, 2003)

Mientras que otro componente muy importante la cinestesia es la sensación del movimiento o la aceleración articulares. (Mountcastle, 1980) Siendo la percepción de la fuerza una capacidad para calcular las cargas articulares. Estas señales se transmiten por la medula espinal a través de vías aferentes (sensitivas). La percepción consciente

del movimiento, posición y fuerza articulares es esencial para la correcta función articular en el deporte y las AVD[1], mientras que la propiocepción inconsciente modula la función muscular e inicia la estabilización refleja.

Los dos mecanismos de control motor participan en la interpretación de la información aferente y la coordinación de las respuestas eferentes. Teniendo así el control neuromuscular preparatorio que consiste en planificar movimientos basados en la información sensitiva obtenida en experiencias previas. (Dunn & Croix, 1986)

El proceso reactivo regula continuamente la actividad muscular a través de las vías reflejas. Los mecanismos preparatorios son responsables de la actividad muscular anticipada: los procesos preparatorios se asocian con la actividad muscular reactiva. Debido a las características de la activación y orientación del musculo esquelético, se pueden coordinar muy diversos movimientos mediante contracciones concéntricas, excéntricas e isométricas, al tiempo que se restringe la movilidad articular excesiva. Por tanto el anclaje dinámico se consigue mediante el control neuromuscular preparatorio y reflejo.

El nivel de activación, sea preparatorio o reactivo, modifica en gran medida las propiedades de su rigidez. Desde una perspectiva mecánica, la rigidez muscular es la relación en el cambio de fuerza y el cambio de longitud. En esencia los músculos más rígidos resisten los episodios de estiramiento con más eficacia y ofrecen un anclaje dinámico más eficaz al desplazamiento articular. El retardo electromecánico es un período de tiempo que transcurre entre la llegada de un impulso neural (eléctrico) que inicia la contracción muscular y el desarrollo de fuerza (mecánica).

Los estudios clínicos (*McNair & Swanik, 1999)* han establecido hace poco la importancia de la rigidez muscular para el sistema de anclaje dinámico. En la rodilla, por ejemplo, los incrementos de la activación de los músculos isquiotibiales también aumentan significativamente su rigidez, y existe una moderada correlación entre el grado de rigidez muscular de los deportistas con deficiencias en el LCA y su capacidad funcional. Por tanto, la regulación eficaz de la rigidez muscular podría abarcar todos los componentes del sistema de anclaje dinámico y ser vital para restablecer la estabilidad funcional.

[1]AVD: Actividades de la vida diaria

3.2.1. Restablecimiento del control neuromuscular

Los deportistas que han sufrido daños en las estructuras articulares de las extremidades superiores o inferiores muestran déficits propioceptivos, cinestésicos y neuromusculares. (*Leanderson & Lephart, 1997)* Aunque la identificación de estas anomalías sea difícil en el marco clínico, es necesaria una valoración exhaustiva de la etiología patológica de estos trastornos para que guie a los médicos que traten de restablecer el control neuromuscular y la estabilidad funcional.

> La mayoría de los investigadores (Barret, 1991) creen que la disrupción de las estructuras articulares causa cierto nivel de desaferenciación en los mecanorreceptores ligamentarios y posiblemente, capsulares. En la fase aguda de la curación, la inflamación y el dolor articulares pueden dar lugar a déficits sensitivo; no obstante, esto no explica los déficits crónicos en la propiocepción y cinestesia asociados con las articulaciones patológicas.

Los estudios han demostrado que los deportistas con laxitud articular congénita o patológica tienen menos capacidad para detectar el movimiento y posición articulares. Estas características protectoras y cinestésicas, junto con la inestabilidad mecánica, derivan en inestabilidad funcional. (Forwell, 1996)

> Desarrollar o restablecer la propiocepción, la cinestesia y el control neuromuscular de deportistas lesionados reducen el riesgo de recaídas. La reconstrucción y recuperación de la tensión capsuloligamentaria, junto con la rehabilitación tradicional, es una opción que parece restablecer cierta percepción cenestésica, aunque no sea igual a la de las extremidades sanas. (Ochi, 1999)

El objetivo de la rehabilitación neuromuscular es desarrollar o restablecer las características aferentes y eferentes que mejoren el anclaje dinámico frente a cargas in vivo. Cuatro elementos básicos son cruciales para restablecer el control neuromuscular y la estabilidad funcional: 1. La sensación propioceptiva[2] y cinestésica; 2. la estabilización articular dinámica; 3. el control neuromuscular reactivo y, 4. los patrones motores funcionales. En la articulación patológica estos mecanismos dinámicos compensan la

[2] La sensación propioceptiva son sensaciones relacionadas con los movimientos del cuerpo y con la posición, como el movimiento de los brazos y piernas a partir de los estímulos recibidos por órganos sensoriales especializados situados en los músculos, tendones, articulaciones y el laberinto del oído. Los estímulos pueden generarse por los cambios en la tensión o estiramiento del músculo y como reacción a la fuerza que la gravedad ejerce sobre el organismo.

falta de anclajes estáticos y pueden conseguir una articulación funcionalmente estable. (Leksell, 1945).

Varias características aferentes y eferentes contribuyen a la regulación eficaz de estos elementos y al mantenimiento del control neuromuscular. Estas características son la sensibilidad de los receptores periféricos y la facilitación de las vías aferentes, la rigidez muscular y el índice inicial y magnitud de la actividad muscular, la coactivación agonista/ antagonista, la activación muscular refleja y la activación muscular discriminatoria. Las técnicas específicas de rehabilitación permiten modificar estas características, lo cual influye significativamente en la estabilidad dinámica y el funcionamiento. (Chimura, 2002)

Aunque prosigue la investigación clínica, varias técnicas de ejercicio han demostrado inducir adaptaciones beneficiosas de estas características al tiempo que la plasticidad del sistema neuromuscular permite rápidas modificaciones durante la rehabilitación que mejoran la actividad muscular preparatoria y reactiva.

Para restablecer la activación muscular dinámica necesaria para la estabilidad funcional, hay que emplear posturas simuladas de vulnerabilidad que precisen estabilización muscular reactiva. Aunque haya riesgos inherentes en colocar la articulación en posturas vulnerables, si se realiza de forma controlada y progresiva, se producirán adaptaciones neuromusculares que más tarde permitirán al deportista volver a situaciones competitivas con confianza en que los mecanismos dinámicos protegerán la articulación de subluxaciones y recaídas.

3.2.2. El control neuromuscular en rehabilitación.

El restablecimiento del control neuromuscular es un componente crítico en la rehabilitación de articulaciones patológicas. El objetivo de las actividades de control neuromuscular es reenfocar la percepción que el deportista tiene de las sensaciones periféricas y procesar esas señales mediante estrategias motoras más coordinadas. Esta actividad muscular sirve para proteger las estructuras articulares de la tensión excesiva y para proporcionar un mecanismo profiláctico ante la recidiva de lesiones. Las actividades para el control neuromuscular tienen por objetivo complementar los protocolos tradicionales de rehabilitación, que abarcan la modulación del dolor y la inflamación, el restablecimiento de la flexibilidad, la fuerza y la resistencia física, así como los aspectos psicológicos.

En el dominio de la percepción de las posturas y el movimiento articular, los estudios científicos han permitido discernir las características sensitivas o motrices que regulan el control neuromuscular. Los mecanorreceptores periféricos de las estructuras articulares y musculotendinosas median en el control neuromuscular transfiriendo al individuo las sensaciones del movimiento articular y de las posturas. Los principales papeles de las estructuras articulares como cápsula, ligamentos, meniscos y rodete son estabilizar y guiar los segmentos esqueléticos y ofrecer un anclaje mecánico ante movimientos articulares anormales. No obstante, el tejido cápsulo-ligamentario también ejerce un papel sensitivo esencial para detectar el movimiento y posición articulares. Los receptores musculo-tendinosos contribuyen al movimiento articular y a la percepción postural mediante cambios en la longitud de los músculos y se han relacionado con la regulación de la rigidez muscular.

Las lesiones de estructuras articulares provocan no solo un trastorno mecánico, sino también una pérdida de sensibilidad articular. Además de ligamentos rotos, los nervios microscópicos de los mecanorreceptores periféricos también pueden resultar dañados; la lesión se denomina desaferenciación. (Johansson, 1991).

Esta desaferenciación parcial interrumpe la retroalimentación sensitiva necesaria para la estabilización refleja de las articulaciones y la coordinación neuromuscular. Hay datos sustanciales que sugieren que las aberraciones en la actividad muscular posterior a la lesión articular son un resultado de la interrupción de las vías neurales. (Beard, 1993)

3.2.3. Entrenamiento Propioceptivo y Flexibilidad

El reflejo de estiramiento desencadenado por los husos musculares ante un estiramiento excesivo provoca una contracción muscular como mecanismo de protección (reflejo miotático). Sin embargo, ante una situación en la que realizamos un estiramiento excesivo de forma prolongada, si hemos ido lentamente a esta posición y ahí mantenemos el estiramiento unos segundos, se anulan las respuestas reflejas del reflejo miotático activándose las respuestas reflejas del aparato de Golgi (relajación muscular), que permiten mejoras en la flexibilidad, ya que al conseguir una mayor relajación muscular podemos incrementar la amplitud de movimiento en el estiramiento con mayor facilidad. (Mirella, 2001)

Investigaciones han demostrado que los mecanorreceptores juegan un importante rol en la estabilización articular. Los mecanismos de retroalimentación (feedback) están mediados por numerosos reflejos protectivos, los cuales continuamente actualizan la actividad muscular. Por ejemplo, la deformación leve en los ligamentos de la rodilla ha sido demostrado que produce un marcado incremento en la actividad las vías aferentes de los husos musculares, lo cual sitúa la articulación en su trama funcional. Kim y asociados demostraron que la estimulación de los ligamentos colaterales de la rodilla produce una contracción de los músculos que la rodean. Además, otros autores como Solomonov, Buchanan & Cois desencadenaron una respuesta muscular con estimulación del ligamento cruzado anterior y con una carga aplicada en valgo y varo sobre la rodilla. (Childs & Buz, 2004)

3.3. Fisiología de los mecanorreceptores

3.3.1. Mecanorrecepción:

Percepción sensorial de un estímulo que lleva asociado energía mecánica. Los mecanorreceptores informan de tres sensaciones:

- Tacto: mecanorreceptores somestésicos.
- Cinestesia: propioceptores y sistema vestibular.
- Audición: receptores del sistema auditivo.

En todos los mecanorreceptores el estímulo deforma la membrana plasmática del receptor y propicia la apertura de canales de sodio que produce un incremento en la conductancia de sodio. Se lleva a cabo una despolarización de la célula, transluciéndose así el estímulo.

- **Somestesia:**

Es la percepción sensorial a través de la piel. Se reciben tres tipos: tacto, temperatura o termorreceptor y dolor o nociceptores.

Mecanorreceptores somestésicos:

Informan del tacto y por ello se localizan en la piel. Todos ellos responden al carácter de receptor sensorial primario. Es decir, el estímulo se aplica en la piel y es recibido por una terminación nerviosa directamente, cuyo cuerpo está en un ganglio y va al sistema nervioso central.

Tipos:

- Terminación corpúsculo de Merkel: más superficial en la dermis.
- Terminación corpúsculo de Meissner
- Terminación corpúsculo de Pacini
- Terminación corpúsculo de Ruffini: más profunda en la dermis.

En la piel que poseen pelos hay otro tipo de receptor llamado receptor del folículo piloso que se localiza en la raíz del pelo. Los cinco tipos se pueden dividir en dos categorías:

- Receptor de adaptación rápida: sólo perciben los cambios en la intensidad del estímulo. Se engloban dentro de esta categoría: Meissner, Pacini y el receptor del folículo piloso.

- Receptor de adaptación lenta: reconocen el estímulo mientras está presente. Se engloban dentro de esta categoría: Merkel y Ruffini.

3.3.2. Características del campo receptor

Un campo receptor es una región que activa a cierto receptor sensorial.

1) El tamaño del campo receptor depende de la zona del cuerpo. Siendo los campos receptores más pequeños en la mano (en especial los dedos) y en la cara (en particular en los labios). Son mayores en las zonas del tronco y las extremidades. A menor campo receptivo, mayor sensibilidad táctil. El tamaño de los campos se determina mediante un experimento en el que se usa un compás con dos cerdas o pelos. El compás se aplica abierto en distintas aperturas, sobre la persona en estudio que tiene los ojos tapados. Si la persona percibe dos estímulos, estamos ante dos campos receptores. Si es uno, será un campo.

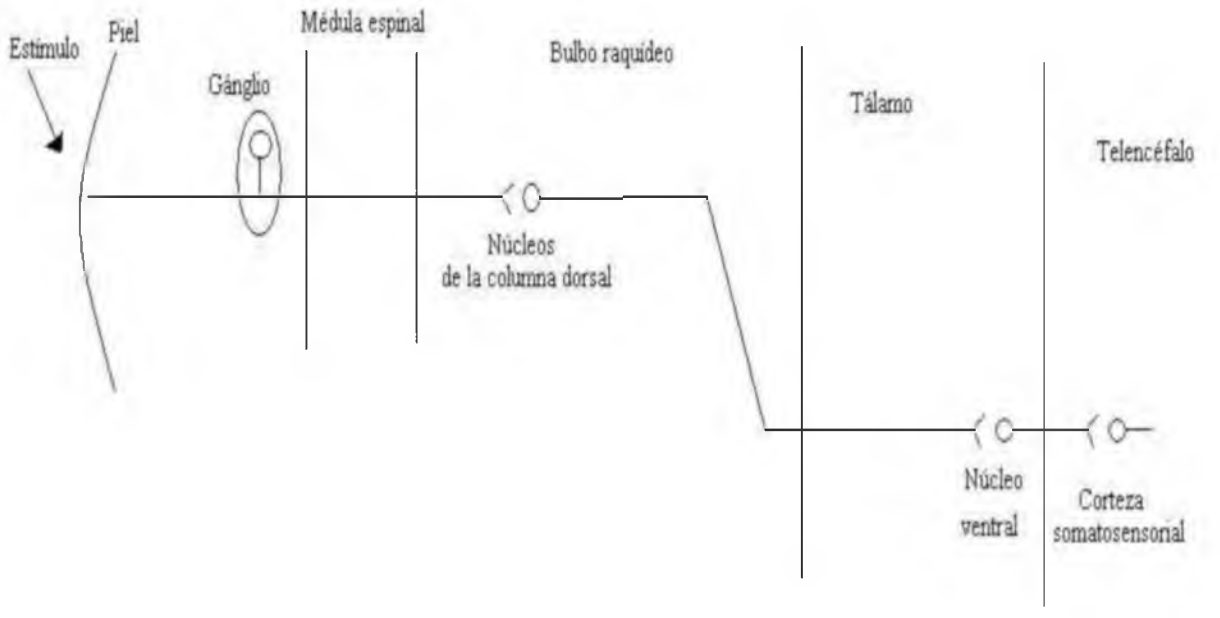
2) Los campos receptores suelen mostrar solapamiento. Por lo que hay una región en la que cuando le llega un estímulo, activa a los dos receptores. Sirve para indicar la zona de procedencia.

3) A lo largo del campo de recepción hay una graduación de la respuesta o de la sensibilidad del receptor. El campo receptor esta graduado en zonas. Si se activa por ejemplo la zona 1, se obtiene una respuesta (x potenciales de acción por segundo). Las otras zonas tienen respuestas distintas. La graduación se produce desde la zona de mayor respuesta hasta el resto de menor respuesta. Por lo tanto la sensibilidad no es homogénea dentro del propio campo.

3.3.2.1. Vías centrales para la somestesia:

Existen dos rutas para reconocer la sensación táctil:

ILUSTRACIÓN Nº 1 Ruta del tacto fino



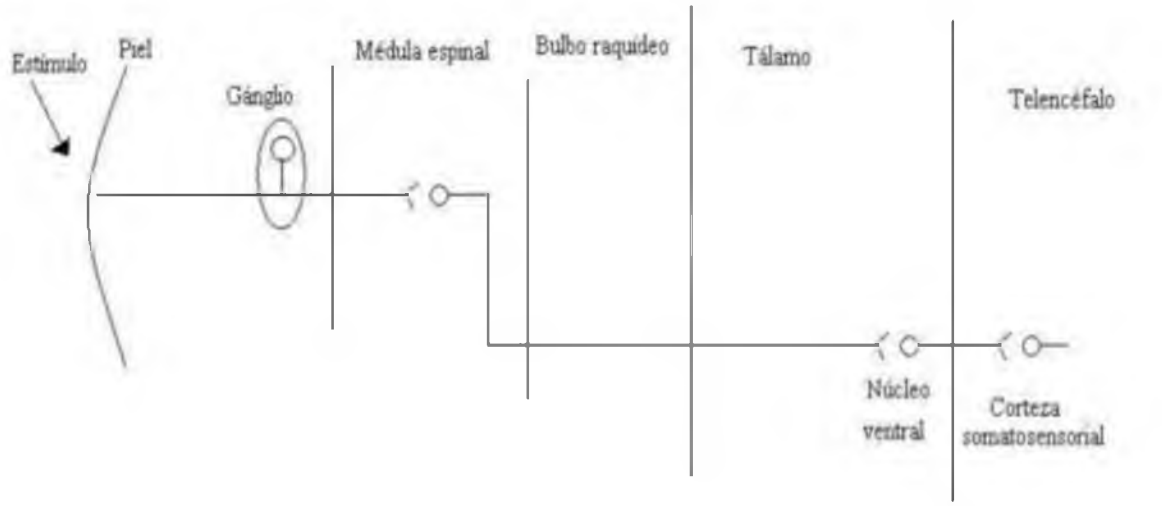
Modificado por: Adriana Oleas

El estímulo llega a una región derecha del cuerpo y se transmite la información pasando por la médula espinal. Al llegar al bulbo raquídeo la neurona que transporta la

información hace "relevo" y la pasa a otra. De la tarea de pasar la información se encargan los núcleos de la columna dorsal. En el tálamo la información viaja al lado izquierdo del cerebro y se vuelve a pasar el relevo, esta vez en el núcleo ventral. Ya en el telencéfalo y concretamente en la corteza somatosensorial, se integra la información.

1) Ruta del tacto grueso.

ILUSTRACIÓN Nº 2 Ruta de tacto grueso



Modificado por: Adriana Oleas

Cuando el estímulo llega a un receptor de la derecha, la información viaja hasta la médula espinal, donde se releva a otra neurona y se cambia el circuito hacia la zona izquierda del cerebro. Desde allí la información viaja directamente hasta el tálamo donde vuelve a hacerse relevo. Ya en el telencéfalo se procesa la información en la corteza somatosensorial.

3.3.2.2. Procesamiento central de la entrada somestésica:

Obedece a un código de línea marcado. Es decir que se activan las rutas anteriores desde el receptor a la corteza somatosensorial primaria. El campo sensorial también se identifica mediante un código de línea marcada. Esto se conoce como

representación somatotópica. Cuando recibe un estímulo no se activa toda la corteza, sino la parte que procesa el campo sensorial determinado.

Además la reproducción somatotópica es desproporcionada. Esto quiere decir que regiones pequeñas como las manos y la cara, ocupan grandes regiones en la corteza para ser procesadas. En general, regiones con pequeñas campos respectivos, ocupan grandes regiones de la corteza.

3.3.3. Teoría de la barrera del dolor:

Cuando te haces algún tipo de daño (dolor) se tiende a lamer o acariciar la zona de dolor. Esto se debe a que la ruta de dolor y tacto comparten la misma vía. Al activar receptores del tacto se inhiben las vías nociceptivas. En esta base se asienta la acupuntura.

Los **mecanorreceptores** del tipo I consisten de corpúsculos globulares finamente encapsulados que se localizan en la capa externa de las cápsulas fibrosas; cada corpúsculo globular es derivado de una fibra mielinizada del grupo II que se encuentran en mayor escala en las juntas proximales (cadera) que en las juntas más distales (tobillos).

Son caracterizados como receptores de umbral bajo, de adaptación lenta; así responden a los estrés mecánicos muy pequeños, y aun cuando la junta articular está inmóvil una proporción de estos receptores está siempre activa.

Los receptores articulares del tipo II

El **receptor del tipo II** consiste de corpúsculos mayores espesamente encapsulados de forma cónica y localizados en la cápsula articular fibrosa en capas subsinoviales profundas; también están más localizados en mayor densidad en las juntas articulares más distales que en las juntas más proximales.

Así como los **receptores del tipo I,** los **receptores del tipo II** tienen un umbral bajo, sin embargo se adaptan más rápidamente y no calientan en reposo siendo inactivos en las juntas inmóviles; también son conocidos como mecanorreceptores de aceleración o dinámicos tienen como principal función medir los cambios rápidos en el movimiento, como la aceleración y desaceleración.

Los receptores articulares del tipo III

El **receptor articular del tipo III** son corpúsculos finamente encapsulados, confinados a los ligamentos intrínsecos (dentro de la cápsula articular) y extrínsecos (fuera de la cápsula articular) de muchas juntas articulares.

Son los mayores de los corpúsculos articulares y se comportan como los órganos tendinosos de Golgi, actuando como mecanorreceptores de alto umbral que se adaptan lentamente. Son completamente inactivos en las juntas inmóviles y responden solamente cuando altas tensiones son generadas en los ligamentos de cada unión articular.

Los receptores articulares del tipo IV

Las **extremidades nerviosas del tipo IV** son desencapsuladas, por lo tanto son subdivididas en dos tipos; el **receptor del tipo IVa** está representada por los plexos en forma de braguero, que son encontrados en grandes cavidades articulares y por todo el espesor de la cápsula articular; sin embargo no está presente en el tejido sinovial, menisco intraarticular y el cartílago articular, mientras los **receptores del tipo IVb** son extremidades nerviosas libres, son escasos y anchamente confinados a los ligamentos intrínsecos y extrínsecos.

Ambos tipos de receptores **IVa e IVb** constituyen el sistema receptor de dolor de los tejidos articulares, llamados nociceptores; cuando ocurre una acentuada deformación mecánica o irritación química como por ejemplo en presencia de ácido láctico, iones de potasio e histaminas, o en situaciones de isquemia (falta de sangre) e hipoxia (falta de oxígeno).

3.3.4. Sensibilidad Propioceptiva

La sensibilidad propioceptiva es extraordinariamente importante en la vida del hombre. Ella participa en dos sentidos, conscientes ambos, y que son fundamentales: 1) Sentido del equilibrio; 2) Sentido kinestésico (percepción del movimiento de los segmentos y de la posición en el espacio). En colaboración con la vista, la sensibilidad propioceptiva tiene vital importancia en la coordinación del movimiento: acción de músculos agonistas antagonistas, sinérgicos y fijadores, de modo tal que la resultante final sea un desplazamiento del cuerpo, o de una extremidad con las siguientes características:

1. Recorrido exacto de modo que no falte, ni sobre distancia, según el objetivo deseado (eumetría). El error se llama dismetría.

2. Perfecta relación de trabajo entre músculos antagonistas, cuando ellos deben trabajar alternadamente; por ejemplo, flexiones y extensiones. Esta forma de coordinación se llama "diadococinesia" o "diadocokinesia". La incoordinación de este tipo de acción muscular se denomina "adiadococinesia" (del griego: a = sin, diadoco = sucesivos, cinesia =movimientos).

3. Ausencia del temblor kinésico, tanto al inicio del movimiento, como a su término.

4. Ejecución de la acción pedida, o deseada, sin descomponerla en sus movimientos simples. Por ejemplo, si se pide elevar el brazo al frente (flexión) y tomar un objeto, lo normal es ir levantando el segmento y al mismo tiempo la mano debe ir abriéndose, preparándose para la acción de aprehensión. Lo anormal es descomponer el gesto de modo que primero se efectúa una acción y cuando ella ha terminado, recién se hace la otra. A la anormalidad se le llama "braditelekinesia".

5. Efectuar las diferentes contracciones musculares, siguiendo un orden, de modo que no hayan movimientos parásitos, innecesarios, que perturben el resultado final. Cuando se produce este error se llama "asinergia".

La propiocepción se nos hace consciente a través de dos sentidos: Sentido Kinestésico, y Sentido del Equilibrio.

1. Sentido Kinestésico:

Analizaremos primero sus receptores y luego sus vías aferentes y estaciones de relevo en su camino a la corteza.

- Receptores:

a) Husos neuromusculares están ubicados en toda la masa de los músculos estriados. Finos filamentos tendinosos nacen desde sus polos y llegan hasta el tendón. Están dispuestos en paralelo a las fibras musculares normales. Miden de 4 a 7 mm. De largo por 80 a 200 p de ancho. Hay dos tipos de husos:

- Constituidos por fibras musculares de diámetro corriente, presentando en la parte central un saco, circunscrito por una cápsula, dentro de la cual se observan numerosos núcleos sarcoplásmico. Las miofibrillas al pasar a través de este saco desaparecen como tales, haciéndose discontinuas. Las fibras sensitivas mielinizadas de gran diámetro (tipo Ia) se enrollan a nivel de este saco central. Sus estímulos van a la médula y se dirigen al asta anterior, haciendo sinapsis directamente con las neuronas motoras extráfusales (motoneuronas alfa). A este tipo de inervación del huso se le llama "ánulo-espiral". Al huso neuromuscular también llega otro tipo de inervación sensorial, que se enrolla en los extremos de las fibras musculares intrafusales. Se les llama inervación "en rama", o en "flor de regadera". Son fibras de mediano calibre mielínicas (tipo II) y también fibras amielínicas (tipo C). Ellas se dirigen al asta posterior de la médula, terminando en las columnas de Charke y de allí en articulaciones polisinápticas van a las astas anteriores de la médula. Finalmente llegan al huso fibras eferentes motoras tipo alfa, beta y principalmente gamma, procedentes del asta anterior de la médula.

- El segundo tipo de huso no presenta el Saco Central. La fibra muscular tiene sus numerosos núcleos en forma de cadena. A él llegan fibras sensitivas tipo II y también la que se enrolla en los extremos de las fibras musculares en rama. Son inervadas por motoneuronas gamma.

Ambos tipos histológicos de husos neuromusculares, a menudo reunidos en una sola unidad propioceptiva, se encuentran en una proporción de dos fibras en saco por 3 a 5 en cadena.

Estos receptores envían de 5 a 10 estímulos por segundo en el reposo muscular. En las elongaciones máximas pueden enviar hasta 500 estímulos por segundo.

El huso responde estimulándose (despolarización de la terminación sensitiva) cuando el músculo en el que se encuentra es estirado pasivamente. También responde cuando, por control del circuito medular gamma, las fibras musculares intrafusales son contraídas, lo cual desencadena un estímulo en el aparato ánulo-espiral, que viaja a la medula, penetra por sus astas posteriores y allí hace sinapsis con las neuronas motoras alfa y beta extrafusales del propio músculo del cual procede el estímulo, como también de sus sinérgicos, facilitando su acción.

El control incesante ejercido por niveles medulares y supramedulares sobre el circuito gamma y por consiguiente sobre el huso neuromuscular tiene como resultante final la regulación del tono y la postura, lo cual asegura una integración en la dinámica general de funcionamiento del sistema nervioso.

El huso neuromuscular, como receptor sensorial, junto a los otros propioceptores que se analizarán en las páginas siguientes, nos permiten tener conciencia del nivel de tensión y relajación en que se encuentran nuestros músculos, la posición (longitud) de los segmentos corporales y los desplazamientos (velocidad) que ocurren en ellos.

ILUSTRACIÓN N° 3 Huso Neuromuscular

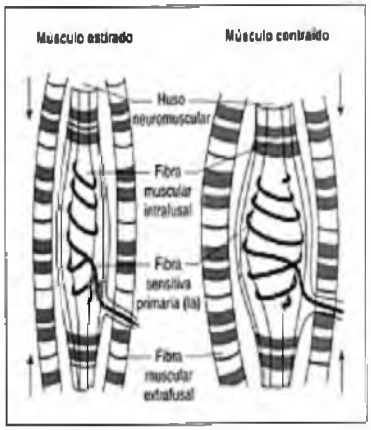
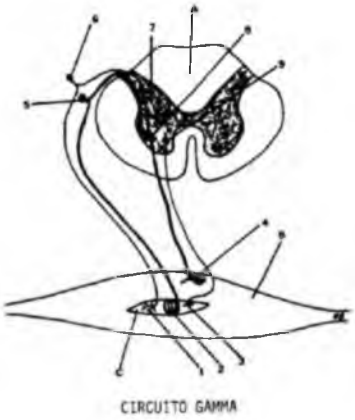


Fig. 2. *Huso neuromuscular.*

Fuente:(Macías, 2003)
Modificado por: Adriana Oleas

ILUSTRACIÓN N° 4 Circuito Gamma



Modificado por: Adriana Oleas

A. Médula espinal; B. Músculo estriado; C. Huso neuromuscular

1. Terminación sensorial en rama (umbral más alto); 2.Terminación sensorial ánulo-espiral (umbral más bajo); 3.placa motora Intrafusal; 4. Placa motora extrafusal; 5.Neurona sensorial alfa; 6. Neurona sensorial de media no o fino calibre; 7. Columna de Clarke; 8. Motoneurona alfa, extrafusal; 9. Motoneurona gama, Intrafusal.

Se han determinado dos tipos de respuestas del huso: estáticas y dinámicas.

- Estáticas: Es la descarga aferente, a longitud constante del músculo en que está ubicado el huso. Es directamente proporcional a la longitud del músculo. Las fibras de tipo Ia y II descargan con este tipo de estímulo.

- Dinámicas: Produce descarga durante la distensión muscular. Hay husos que responden aumentando el número de descargas, cuanto mayor sea la velocidad de estiramiento. En cambio hay otros que responden al estiramiento de modo gradual, no importando la velocidad, sino solamente la longitud de tal estiramiento. Sólo las fibras Ia dan respuesta dinámica, o sea, sensibles a la velocidad. Las fibras II no dan este tipo de respuesta, o lo hacen en pequeñísima proporción. Las fibras II son particularmente sensibles a la longitud muscular. Durante la contracción muscular voluntaria, el huso también contrae las fibras intrafusales, lo cual permite: a) mantener "sintonizado" el huso; b) además las fibras Ia continúan su aporte a la descarga neuronal esqueleto motora, reforzando así la contracción voluntaria. Es importante que el huso se mantenga en "sintonía", porque envía información al SNC que es utilizada para valorar la calidad de la contracción que se está produciendo. En la contracción voluntaria, tanto las fibras extrafusales como las intrafusales, son activadas simultáneamente, ya sea en una contracción rápida o lenta. b) Órganos tendinosos de Golgi (a *órgano terminal músculo - tendinoso):* También son receptores de tensión. Se encuentran ubicados, como lo dice su nombre, en los tendones, hacia la unión con el músculo. Están inervados por una gruesa fibra mielínica tipo Ib que envuelve a varias fibras tendinosas, además de varias no mielinizadas. Una cápsula conjuntiva rodea a este conjunto neurotendinoso de 700 p de largo por 200 p de grosor.

El órgano tendinoso de Golgi (OTG) está ubicado "en serie" con respecto al músculo y tendón. Es sensible a la tensión.

Presenta más bajo umbral a la contracción muscular que a la elongación pasiva del músculo, dado que en el estiramiento la fibra muscular también se estira, lo cual absorbe parte de la fuerza extensora.

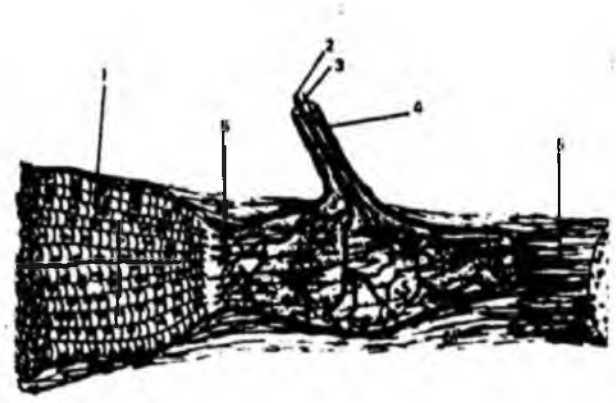
El OTG tiene distinta sensibilidad, según el tipo de contracción:

a) En la isométrica recibe el máximo de tensión, por cuanto las fibras musculares tienden a acortarse, traccionando los OTG; por otra parte el tendón muscular también se tensa debido a la resistencia, que se equilibra con la potencia del músculo.

b) En la contracción isotónica, al haber acortamiento de las fibras musculares y desplazamiento del tendón, la tensión sobre el OTG es menor y por consiguiente no es tan estimulado.

El OTG es sensible a la tensión estática, como a la tensión dinámica.

ILUSTRACIÓN Nº 5 Órgano tendinoso de Golgi



ÓRGANO TENDINOSO DE GOLGI

Modificado por: Adriana Oleas

1. Fibras musculares estriadas; 2. Fibra sensorial gruesa mielínica; 3. Fibra sensoria T fina; 4. Vaina de Henle; 5. Terminación en tendón del músculo estriado.

Los estímulos del OTG son polisinápticos, e inhiben al propio músculo, como a sus sinérgicos; a la inversa, facilitan a los antagonistas. Los reflejos que desencadenan los OTG son menos localizados que los estímulos procedentes de los husos neuromusculares, porque comprometen a la musculatura sinergista y antagonista que no

guarda una relación de trabajo muy estrecha con el músculo de donde procede el estímulo.

Receptores articulares junto a los receptores musculares (huso y órgano tendinoso de Golgi) participan en el sentido kinestésico otros receptores.

En las articulaciones existen receptores en la cápsula y en los ligamentos. Los corpúsculos de Pacini (mecanorreceptores) detectan desplazamiento, aceleración y vibración. Su respuesta es breve. Son trasmitidos por fibras de tipo Alfa.

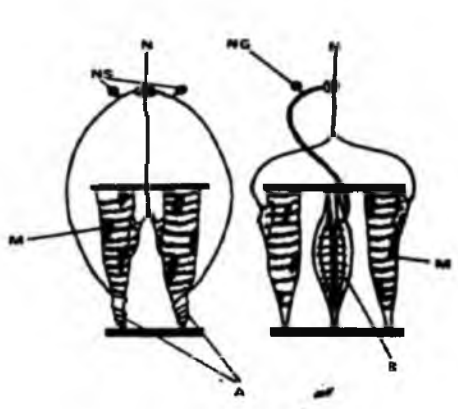
En las articulaciones también hay receptores que captan solamente la velocidad, lenta o rápida, especialmente cuando se parte desde la posición de reposo.

En las articulaciones también existen receptores que, en ausencia de movimiento, captan la posición articular. Algunos autores los describen como terminaciones del tipo Ruffini, ubicados en la cápsula y otros de tipo Golgi, insertos en los ligamentos.

En general los receptores articulares empiezan a adaptarse luego de 2 a 3 minutos.

Participan también en el sentido de posición y movimiento articular, con los músculos y sus husos neuromusculares. Además, de algún modo, los receptores táctiles de la piel periarticular juegan un papel que contribuye a rellenar la Información.

ILUSTRACIÓN Nº 6 Esquema de inervación y arco reflejo propioceptivo



Modificado por: Adriana Oleas

A. Órgano tendinoso de Golgi; .B. Huso neuromuscular; N. Neurona motora/del asta anterior de la médula (tipo alfa); NG. Neurona motora gama, que inerva las: fibras

intrafusales; M. Fibra muscular estriada; NS. Neurona sensorial, que inerva al receptor de Golgi (Según Fulton).

Dado que los corpúsculos de Pacini son el principal tipo de receptor nos referiremos a ellos un poco más extensamente.

Los corpúsculos de Pacini se estimulan con la presión sobre su masa. Se encuentran en las capas profundas de la dermis; en el tejido subcutáneo, especialmente en la palma de la mano y planta del pie; en los tendones, cerca de la inserción ósea; sobre la aponeurosis y en el periostio; sobre las superficies articulares; en las pleuras y peritoneo. Tienen una forma ovoidal como puede observarse en la ilustración 7.

ILUSTRACIÓN Nº 7 Corpúsculo de Pacini



Fuente: Martignoni, 2011
Modificado por: Adriana Oleas

El corpúsculo solamente es un medio para trasmitir el impulso a la terminación dendrítica de la neurona sensitiva, ubicada en los ganglios paravertebrales.

El agente excitante es la masa, de igual modo que en el huso y los órganos tendinosos de Golgi. Esta presión de la masa puede proceder del exterior, que actúa a través de la piel, o de los propios tejidos interiores, al producirse desplazamiento de ellos, debido a los cambios de postura y/o movimiento de los segmentos.

3.4. Vías neurales de los aferentes periféricos

Saber el grado en que se emplea la información sensitiva articular y musculo tendinosa requiere un análisis de las vías reflejas y corticales empleadas por los aferentes periféricos. Señales codificadas sobre el movimiento y posición articulares se

transmiten de los receptores periféricos, a través de las vías aferentes, hasta el SNC. (Freeman, 1966).

Dentro de la medula espinal, interneuronas aportan numerosas conexiones (sinapsis) para que la misma información se trasmita a lo largo de variedad de distintas vías. Las vías ascendentes a la corteza cerebral aportan una apreciación consciente de la propiocepción y la cinestesia. Dos vías reflejas acoplan los receptores articulares con los nervios motores y los receptores musculo tendinosos de la medula espinal. Una tercera vía refleja monosináptica conecta directamente los husos musculares con los nervios motores. (Eccles, 1959).

La información sensitiva de la periferia es utilizada por la corteza cerebral para la percepción somatosensitiva y el control neuromuscular preparatorio, mientras que el equilibrio y el control ortostático se procesan en el tronco encefálico. En el equilibrio influye el mismo mecanismo aferente periférico que media en la propiocepción articular y depende parcialmente de la capacidad inherente para integrar la percepción de la postura articular, la visión y el aparato vestibular con el control neuromuscular. Así, el equilibrio se usa con frecuencia para medir la estabilidad articular funcional, y puede haber déficits por aberraciones en el bucle de retroalimentación aferente de la extremidad inferior.

Las sinapsis a nivel medular conectan fibras aferentes de los receptores articulares y musculotendinosos con nervios motores eferentes, constituyendo bucles reflejos entre la información sensitiva y las respuestas motrices. Esta conexión neuromotriz refleja contribuye a la estabilidad dinámica al utilizar la retroalimentación para la activación muscular refleja. (Branch, 1989)

Las interneuronas de la médula espinal también conectan los receptores articulares y los OTG con grandes nervios motores que inervan músculos y con nervios motores y que inervan husos musculares. Johannson afirma que las vías aferentes articulares no ejercen tanta influencia directa sobre las motoneuronas esqueléticas como antes se creía, sino que tienen efectos más frecuentes y potentes sobre los husos musculares. Los husos musculares, a su vez, regulan la activación muscular mediante el reflejo de estiramiento mono sináptico. Así, los aferentes articulares ejercen cierta influencia sobre los grandes nervios motores esqueléticos así como sobre los receptores musculotendinosos, a través de los nervios motores. (Johansson, 1991).

3.5. Control neuromuscular preparatorio y reactivo

La respuesta eferente de los músculos que transforma la información neural en energía física se denomina control neuromuscular. (Jonsson, 1989) Las ideas tradicionales sobre el procesamiento de señales aferentes en respuestas eferentes para la estabilización dinámica se basaban en las vías de control neuromuscular preparatorio y reactivo. La teoría preactiva sugiere que la retroalimentación sensitiva previa (la experiencia) sobre la tarea se utiliza para preprogramar los patrones de activación muscular. Este proceso se describe como control neuromuscular preparatorio. (Dyhre-Poulsen, 1991) El control motor preparatorio utiliza basada en la experiencia adelantada información sobre una tarea, para preprogramar la actividad muscular. Estas órdenes motrices generadas centralmente son responsables de la actividad muscular preparatoria y de los movimientos de gran velocidad. (Kandell, 1996)

La actividad muscular preparatoria ejerce varias funciones que contribuyen al sistema de anclaje dinámico. Al aumentar los niveles de activación muscular, se incrementa la rigidez de toda la unidad musculotendinosa. Este aumento de la actividad y rigidez musculares puede mejorar drásticamente la sensibilidad al estiramiento del sistema de husos musculares al tiempo que reduce el retardo electromecánico necesario para desarrollar tensión muscular.

Los estudios clínicos también han demostrado que el reflejo de estiramiento puede aumentar de una hasta tres veces la rigidez muscular. El incremento de la rigidez y la sensibilidad al estiramiento podría mejorar la capacidad de reacción del musculo al aportar retroalimentación sensitiva adicional y superponer reflejos de estiramiento a las ordenes motrices descendentes (Johansson, 1991).

Si la rigidez muscular aumenta la sensibilidad al estiramiento o reduce el retardo electromecánico, parece ser crucial para el anclaje dinámico y la estabilidad funcional. Así, los músculos preactivados permiten una rápida compensación ante cargas externas y son críticos para la estabilidad articular dinámica.

Entonces, la información sensitiva se emplea para evaluar los resultados y preparar futuras estrategias de activación muscular. (Dietz, 1981)

La información de los receptores articulares y musculares coordina de forma refleja la actividad muscular hasta el cumplimiento de un atarea. Este proceso reactivo puede causar largos retrasos de la conducción y está mejor equipado para mantener la postura y regular los movimientos lentos. La eficacia de la estabilización dinámica con mediación refleja esta, por tanto, relacionada con la velocidad y magnitud de las alteraciones articulares.

El control neuromuscular preparatorio y reactivo mejora la estabilidad dinámica si se estimulan con frecuencia las vías motrices y sensitivas. (Hodgson, 1994) Cada vez que una señal recorre una secuencia de sinapsis, las sinapsis son más capaces de transmitir la misma señal. Cuando se facilitan estas vías con regularidad, se crea un recuerdo de esa señal que se puede evocar para programar futuros movimientos. Así, la frecuencia de la facilitación mejora la memoria sobre tareas para el control motor preprogramado y las vías reflejas para el control neuromuscular reactivo. Así, el ejercicio de rehabilitación se debe ejecutar con precisión técnica, repeticiones y una progresión controlada para que ocurran estas adaptaciones fisiológicas y mejore el control neuromuscular.

3.6. Características neuromusculares

3.6.1. Receptores aferentes periféricos

La base del control neuromuscular preparatorio y reactivo se sustenta en el movimiento, la posición y la fuerza. Esta información alterada de los nervios aferentes periféricos puede interrumpir el control motor y la estabilidad funcional. Los ejercicios en cadena cinética cerrada crean cargas axiales que estimulan al máximo los receptores articulares, mientras que los receptores musculotendinosos son excitados por cambios de longitud y tensión.

Las actividades en cadena abierta tal vez requieren una percepción más consciente de la postura de las extremidades debido al segmento distal que se mueve con libertad. Esta ejecución de ejercicios se puede usar como un estímulo de entrenamiento (Wilk, 1996). La participación deportiva crónica también mejora la agudeza propioceptiva y cenestésica mediante la facilitación repetida de las vías aferentes de los receptores periféricos. Los deportistas muy en forma perciben mejor la cinestesia articular y reproducen con más precisión la posición de las extremidades que los controles sedentarios. Si se trata de una anomalía congénita o de una adaptación al entrenamiento,

la mayor percepción del movimiento y postura articulares mejorara el control neuromuscular reactivo.

3.6.2. Rigidez muscular

Es evidente que cumple un papel significativo en el anclaje dinámico preparatorio y reactivo al ofrecer resistencia y absorber cargas articulares. (Mair, 1996) En los estudios de Bulbulian y Pousson han establecido que la carga excéntrica aumenta el tono y rigidez musculares. La sobrecarga crónica de la unidad musculotendinosa puede derivar en proliferación del tejido conjuntivo, desensibilizando los OTG y aumentando la actividad de los husos musculares. Estos procesos influyen en los componentes tendinoso y neuromuscular de la rigidez.

Las técnicas de entrenamiento consistentes en cargas bajas y muchas repeticiones provocan adaptaciones del tejido conjuntivo similares a las que derivan del entrenamiento excéntrico. Sin embargo, el aumento de la rigidez muscular por esta técnica de rehabilitación se puede atribuir a la transición entre tipos de fibra. El ciclo de los puentes cruzados de las fibras de contracción lenta es más largo y estas pueden mantener las prolongadas contracciones de baja intensidad necesarias para el control ortostatico.

El análisis de Kyrolaninen de deportistas con entrenamiento de potencia y fondo concluyo que la rigidez muscular era mayor en los deportistas que entrenaron su potencia debido a que el inicio de la preactivación muscular (EMG) fue más rápido y mayor antes de la carga articular. (Kyrolaninen, 1995).

3.6.3. Activación muscular refleja

Distintos modos de entrenamiento también provocan adaptaciones neuromusculares que podrían responder de las discrepancias en los períodos de latencia refleja entre deportistas entrenados en potencia y en fondo. Los velocistas y deportistas de deportes de potencia muestran respuestas reflejas más vigorosas (percusión con martillo sobre el tendón) respecto a controles sedentarios y con entrenamiento de fondo, (McComas, 1994) sugiere que el entrenamiento de la fuerza aumenta los impulsos descendentes (corticales) a los grandes nervios motores del musculo esquelético y las pequeñas fibras eferentes a los husos musculares, lo cual se denomina coactivación alfa-gamma.

El incremento de la tensión muscular y los impulsos eferentes a los husos musculares aumenta la sensibilidad al estiramiento con lo cual se reducen las latencias reflejas. (Hutton, 1992) Melvill-Jones, 1971 sugiere que los reflejos de estiramiento se superponen a la actividad muscular pre-programada de los centros superiores, lo cual demuestra el uso concurrente del control neuromuscular preparatorio y reactivo para regular la rigidez muscular. Así la activación muscular preparatoria y reactiva podría mejorar la estabilidad y la función dinámica si la rigidez muscular mejora en una articulación reconstruida o con una insuficiencia mecánica.

Beard & Wojtyes sugieren que el entrenamiento de la agilidad en las extremidades inferiores genera tiempos de reacción muscular más deseables en comparación con el entrenamiento de la fuerza. Esta investigación tiene implicaciones significativas para el restablecimiento de la capacidad reactiva del sistema de anclaje dinámico. Reducir el retardo electromecánico entre la activación muscular de protección y la carga y la carga articular puede mejorar la estabilidad y función dinámicas.

3.6.4. Activación muscular discriminativa

Además de la activación muscular reactiva, el control inconsciente de la actividad muscular es crítico para la coordinación y equilibrio de las fuerzas articulares. Esto es más evidente en los pares de fuerza descritos para el complejo del hombro. Restablecer los pares de fuerza del agonista y antagonistas podría requerir en principio actividad muscular consciente y discriminativa antes de recuperar el control inconsciente.

El entrenamiento de la biorretroacción aporta retroalimentación sensitiva instantánea sobre las contracciones de músculos específicos y ayuda a los deportistas a corregir errores alterando o redistribuyendo conscientemente la actividad muscular. El objetivo del entrenamiento de la biorretroacción es recuperar el control de los músculos voluntarios y favorecer patrones motores funcionalmente específicos para terminar convirtiendo esos patrones de control consciente en inconsciente. (Glaros, 1990)

3.7. Flexibilidad Articular

Los primeros indicios relacionados con las actitudes de extensión muscular o flexibilidad se pueden datar hacia el año 2500 a. C. En esta época encontramos pinturas funerarias de las tumbas de Beni Hasan, en el antiguo Egipto, aparecen aquí unos

dibujos donde se observan ejercicios individuales y en parejas. Posteriormente en unas estatuillas en Bangkok, hace más de 200 años, se muestran posturas de esta cualidad.

En Oriente donde aparece el Yoga, existen otras disciplinas también de antigüedad milenaria, como el *Diong y el Tai-ji-gan,* las cuales utilizan técnicas de estiramiento similares a las que conocemos en la actualidad.

En Occidente, durante la época romana, existía un grupo de contorsionistas, que realizaban prácticas del desarrollo de la flexibilidad llevando a sus máximos límites y consecuencias. Estos ejercicios se exhibían a modo de espectáculo en fiestas y reuniones de aquella época.

Ya en nuestra cultura occidental, las primeras referencias manifiestan sobre el tema de la flexibilidad, como aquellas que introducen movimientos gimnásticos, preocupados especialmente por la educación física y el desarrollo armónico del cuerpo. El precursor de estas ideas, dentro de la escuela Sueca, (P.H.Ling, 1776-1839), el cual utiliza ejercicios de movilidad articular para corregir posibles defectos en la actitud postural.

> Los seguidores de esta escuela entre otros fueron su hijo (C.Norlander, 1839), quienes utilizaron ejercicios individuales y por parejas insistiendo de nuevo en desarrollar la corrección de la actitud y el tono postural, afectados principalmente por sedentarismo de esta época, al mismo tiempo tratan de evitar las tensiones psicofísicas buscando mejorar la relajación, tanto física como mental. La técnica que se utilizaba para la ejecución de estos ejercicios, llamada gimnasia de posiciones, consistía en participación de lo que ellos llamaban “apoyos animados”, los cuales se realizaban a través de grandes tracciones repetitivas a modo de rebote, hasta el punto de dolor. En la actualidad a esta técnica se la conoce como balística.

A principios del siglo XX, Niels Buck nos aporta un mayor dinamismo en los ejercicios, con los que llega a situaciones extremas de movimiento. Estos presentaban una gran preocupación por aumentar la movilidad articular diferenciándolos específicamente de otros en los que interviene la coordinación, la fuerza y la velocidad. Su método de elongaciones o insistencias consistía en movimientos rítmicos suaves y repetidos. Estos se realizaban al final del recorrido articular, con la finalidad de ampliar el mismo dentro de los límites articulares normales. En general, su gimnasia ofrecía una

mayor riqueza de posibilidades para mejorar la movilidad articular y la elasticidad muscular.

Unos años más tarde, Heinrich Medeau y su escuela de Berlín son difusores de un tipo de gimnasia pasiva o estática, cercana a las "asanas" (posturas) yoquicas, en las que se utilizan el control de la actitud respiratoria y la relajación mental concediéndoles un valor modelador postural.

En E.E.U.U., a mediados de nuestro siglo, algunos neurofisiologos y fisioterapeutas desarrollan métodos para mejorar la capacidad de movimiento en determinadas articulaciones. Uno de los máximos exponentes de estas aportaciones fue *Kabat,* que junto con otros como *Levine y Robath* introdujeron la técnica de contracción-relajación denominada Facilitación Propioceptiva Neuromuscular (FNP). En este conocimiento se basan las técnicas actuales que se conocen con el nombre de *Stretching.*

En (Holt, 1971), incorpora el FNP en el acondicionamiento físico y prevención de lesiones de los deportistas. Y *J.P. Moreau* paralelamente en Francia, crea su propia escuela utilizando una técnica similar, a la que le da nombre de *Stretching postural.*

Actualmente en E.E.U.U, El pionero del *stretching* es Bob Anderson, quien en busca de la relajación y la libertad de movimiento utiliza la práctica de los movimientos pasivos manteniéndolos de 10 a 60 segundos.

Finalmente, cabe destacar la labor de la escuela sueca con *Sven Solveborn y Jaen Ekstrand,* quienes han realizado grandes investigaciones que difunden la utilización profiláctica del *stretching*, basado en la técnica de contracción-relajación- estiramiento.

Estas últimas concepciones se oponen radicalmente a los ejercicios gimnásticos tradicionales heredados de la escuela sueca, ya que defienden la salvanguardia de lo que son actualmente las técnicas de *stretching* muy suaves y relajantes evitando dolores o estiramientos desagradables.

3.7.1. Concepto

La flexibilidad se define como la capacidad para desplazar una articulación o una serie de articulaciones a través de una amplitud de movimiento completo, sin

restricciones ni dolor, influenciada por músculos, tendones, ligamentos, estructuras óseas, tejido graso, piel y tejido conectivo asociado (Herbert, Rusell, & Thacker, 2004).

De acuerdo a (Santo, 2001), la flexibilidad es la capacidad psicomotora responsable de la reducción y minimización de todos los tipos de resistencias que las estructuras neuro-mio-articulares de fijación y estabilización ofrecen al intento de ejecución voluntaria de movimientos de amplitud angular optima, producidos tanto por la acción de agentes endógenos (contracción del grupo muscular antagonista) como exógenos (propio peso corporal, compañero, sobrecarga, inercia, otros implementos, etc.)

La flexibilidad es considerada entonces como una cualidad física importante, sin embargo no es planificada de la misma manera en los entrenamientos, ni en la competición, asumiendo pocos que quizás sea la cualidad más importante a la hora de su trabajo diario. Se configura como un elemento esencial para salvaguardar la integridad de los diferentes núcleos articulares y estructuras musculares, así como en algunos deportes, se considera un factor determinante del rendimiento (Pilar, 1998).

Por lo tanto una buena flexibilidad permite que la ejecución de los gestos deportivos se realice de manera más económica retrasando la aparición de la fatiga y permite la aplicación de la fuerza mediante un impulso de recorrido más largo evitando así lesiones musculares, ligamentosas. A mayor flexibilidad, mayor capacidad de contracción del músculo. La incidencia de la flexibilidad se ve reflejada en el mejor transporte de energía, aumentando de esta forma su capacidad mecánica. Sin embargo hay que tener muy en cuenta cual es el deportista que se va a entrenar a la hora de hacer la planificación, ya que el trabajo de flexibilidad va a ser diferente en función del ámbito deportivo donde nos encontremos, el gesto técnico a realizar y su relevancia a la hora del resultado final así como las vías metabólicas utilizadas por el deportista en la competición y en el entrenamiento.

3.7.1.1. Componentes de la flexibilidad

a. La movilidad articular según: (Weineck, 1988) habla de “movilidad definiéndolo como la capacidad y cualidad que el deportista tiene, para poder ejecutar movimientos de gran amplitud articular por sí mismo, o bajo la influencia de fuerzas externas”.

Ante todo debemos comprender que la movilidad articular es una cualidad “involutiva”, esto significa que nacemos con el máximo grado de movimiento y con el

paso de los años vamos perdiendo dicha capacidad, en mayor o menor medida, dependiendo de factores tales como el sexo, la actividad física, la actividad cotidiana (sedentaria, activa, moderada, etc.), lesiones, enfermedades, accidentes, etc. La movilidad articular representa la posibilidad de mover los segmentos corporales, a través de sus respectivas articulaciones, en su mayor rango de movimiento posible. La carencia de movilidad articular en ciertos músculos produce severos inconvenientes tales como:

- Desviación de la postura.
- Dificultad de los músculos a adaptarse a movimientos explosivos.
- Falta de coordinación.
- Roturas fibrilares ante una exigencia muscular

Entonces la movilidad articular es el grado de movimiento que tiene una articulación. Los límites de esta movilidad suelen ser las estructuras óseas o cartilaginosas, o bien la propia masa corporal. La movilidad articular depende de los tipos de articulaciones y de sus posibilidades de movimiento.

b. La elasticidad muscular es la capacidad del músculo de estirarse al máximo mientras actúa una fuerza externa, y retornando a su forma original cuando cesa la acción de la fuerza.(Garcia, 1996).

Tomamos el ejemplo de una goma elástica. Si generamos una fuerza a ambos lados, la goma se estira, si dejamos de generar fuerza, la goma vuelve a su posición inicial.

El grado de flexibilidad de las fibras musculares permite tener mayor o menor flexibilidad, por lo tanto puede ser un impedimento o un elemento favorecedor en la realización de un movimiento.

c. Plasticidad: Propiedad que poseen algunos componentes de los músculos y articulaciones de tomar formas diversas a las originales por efecto de fuerzas externas y permanecer así después de cesada la fuerza deformante.

d. Maleabilidad: Propiedad de la piel de ser plegada repetidamente con facilidad, retomando su apariencia anterior al retornar a la posición original.

3.7.1.2. Factores que influyen en el desarrollo de la flexibilidad

El hombre es un ser en movimiento y la movilidad humana solo es posible gracias al trabajo articular a través de un sistema de bisagras y palancas que ofrecen varias posibilidades de movimientos por causa de los ligamentos, tendones, huesos, músculos y otras estructuras que componen el sistema musculo-esquelético (Braganca, 2008).

Para poder obtener una buena flexibilidad, las fibras musculares deben tener capacidad para relajarse y extenderse, por lo tanto, esa capacidad depende de las diferentes condiciones externas y del estado del organismo (Braganca M. y., 2008).

La flexibilidad está determinada, en gran medida, por factores de carácter morfofuncional y biomecánico. (Cois, 2001) afirman que los factores fundamentales que influyen en la flexibilidad están vinculados a aspectos morfo funcionales, biomecánicos y metodológicos, asociados estos últimos a la dosificación y a los tipos de ejercicios realizados. Otros autores sostienen hipótesis diferentes, condicionando el desarrollo de la flexibilidad a elementos que determinan la expresión del potencial físico del hombre, como los factores hereditarios, el medio social o el medio natural.

Por lo que se divide en:

3.7.2. Factores intrínsecos

a. La estructura ósea es aquella que restringe el punto fijo del grado de movilidad, en caso de alguna parte de nuestro cuerpo fracturada se deposita excesivo calcio lo cual limita el movimiento. Sin embargo, en muchos casos las articulaciones dependen de prominencias óseas para detener el movimiento en los parámetros normales. (Fernandez, 2006).

b. Proporción corporal, superficie corporal, piel y peso: se han hecho numerosos intentos por relacionar estos factores con la flexibilidad. Lo que se ha aceptado es que la flexibilidad es específica (Dickenson, 1968-1969), es decir depende de la musculatura, de la estructura ósea y del tejido conectivo que rodea la articulación. Este hecho hace que no exista un índice único que mida la flexibilidad del cuerpo.

c. Los músculos y sus tendones junto con las fascias que lo rodean, limitan la amplitud de movimiento. Los tendones y ligamentos ofrecen una resistencia de 10% y 40% respectivamente a los ejercicios de estiramiento.

d. El tejido conectivo que rodea la articulación puede estar sujeto a adherencias y acortamientos patológicos. Los ligamentos y capsulas de esta articulación tienen cierto grado de extensibilidad, la cual pierden cuando la persona esta inmovilizada o adquiere cierto grado de inactividad.

e. El sistema nervioso. De todos los elementos del musculo estriado voluntario, las proteínas contráctiles constituyen un factor de resistencia que condiciona la magnitud y el alcance de la deformación longitudinal que las acciones de extensión ejercen sobre el mismo para que la elongación pueda ejercer un efecto específico sobre este tejido.

3.7.3. Factores extrínsecos

a. Sexo: Por factores fisiológicos las mujeres son más flexibles que los hombres. La mayor producción de estrógenos en las mujeres causa una disminución de la viscosidad de los tejidos. (Ibanez, 1993).

En las extremidades inferiores las mujeres tienden a ser más flexibles, aunque el tobillo demuestra una diferencia por sexo decreciente (Nowak, 1972).

> Aunque las mujeres tienden a presentar una mayor flexión plantar, es bastante común entre ellas, especialmente después de los 40 años, mostrar una reducción gradual de la amplitud del movimiento de la dorsiflexión del tobillo en comparación con los hombres. Esto se asocia seguramente al uso frecuente que las mujeres hacen de los zapatos de tacón en los países occidentales (Alexander, 1982).

En resumen, existe un consenso general de que las mujeres, desde como mínimo el principio de la escuela primaria, son más flexibles que los hombres en todas las articulaciones excepto en la articulación temporomandibular.

b. Edad (Coon, 1975)establecieron unos estándares para bebés de seis semanas de edad y tres y seis meses, basándose en la medición pasiva de los ángulos de las rodillas de más de 40 niños. Vieron que la movilidad de la rodilla era algo mayor en los

bebés de tres y seis meses que en los de seis semanas de edad. (Haas, 1973-1980-1983) estudiaron también la movilidad de los recién nacidos y encontraron que ésta aumenta progresivamente en las extremidades superiores pero se mantiene constante en las extremidades inferiores durante los primeros tres días de vida.

Es interesante ver cómo la flexión plantar del tobillo aumenta gradualmente, mientras que la dorsiflexión disminuye (Hoffer, 1980) también detectó que una limitación de la extensión de la rodilla, que puede ser de 35º al nacer, tiende a desaparecer sólo en las primeras etapas de la marcha durante el segundo año de vida.

Estos datos sugieren la existencia de un patrón específico de movilidad articular en los recién nacidos que, de alguna manera, refleja un patrón de movilización y la típica posición intrauterina. Los datos recopilados con la valoración de la hiperlaxitud ligamentosa muestran que la prevalencia de estas condiciones es bastante estable en la infancia y que decrece rápida y progresivamente en la madurez, pasando de un 50% a menos de un 5%, y desde entonces se estabiliza o baja sutilmente hasta la vejez (Beighton, 1973).

Por lo tanto, cuando uno envejece va decreciendo la flexibilidad. Pero si bien es cierto, trabajando desde el nacimiento la flexibilidad, esta iría decreciendo paulatinamente cuando se llegue a la edad adulta (H.Kim, 2006).

c. Calentamiento muscular previo la temperatura del musculo depende de dos mecanismos: el primero tiene relación con el aumento de la circulación sanguínea y el segundo se relaciona con las reacciones metabólicas catabólicas, lo cual nos permite una mayor flexibilidad.

En los individuos que mueven las articulaciones regularmente, el calentamiento activo, es decir, el realizado por la contracción muscular voluntaria, mejora la flexibilidad, mientras que los agentes físicos que incrementan la temperatura corporal, como los paquetes de calor local o las exposiciones en una sauna, tienden a no ser muy efectivos. Por tanto, antes de realizar una evaluación de la flexibilidad, hay que cuantificar y controlar cuidadosamente la intensidad, la duración y las características de la actividad física previa.

d. Temperatura ambiental cuando nos encontramos en altos niveles de calor tenemos una excelente flexibilidad, también cuando realizamos calentamiento nuestros músculos alcanzan los mayores grados de flexibilidad.

e. Cansancio muscular o fatiga muscular produce una disminución del umbral de sensibilidad de los husos neuromusculares, haciéndolos más excitables frente al estiramiento, dificultando la elongación muscular.

f. Costumbres sociales actividades laborales, sedentarismo, entrenamiento, hábitos posturales, etc., pueden aumentar o disminuir la flexibilidad. Los individuos de los países asiáticos son más flexibles que los habitantes de otros continentes producto de altos consumos en una dieta rica en vegetales y pescado que contiene alto contenido de fósforo y vitaminas (URSS, 1984) en cambio en otro país todos los habitantes adoptan la postura de sentarse en tijera lo que ayuda a una mayor flexibilidad en la articulación coxofemoral.

g. Acciones motrices diarias. Así como el proceso de entrenamiento genera una serie de adaptaciones biológicas, las acciones motrices diarias, muchas de ellas vinculadas a unos estilos de vida determinados o bien a unas costumbres socioculturales instauradas a lo largo de siglos, condicionan el grado de movilidad articular de las personas (Beighton, 1973). Un ejemplo de ello radica en algunos pueblos asiáticos o en los pueblos orientales, cuya peculiar forma de sentarse ha dotado a sus gentes de una movilidad articular a nivel de cadera y rodillas superior al de otras poblaciones (Ahlberg, 1988).

Otro ejemplo de cómo la movilidad articular se ve condicionada mediante determinadas acciones cotidianas es la utilización sistemática de zapatos de tacón para caminar, hecho que puede llegar a provocar una pérdida de movilidad de la articulación del tobillo debido a una reducción de la extensibilidad del tríceps sural (Rodriguez, 2003). Finalmente, la adquisición de determinadas posturas en el propio ámbito laboral, podría llegar a limitar de forma significativa la capacidad funcional de muchas de nuestras articulaciones (Dick, 1980). En este sentido, es una realidad el cada vez más implantado mercado de productos “ergonómicos”, es decir, productos adaptados en su forma y función a una mejor utilización por parte de las personas. Todo con el objetivo de mejorar la calidad de vida en el trabajo.

h. Estados emocionales una persona tensa tendrá menos flexibilidad que otra persona relajada.

i. Hora del día. La Flexibilidad también varía durante el día, con una máxima amplitud de movimiento entre las 10h00 y 11h00, y las 16h00 y las 17h00. Los valores más bajos se localizan a primera hora de la mañana y al anochecer. Estos cambios pueden tener una relación muy directa con las modificaciones biológicas. El cambio de postura al levantarse de la cama hace que disminuya la longitud del cuerpo, al mismo tiempo que incrementa la flexibilidad de la espalda. Es un proceso relacionado con el proceso osmótico del cuerpo. Esta puede ser la razón por la cual nos sentimos más flexibles por la tarde que por la mañana.

3.7.4. Técnicas de estiramiento

La flexibilidad es el grado de movilidad en una articulación o una serie de articulaciones. Esta flexibilidad es importante no solo para el éxito deportivo sino para la prevención de lesiones.

El objetivo de un programa eficaz de flexibilidad es mejorar el grado de movilidad de una articulación dada alterando para ello la extensibilidad de las unidades musculo tendinosas que generan movimiento en esa articulación. Es decir que con el tiempo los ejercicios que estiran estas unidades musculo tendinosas y su fascia aumentan el grado de movilidad posible en una articulación dada.

Estas técnicas han evolucionado con los anos la más antigua son los estiramientos balísticos continuamos con los estiramientos estáticos y finalmente con la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP).

a. **Estiramientos balísticos** es una técnica de rebotes que recurre a la contracción repetida del musculo agonista para generar rápidos estiramientos del antagonista. Estos generan fuerzas muchas veces incontroladas en el musculo, pudiendo así superar los límites de extensibilidad de las fibras musculares, causando pequeños microdesgarros en la unidad musculotendinosa, desarrollo de dolores y molestias. Además no proporcionan una adaptación adecuada de los tejidos frente al estiramiento y lo peor baja el umbral del reflejo de estiramiento.

Sin embargo la mayoría de actividades deportivas son dinámicas y requieren movimientos de tipo balístico. Por ejemplo, en el futbol el deportista da cincuenta patadas a un balón que implica una contracción dinámica repetida del musculo agonista, el cuádriceps. Los antagonistas los isquiotibiales, se contraen excéntricamente para desacelerar el movimiento de la pierna. Por todo esto los estiramientos balísticos deberían ser integrados en un programa de recuperación de la condición física durante los estadios finales de la curación, cuando es apropiado.

b. **Estiramientos estáticos** esta técnica consiste en estirar un musculo específico hasta el punto máximo de su movilidad manteniendo durante cierto tiempo. (Alter, 1996). El tiempo óptimo de duración de este estiramiento varían entre solo 3 segundos hasta 60 segundos.

El estiramiento estático tiene ciertas características en la práctica deportiva como: requiere poco gasto de energía, provoca un aumento del umbral del reflejo de estiramiento en poco tiempo, aumenta la longitud de los músculos de forma permanente, induce una buena relajación muscular antes de la práctica.(Gutierrez, 1995).

c. **Estiramientos activos** esta técnica de entrenamiento procura alargar el músculo hasta la posición de estiramiento, por contracción de su agonista. De dicho modo, en este caso, también se impide el reflejo miotático, ya que tampoco se producen ni balanceos ni rebotes y se busca la máxima extensión muscular con la sola participación de las masas musculares que intervienen, ejemplificándolo de un modo más simple, podemos decir que asumimos una posición de estiramiento y la mantenemos, sin la ayuda de otra cosa que la fuerza de sus músculos agonistas. A diferencia del estiramiento estático pasivo, en este caso no se recibe ayuda de un compañero.

d. **Estiramientos pasivos** el deportista debe estar relajado para que con su fuerza no contribuya en el rango de movilidad de la articulación que se está trabajando. La fuerza externa puede ser suministrada por un compañero, por un aparato o el propio peso del miembro que se está trabajando.

Los estiramientos pasivos se deben realizar cuando los músculos antagonistas disminuyen la flexibilidad, o bien cuando el agonista es demasiado débil. Al estar en estado de relajación tanto agonistas como antagonistas, no hay ningún factor que impida el trabajo del rango de movilidad articular. También hay desventajas en el estiramiento

pasivo cuando se utiliza la fuerza externa ya que no somos dueños de la fuerza aplicada ni del rango de movilidad empleado o se puede desencadenar el reflejo de estiramiento si la velocidad es inadecuada.

3.7.5. Técnicas de FNP

Fueron usadas por los fisioterapeutas por primera vez para tratar a deportistas con diversos trastornos neuromusculares.

La FNP utiliza la mayor cantidad de información posible para lograr una respuesta motora más óptima; para llegar a esta respuesta, utiliza la información propioceptiva, cutánea, visual y auditiva durante la realización de la técnica.

(Sherrington, 1998)Consideró que la influencia más intensa sobre las motoneuronas alfa son los impulsos transmitidos desde los receptores de estiramiento periféricos a través del sistema aferente.

> (Prentice, 1997) dice: que con la descarga de los impulsos nerviosos es posible facilitarlos a través de la estimulación periférica, que trae como resultado que los estímulos aferentes entren en contacto con las neuronas estimuladoras. En consecuencia se produce un aumento del tono muscular o de la fuerza de contracción voluntaria. De la misma forma, las neuronas motoras también pueden inhibirse por medio de la estimulación periférica, que es causante de que los impulsos aferentes entren en contacto con las neuronas inhibidoras, lo que provoca una relajación muscular y permite el estiramiento del músculo.

3.7.5.1. Bases neurofisiológicas de los estiramientos

Las técnicas de estiramiento se basan en un fenómeno neurofisiológico que es el reflejo de estiramiento. Todos los músculos del cuerpo poseen distintos tipos de mecanorreceptores, que cuando se estimulan informan al sistema nervioso central de lo que sucede en ese musculo. Para el reflejo de estiramiento dos de los mecanorreceptores son importantes: los husos neuromusculares y los órganos tendinosos de Golgi. Ellos son responsables de detectar el grado de estiramiento de cada musculo y de la velocidad con que se producen los cambios de elongación. A esta

información se la llama propioceptiva. Son los responsables de desencadenar el reflejo miotático.

Todo musculo posee dos sistemas de retroalimentación (feedback): Un sistema de control de longitud con los husos neuromusculares como sensores y un sistema de control de la tensión con los órganos tendinosos de Golgi como sensores.

Cuando se estira un musculo, los husos neuromusculares y los órganos tendinosos de Golgi comienzan de inmediato a enviar ráfagas de impulsos sensitivos a la medula espinal. Inicialmente, los impulsos de los husos neuromusculares informan al sistema nervioso central de que el musculo se está estirando. De la medula espinal vuelven impulsos al musculo para que se contraiga de forma refleja y por tanto, se oponga al estiramiento.

> Los órganos tendinosos de Golgi responde al cambio de longitud y al aumento de la tensión generando impulsos sensitivos que van a la medula espinal. Si el estiramiento del musculo prosigue durante al menos 6 segundos, los impulsos de los órganos tendinosos de Golgi comienzan a anular los impulsos de los husos neuromusculares. Los impulsos de los órganos tendinosos de Golgi, a diferencia de las señales de los husos musculares, causan una relajación refleja del musculo antagonista. Esta relajación actúa de mecanismo protector que permite al musculo estirarse sin superar los límites de extensibilidad, lo cual podría dañar las fibras musculares (Wilmore, 1998).

Es con estas bases neurofisiológicas que nos damos cuenta cómo funciona en cada estiramiento. Con el movimiento rebote de los estiramientos balísticos, los husos musculares se ven estirados repetidamente, así el musculo opone una resistencia continua al aumento del estiramiento. Estos estiramientos no se prolongan lo suficiente para permitir que los órganos tendinosos de Golgi provoquen un efecto de relajación produciendo una lesión muscular.

Los estiramientos estáticos comprenden un estiramiento continuo y sostenido que dura entre 6 y 60 segundos lo cual permite que los órganos tendinosos de Golgi tengan tiempo para responder a la tensión creciente. Los impulsos de los órganos tendinosos anulan los impulsos de los husos musculares, permitiendo que el musculo se relaje de forma refleja tras la resistencia refleja inicial al cambio de longitud. No es probable que

cause daño la elongación del musculo y su mantenimiento en una postura estirada durante cierto tiempo por lo que esta técnica es mucho más eficaz.

La eficacia de la técnica de FNP se atribuye a estos principios neurofisiológicos. La técnica de inversión lenta se aprovecha de dos fenómenos adicionales.

La contracción isométrica máxima del musculo que se va a estirar durante la fase de tracción de 10 segundos causa de nuevo un aumento de la tensión que estimula los órganos tendinosos de Golgi, los cuales provocan una relajación refleja del antagonista incluso antes de que el musculo adopte el estiramiento. Esta relación del antagonista durante las contracciones se denomina inhibición autógena.

> Durante la fase de relajación, el antagonista se relaja y se estira de forma pasiva mientras hay una contracción isotónica máxima del musculo agonista que tira de la extremidad aún más hacia el patrón agonista. En cualquier grupo de músculos sinergistas, una contracción del agonista provoca una relajación refleja del antagonista, permitiéndole estirarse y protegerse de una lesión. Este fenómeno se denomina inhibición recíproca (Mora, 1995).

Por tanto, con las técnicas de FNP, la suma de los efectos de la inhibición autógena y reciproca en teoría debería permitir al musculo estirarse en mayor grado de lo que es posible con estiramientos estáticos o balísticos.

3.7.5.2. Reflejo Miotático (RM)

Cuando el musculo es sometido a una extensión fuerte o repentina activa el huso muscular y envía información por la vía aferente hasta la medula donde hay sinapsis con su correspondiente motoneurona alfa, la cual envía impulso de contracción al musculo por vía eferente.

> El reflejo miotático es un mecanismo de protección del musculo para evitar la rotura por una elongación descontrolada. Se denomina también, reflejo de estiramiento, la acción que lo activa, aunque la respuesta es de contracción, es más activo en la musculatura extensora. Es un reflejo monosináptico puesto que presenta una sola sinapsis, con fibras de conducción muy rápidas; 100 m/s (Perea, 1989).

Las vías nerviosas aferentes, informativas, son de dos tipos: fibras Ia y II. Cuando el estiramiento es brusco y repentino, se activan las fibras Ia; cuando el estiramiento se aplica de manera continuada, superando el umbral de activación, se estimulan ambos tipos de fibras; y cuando las elongaciones son cíclicas , como rebotes o insistencias muy acusados, se activan las fibras II (Legido, 2002).

La actual tendencia a proscribir los métodos dinámicos se basan en el peligro de que se active el RM con dichas técnicas de trabajo y se produzcan contracciones indeseadas que puedan llegar a distensiones o roturas de fibras musculares.

3.7.5.3. Reflejo miotático inverso (RMI)

(Saez, 2005) Menciona que en todos los músculos estriados los Órganos tendinosos de Golgi (OTG) están situados a nivel de las uniones musculo-tendinosas. Son sensibles a fuertes tensiones del tendón, y solo se activan en condiciones estáticas; su umbral de excitación es mucho mayor que el de los husos musculares; son receptores de adaptación lenta.

Cuando se activa, envían su información a través de vías sensitivas Ib, también de conducción rápida; no obstante, estas efectúan varias sinapsis con interneuronas de carácter inhibidor antes de llegar a la motoneurona alfa. Su función es inversa a la proporcionada por los husos musculares; inhiben la motoneurona Alfa y, vía eferente, el musculo se relaja. Es una auto-neutralización o auto-inhibición. Es también, un mecanismo de protección para evitar roturas musculares por exceso de tensión. Dicha tensión puede producirse por elongación excesiva con el musculo relajado o, también, con el contraído.

Es más fácil activar los OTG por la tensión producida en el conjunto musculo - tendón a causa de una fuerte contracción isométrica que por excesiva elongación con el musculo relajado.

3.7.6. Inhibición reciproca de los antagonistas

Un requisito natural previo para que se produzca el movimiento consiste en que, al producirse una contracción muscular para generar una determinada acción motriz, los músculos antagonistas deberán relajarse por mecanismo reflejo con el objetivo de no dificultar o impedir el movimiento.

Un ejemplo sencillo lo encontramos en la carrera de velocidad; al producirse la impulsión con una pierna por la potente contracción de los extensores de la rodilla, sus antagonistas deben relajarse para permitir la acción; si no se relajan de manera simultánea y suficiente, puede producirse en ellos rotura de fibras por resistencia mecánica a la necesaria elongación. A este mecanismo neurofisiológico se le denomina inhibición reciproca de los antagonistas.

Este mecanismo es el siguiente: cuando se produce la activación de los husos musculares por cambios en la longitud del musculo, envían impulsos excitadores a la motoneurona alfa de los mismos músculos, a través de las fibras nerviosas, pero también impulsos de relajación a los músculos antagonistas que actúan sobre la misma articulación, a través de sinapsis inhibidoras.

3.7.7. Anomalías de la flexibilidad

Tanto los niveles bajos de flexibilidad general, como los altos, que a veces representan simples variaciones de la normalidad, han sido asociados a enfermedades o a situaciones clínicas específicas (Mattiason, 1992) y la evaluación de la flexibilidad podría tener un papel importante en el examen clínico de los individuos. Estos extremos de flexibilidad se han denominado hipermovilidad e hipomovilidad.

Los rangos extremos de movilidad se denominan Hipomovilidad e hipermovilidad, respectivamente, para arcos de movimientos reducidos y amplios. Aunque estos términos a menudo se utilizan para describir la flexibilidad general, también pueden emplearse para movimientos articulares específicos (Reid, 1992).

(Key, 1927) Describió que la movilidad es de naturaleza hereditaria y está caracterizada por una extrema movilidad articular. Detectó también que la mayoría de los

individuos con hipermovilidad no deberían considerarse anormales, sino preferiblemente poseedores de unas características anatómicas poco comunes.

(Sutro, 1947) describió cinco casos de extrema movilidad articular y sugirió que la hiperextensibilidad de los tejidos ligamentosos y capsulares es responsable de la hipermovilidad. Esta conclusión es todavía válida, porque se cree que el síndrome de hipermovilidad articular benigna está causado por la excesiva laxitud ligamentosa asociada a las alteraciones de los genes responsables de la síntesis de tres proteínas: el colágeno, la elastina y la fibrilina. (Grahame, 1999)

La hipermovilidad benigna, entendida como el primero de una amplia lista de cambios que tienen lugar en el tejido conectivo, es una forma de disfunción adquirida genéticamente (Grahame, 2001). La hipermovilidad puede causar un gran número de síntomas inespecíficos, que implican problemas psicosociales y a menudo afectan significativamente a la calidad de vida de quienes la presentan (Grahame, 2000). La hipermovilidad implica eventualmente artralgia, dolor de espalda, y torceduras y luxaciones frecuentes (Gerber, 1998).

La hiperlaxitud ligamentosa se identifica por la excesiva movilidad de las articulaciones en las que los tendones y ligamentos tienen un papel importante para limitar la amplitud del movimiento.

En oposición a los síndromes de hipermovilidad, existen casos clínicos en los que la limitación de la amplitud del movimiento representa un importante descubrimiento (Rosenbloom, 1981-1985-1999). Se debe señalar que la hipomovilidad, difiere conceptualmente de la degradación fisiológica propia del envejecimiento.

La hipomovilidad ha sido vista en distintos tipos de estados patológicos como dolor lumbar, la espondilolistesis, secuelas postictus, diabetes mellitus (Bressel y McNair 2002), y diabetes insípida.

3.7.8. Importancia de la Flexibilidad para los deportistas y objetivo primordial en rehabilitación.

Para el preparador físico lo más importante es el restablecimiento o mejora del grado de movilidad evitando así que sus jugadores se lesionen. Cuando ocurre una lesión

todo nuestro cuerpo pierde la capacidad para moverse con normalidad. La pérdida de movilidad puede deberse a múltiples factores como hinchazón, espasmos, rigidez pero el principal el dolor que impide y es una defensa de nuestro organismo ante cualquier agresión. La inactividad provoca acortamiento del tejido conjuntivo y muscular. El restablecimiento del grado de movilidad normal tras una lesión es uno de los objetivos principales de cualquier programa de rehabilitación. Así el preparador físico debe incluir habitualmente ejercicios de estiramiento concebidos para restablecer el grado de movilidad normal y el normal funcionamiento.

Entonces la flexibilidad se define como la capacidad del sistema neuromuscular para conseguir movimientos eficaces con una o una serie de articulaciones en toda su amplitud normal y sin restricciones.

La flexibilidad se describe con el movimiento de una articulación como la rodilla o con el movimiento de una serie de articulaciones como la columna vertebral, para una armónica flexión o rotación del tronco. La falta de flexibilidad en una articulación afecta a toda la cadena cinética. Una persona puede tener una movilidad normal en casi todas las articulaciones pero cuando carece de una sola afecta en su movimiento normal.

La mayoría de actividades deportivas necesitan una flexibilidad normal para un óptimo rendimiento. En el caso de un deportista con restricción su capacidad de rendimiento disminuye. Por ejemplo, un velocista con tirantez en los músculos isquiotibiales e inelásticos pierde seguramente algo de velocidad, porque esos músculos restringen a la articulación coxofemoral, acortando la longitud de zancada. La falta de flexibilidad crea patrones de movimiento descoordinados con movimientos extraños que causan la pérdida de control neuromuscular.

La mayoría de preparadores físicos están de acuerdo en que una buena flexibilidad previene el riesgo de lesiones de la unidad musculotendinosa por lo que se debería incluir una serie de ejercicios de estiramiento como parte del calentamiento previo a una actividad vigorosa.

Para lo cual se considera los siguientes parámetros:

a. La influencia de la flexibilidad sobre el rendimiento técnico-deportivo

Es la relación de la flexibilidad con las capacidades coordinativas especiales que fuertemente se vinculan con los aspectos cualitativos del movimiento. No solamente en cuanto a la fluida y estética ejecución se refiere sino, inclusive, a la posibilidad como tal de adquirir y perfeccionar los distintos gestos, tanto los deportivos como los que componen el arsenal motor propio de la vida cotidiana.

b. Perfeccionamiento de gestos deportivos

Podemos, por ejemplo, dedicar las primeras repeticiones a un ejercicio específico de flexibilidad de gran semejanza estructural con el movimiento que se desea corregir, las siguientes repeticiones a ejercicios especiales de fuerza-flexibilidad cuyas estructuras temporal, espacial y dinámica guarden estrecha relación con el gesto deportivo defectuoso para, recién luego, en las últimas repeticiones, ejecutar en condiciones normales el movimiento procurando transferir los aspectos sensoperceptuales y coordinativos más sobresalientes de las primeras repeticiones a las últimas. De hecho, la duración de las series y el número de repeticiones que las componen deberían ser tales que, lejos de acentuar los defectos técnicos debidos a la fatiga, cualquiera sea su índole, promuevan la transferencia propioceptiva, favoreciendo así la eliminación de fallos.

c. Elegancia gestual

Además de permitir el aprendizaje de algunos movimientos, facilitar la eliminación y evitar la fijación de fallos, una buena amplitud articular está directamente relacionado con la estética en la performance deportiva. Un buen desarrollo de la flexibilidad permite la realización de movimientos fluidos, amplios, carentes de rigidez y libres de limitaciones estructurales. El deportista flexible denota menos alteraciones temporales en el encadenamiento de las distintas fases y sub-fases que componen el gesto en su totalidad. Suele también tenerse la impresión, al observar sus movimientos, de una mayor abarcabilidad y dominio del espacio. Todo este conjunto de factores contribuyen directamente a la belleza en la ejecución técnica no solamente en el amplio mundo del deporte sino también en el de la vida cotidiana con sus múltiples manifestaciones motrices. Elegancia, belleza y estética en la performance, favorecidas por una buena expresión de flexibilidad, son aspectos a recuperar y potenciar como requisitos ineludibles de la ejecución gestual.

d. Influencia de la flexibilidad sobre el rendimiento físico-deportivo

Nuestro análisis en esta parte se centrará en la repercusión que, tanto el desarrollo en sí de la flexibilidad como la simple ejecución de estiramientos sub-maximales durante la sesión de entrenamiento físico, tiene sobre las demás variables del rendimiento motriz general considerando, particularmente, aquellas que configuran todo proceso de preparación integral: la fuerza, la resistencia, la velocidad y la capacidad de salto.

e. Economía de esfuerzo

Al ejecutarse un movimiento, cualquiera sea su característica y circunstancia, la energía invertida por los grupos musculares motores primarios o protagonistas principales debe, en cierto porcentaje, emplearse necesariamente para el vencimiento de las resistencias naturalmente ofrecidas por el conjunto de los diferentes tejidos prioritariamente ubicados en los grupos musculares antagonistas (conocida también como resistencia interna). Así, al liberarse energía para la acción, antes de que ésta pueda aplicarse sobre el implemento (como en el caso de los lanzamientos) o sobre el propio cuerpo (como, por ejemplo, en los saltos), debe destinarse parte de la misma para la deformación mecánica de las estructuras conectivas intra y extra fibrilares de los grupos muscular antagonistas, como así también de los componentes plásticos articulares, tanto de los núcleos principales como de los secundarios. Lógicamente, a mayor flexibilidad de dichos elementos, menor resistencia a la tracción, menor será la energía dirigida y empleada para su deformación. A menor energía malgastada en la modificación de los componentes plásticos y elásticos del grupo muscular antagonista y de los elementos capsulares y ligamentarios de la articulación implicada en cuestión, mayor será la posibilidad de ahorro energético o de aplicación directa de todo el potencial motor para el logro del objetivo propuesto.

f. Aceleración de los procesos de recuperación

Al estudiar las relaciones entre flexibilidad y procesos de restauración energética posteriores a cargas físicas intensas es de suma importancia aclarar algunos aspectos que, a menudo, suelen generar confusiones. En primer término, conviene distinguir entre, por un lado, la aplicación de estiramientos sub-maximales inmediatamente después del esfuerzo y, por otro, el disponer de una mayor amplitud de movimiento (ADM) como producto del entrenamiento sistemático de la flexibilidad. En segunda instancia cabe recordar que, como tal, la fatiga es un fenómeno complejo y, de hecho, los procesos de recuperación no refieren necesaria ni exclusivamente a una mayor y más rápida remoción

de lactato. Precisamente, los estiramientos y el desarrollo progresivo de la flexibilidad también tienen mucho que ver con la posibilidad de contrarrestar los efectos del cansancio producido por la solicitud de sistemas energéticos aeróbicos, cargas anaeróbicas alactácidas, trabajos de alta precisión neurocoordinativa y sensorial, etc., es decir, todo tipo de fatiga puede contrarrestarse efectivamente a través del empleo de ejercicios de estiramiento.

g. Influencia sobre la fuerza

Numerosos autores afirman que un buen nivel de flexibilidad favorece la expresión de la fuerza muscular humana (Grosser, 1983-1988-1991y1994-1990,1991). Tanto en ellos, como así también en otros investigadores, el argumento central se basa en la posibilidad de que el pre- estiramiento ejerza efecto positivo sobre la contracción posterior, particularmente si su régimen es de carácter concéntrico. Los motivos por los cuales el estiramiento previo redundaría a favor de la contracción concéntrica posterior pueden explicarse de la siguiente manera:

El estiramiento muscular promueve el almacenamiento de energía elástica, tanto en el tejido contráctil como en el conectivo (extra e intrasarcomérico), la cual es expendida y aprovechada durante la contracción posterior. En este sentido, (Hill, 1961) propuso que cuando entre el estiramiento y la contracción se produce la relajación muscular, la condición de precarga no se beneficia de ello y la energía elástica acumulada se disipa en forma de energía calórica. Igualmente, si la duración de la fase de Transición isométrica entre las etapas excéntrica y concéntrica del ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA) se prolonga más allá de cierto límite temporal.

(Verkhoschansky, 2000), entonces tampoco se genera capitalización alguna de la energía elástica almacenada pues su dispersión, en función de la duración de dicha fase de acoplamiento, puede ser completa. Por consiguiente, la transición estiramiento-contracción debe tener una duración óptima en función del gesto realizado y de la estructura muscular constitutiva del ejecutante si, efectivamente, la manifestación de fuerza pretende favorecerse con ello.

h. Influencia sobre la velocidad

Dos importantes funciones del tejido conectivo repercuten directamente sobre la capacidad muscular de generar fuerza y fuerza-velocidad. La primera refiere a la posibilidad de almacenar y utilizar energía elástica contribuyendo así, a lograr mayores índices de aceleración durante la fase concéntrica de la contracción muscular. La segunda alude a transmisión de la fuerza generada en el sistema muscular hacia el sistema óseo. Concretamente, estas dos misiones del tejido conectivo pueden verse seriamente afectadas si, como consecuencia del entrenamiento intensivo de la flexibilidad, se produce su debilitamiento mecánico.

i. Influencia sobre la capacidad de salto

La extensibilidad del tejido conectivo que permita mejorar la capacidad de salto a partir de una mayor acumulación y emisión posterior de energía elástica habría de ser la óptima en función del momento de fuerza, entendido éste como el producto de la masa por la aceleración del cuerpo al impactar el suelo o el trampolín. Elevados momentos de fuerza con híper-laxitud de los componentes conectivos conllevan a una pérdida irrecuperable de la energía elástica y, por consiguiente, a una menor altura en los saltos.

j. Influencia sobre la resistencia

La facilitación de los procesos de evacuación de productos metabólicos de desecho desde la célula al medio extracelular.

La reducción de la resistencia periférica, limitante de los procesos de acceso y egreso de distintas sustancias hacia y desde la musculatura activa. Nos referimos aquí, por sobre todo, a la minimización del grado de hipertonía funcional que, cuando es elevado, afecta negativamente el rendimiento deportivo. De hecho, es la relajación diferencial la facultad gravitante para evitar este inconveniente, pero es precisamente el estiramiento muscular uno de los recursos que por excelencia lo promueven.

3.7.9. Evaluación de la flexibilidad

La selección de test y la utilización de instrumentos para la evaluación de la aptitud física es uno de los criterios básicos que muchos profesionales asumen para obtener información objetiva de una persona que se enfrenta a la práctica de ejercicio físico.

Para ello es necesario que las evaluaciones se realicen de acuerdo con los protocolos adecuados que se establecen y se empleen los instrumentos apropiados para cada uno, así como en función de lo que se pretende medir. Paralelamente, se exige que la manipulación de los instrumentos de evaluación garantice un uso correcto y adecuado, y se reproduzca, en la medida de lo posible, el contexto de evaluación a través del control de variables como la hora o el momento en la que se lleva a cabo, las condiciones en las que se produce, (Braganca M. y., 2008).

De acuerdo con (Norkin y White, 2008), la evaluación de la flexibilidad es importante, ya que va a permitir al profesor de educación física, al profesional de la salud o del entrenamiento, evaluar el nivel de esta capacidad, las disfunciones musculares o articulares, la predisposición hacia patologías del movimiento, así como los avances en el entrenamiento y en la recuperación funcional.

(Martinez, 2003) afirma que seleccionar pruebas de flexibilidad es una tarea difícil, ya que por un lado existen pocos test comprobados como válidos y fiables y, por otro, es muy complicado aislar la movilidad de cada grupo articular sin involucrar a los demás, siendo dificultoso establecer hasta qué punto intervienen unos y otros.

Otros autores como (Moras, 1992) determina que los resultados obtenidos tras realizar una medición en centímetros, de alguna prueba para medir la flexibilidad, como el giro de hombros con bastón, el spagat frontal o lateral, el puente, o la abducción de las extremidades inferiores, no son del todo fiables. Este mismo autor concreta que presenta una mayor validez el test flexométrico, el cual permite obtener el ángulo real de apertura, independientemente de las características morfológicas del sujeto, a partir de la distancia de separación de las extremidades y algunas medidas antropométricas.

(*Achour Junior, 1999 citado por Braganca, M., Bastos, A., y otros, 2008),* señala que evaluar la flexibilidad en los individuos es interesante para poder conocer en qué nivel se encuentran y poder desarrollar programas de ejercicio físico con los cuales se alcance un nivel óptimo en función de los requerimientos en diferentes contextos, como pueden ser el ámbito deportivo o aquellos orientados a la salud. La cuantificación de la flexibilidad suele ser sencilla, sin embargo, definir valores precisos y absolutos de la amplitud de movimiento en cada articulación aún está por definir.

Una gran parte de la literatura adopta la escala de 180 grados para determinar la amplitud de movimiento. La definición y el conocimiento de los valores normales en los segmentos corporales facilitaran la comparación durante las fases del entrenamiento del deportista, del ciudadano o del enfermo. En la población normal es difícil encontrar sujetos cuya AM sea superior a 180 grados. En deportistas esto si puede ocurrir, principalmente en deportes donde esta cualidad es sumamente característica y fundamental, como en la gimnasia rítmica (Braganca M. B., 2008).

(Monteiro, 2000) señala que los métodos para medir y evaluar la flexibilidad pueden ser clasificados, de acuerdo con las unidades de medida, en tres tipos de test.

Test adimensionales: Cuando no existe una unidad convencional para expresar los resultados obtenidos, como grados angulares o centímetros. No dependen de equipamientos y utilizan únicamente criterios o mapas de análisis previamente establecidos y el test utilizado por(Araujo, 1986-1994).

Test lineares: se caracterizan por expresar los resultados en escala de distancia, en centímetros o plegadas. Se emplean cintas métricas, reglas o metros (ejemplo: el test clásico utilizado hasta hoy de sentar y alcanzar de Wells); existen muchos test de este tipo, ya que son fácilmente modificables.

Test angulares: cuando los resultados son expresados en grados. Se emplean instrumentos propios para medir los ángulos, como los goniómetros, mecánicos o eléctricos. Los más utilizados son el goniómetro universal y el goniómetro pendular o flexómetro.

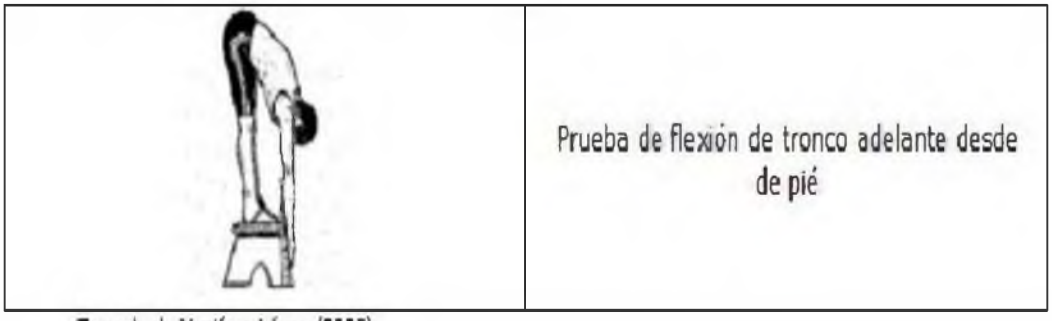
Encontramos otros test o pruebas para evaluar la flexibilidad como por ejemplo: flexión del tronco adelante desde posición de pie (figura 5); extensión de tronco hacia atrás; hiperextensión de espalda en plinto; extensión de brazos y manos con pica; flexión profunda del cuerpo; flexibilidad de columna sobre plinto; cuádriceps o Test de Ely; la banda iliotibial o Test de Ober; abductores de la cadera; flexibilidad de hombro; extensión en paso de valla; apertura de piernas desde tumbado; flexión de tobillo; flexión lateral del tronco; flexión lateral de tronco con brazos arriba; elevación de cadera hacia delante; torsión de tronco, y muchos otros.

En el trabajo de (Lopez, 2003), se concluye que hay que aplicar mayoritariamente (66%) la prueba de medición de flexibilidad global “flexión profunda del cuerpo”.

También se afirma que la prueba más aplicada es la flexión de tronco adelante desde sentado o sit and reach (42%), parece razonable pensar que aunque existen abundantes datos que avalan una aceptable fiabilidad de sus resultados, ha sido decisiva la influencia de la Batería Eurofit.

Otra prueba que se destaca como una de las más utilizadas como medio de valoración de la flexibilidad es el test de flexión de tronco adelante desde de pie, con un 15,7%. Los hallazgos muestran según lo estudiado, que los test que registran la flexibilidad en una escala lineal, en realidad, no miden lo que en teoría se proponen medir, no presentan coeficientes de fiabilidad ni resultados de validez, sufren influencia de la medidas antropométricas y del biotipo de cada persona, y se ven influidos por la acción de la musculatura próxima a la articulación/musculatura responsable del movimiento articular evaluado.

ILUSTRACIÓN N° 8 Test de Wells



Tomado de Martínez López (2003).

Modificado por: Adriana Oleas

3.8. ENTRENAMIENTO FISICO

La flexibilidad cambia según el entrenamiento específico. Los ejercicios aeróbicos que no se relacionan directamente con la flexibilidad, sean realizados en agua o en tierra, tienden a no incrementar la amplitud del movimiento de las articulaciones (Taunton, 1996).

Para ganar flexibilidad, son necesarios programas de ejercicios específicos que utilizan rutinas de estiramientos para los principales movimientos articulares. Muchos ejercicios combinan dos o más movimientos articulares para optimizar el

tiempo de entrenamiento, que raras veces supera los pocos minutos dos o tres veces por semana (Alter & ACSM, 1998-2000).

Aunque existe consenso en que los ejercicios de flexibilidad deben ser prescritos para sujetos sanos y no sanos y para atletas y bailarines (ACSM 2000), los mecanismos biológicos responsables de los efectos favorables de un entrenamiento específico son relativamente desconocidos.

En los años 1980 el énfasis se ponía en los mecanismos neurofisiológicos asociados con las distintas formas de ejercicio (*Moore y Hutton 1980; Sady, Wortman y Blanke 1982)*. Documentos más recientes muestran que investigación se centra en las propiedades viscoelásticas de los músculos y los tendones (*Sapega, 1981; Etnyre y Abraham 1988; Magnusson 1998; McHugh et al. 1998; Kubo et al. 2001; Kubo, Kanehisa y Fukunaga 2002)*, y en los mecanismos celulares *(De Deyne 2001)* más que en las teorías neurales.

En una investigación desarrollada cuidadosamente, Magnusson ha mostrado que el principal mecanismo asociado a incrementos agudos y crónicos del grado de movilidad articular con entrenamiento específico es una mayor tolerancia al estiramiento, sin cambio sustancial alguno de las propiedades viscoelásticas del músculo (Magnusson et al. 1996; Magnusson 1998). La investigación correspondiente ha mostrado que una única sesión de estiramientos específicos de 5 minutos, comporta un incremento del grado de extensibilidad de los músculos isquiotibiales sin afectar a las propiedades de las curvas de rigidez muscular; este cambio está causado únicamente por el aumento de la tolerancia al estiramiento (Halbertsma, van Bolhuis y Göeken 1996).

(Magnusson, 1998) describió que los efectos agudos del aumento de la movilidad articular inducidos por una sesión de estiramientos desaparecían en menos de 1 hora. A pesar de estos datos, no excluye la posibilidad de que el entrenamiento específico durante largos períodos de tiempo, como lo realizan los bailarines y atletas, consiga distintos tipos de adaptaciones crónicas. Posteriormente, se obtuvo información relevante sobre el comportamiento de los tendones durante los ejercicios de estiramiento, lo que puede ser útil para una mejor comprensión de los mecanismos biológicos implicados en el entrenamiento de la flexibilidad *(Kubo et al. 2001; Kubo, Kanehisa y Fukunaga 2002).*

Datos recientes muestran que una de las principales razones por las que el entrenamiento incrementa la amplitud del movimiento es que aumenta la tolerancia al estiramiento. Sin considerar los mecanismos biológicos responsables de las adaptaciones de la amplitud del movimiento articular a los ejercicios de estiramiento, la mayoría de los estudios muestran que existe una mejora significativa de la flexibilidad con programas de entrenamiento de unas pocas semanas de duración y en los que figuren sólo unos pocos minutos de ejercicios efectivos de estiramiento.

3.8.1. Elasticidad Muscular

La cantidad de energía elástica que se acumula en el músculo depende, fundamentalmente, del grado de deformación de sus componentes elásticos en serie, especialmente de los tendones, pero también de los componentes elásticos del interior de cada sarcómero y, posiblemente, de los componentes elásticos en paralelo. Esta deformación, depende a su vez de la dureza muscular y de las características de los componentes elásticos (García Manzo, J.M., 1999).

3.8.2. Concepto

La elasticidad es una propiedad del tejido por la cual los músculos pueden elongarse y contraerse recuperando luego su longitud normal. (Moras, 2003) En los ejercicios de flexibilidad evitaremos que aparezcan señales de dolor, lo cual nos indica que estamos próximos a superar el límite de estiramiento y podríamos romper las fibras musculares (tirón muscular).

Hurton en 1972 dice que una musculatura no elástica manifestará su defecto al perfeccionar una técnica deportiva. Por el contrario una musculatura elástica aumenta la capacidad mecánica del músculo y esto permite aprovechar mucho mejor la energía mecánica.

También es más resistente a las lesiones. Asimismo establece que existe una capacidad mayor de ensayar y perfeccionar con mayor rapidez las técnicas Deportivas.

Estructura del musculo.

Los músculos están rodeados por una fascia, estructura de tejido conectivo que sirve para envolver al músculo y evitar que se desplace o bien para aislar a uno o más grupos de músculos. Las fascias dan protección y autonomía al tejido muscular.

Los músculos esqueléticos o estriados se unen a los huesos por medio de tendones o aponeurosis. Son fibras de tejido conectivo, de color blanquecino, que unen los músculos esqueléticos a los huesos.

> La célula del músculo se denomina fibra muscular. Son células cilíndricas y alargadas cuya longitud puede alcanzar varios centímetros (2005, ASEM). Además posee varios núcleos (multinucleada), resulta de la fusión de células con un único núcleo (mononucleares): los mioblastos (durante el desarrollo embrionario) o las células satélites (durante la regeneración después del nacimiento). La fibra muscular madura contiene múltiples núcleos dispuestos en la periferia de la célula.

La membrana plasmática de las fibras musculares se llama sarcolema esta presenta finas invaginaciones tubulares (túbulos T) distribuidas a lo largo de la fibra muscular donde penetran profundamente y el citoplasma sarcoplasma. En su interior contiene distintas organelos y numerosas mitocondrias, glucógeno, ácidos grasos, aminoácidos, enzimas y minerales. Además posee una proteína, la mioglobina, que actúa en el transporte y reserva de oxígeno dentro del músculo, también el glucógeno (combustible de la célula muscular).

Las fibras musculares son atravesadas en toda su longitud por las miofibrillas, estructuras ubicadas en el sarcoplasma y responsables de la contracción y relajación del músculo. Hay millares de miofibrillas en cada fibra muscular. A su vez, cada miofibrilla está formada por dos tipos de miofilamentos. Uno de ellos es grueso y se llama miosina (banda A). El otro es más delgado y recibe el nombre de actina (banda I). Cada banda A esta cortada en el medio por una raya clara (zona H). En medio de la banda I se encuentra una zona más oscura (estría Z) Los miofilamentos permiten la contracción del músculo ante estímulos eléctricos o químicos. Cada miofibrilla contiene centenares de miofilamentos. La disposición de los miofilamentos en la miofibrilla da lugar a estructuras que se repiten denominadas sarcómeros. Los sarcómeros son las unidades funcionales de las miofibrillas, capaces de generar contracciones musculares en las fibras estriadas.

El musculo es una verdadera fábrica metabólica que consume energía. El sarcoplasma de una fibra muscular contiene numerosas mitocondrias. Son las que producen energía (ATP) directamente utilizable por la fibra muscular para contraer sus miofibrillas.

La fibra muscular posee un retículo sarcoplásmico liso especialmente desarrollado. Este forma extensiones de tal modo que dos bolsas de retículo sarcoplásmico rodean cada túbulo T para formar una triada. La triada es la estructura que permite el paso de la señal nerviosa (potencial de acción) durante la liberación del calcio a partir del RS, es decir, el acoplamiento de la excitación a la contracción.

3.8.3. Características de los músculos

a. Excitabilidad

Es la capacidad de percibir un estímulo y responder al mismo. Por lo que se refiere a los músculos esqueléticos, el estímulo es de naturaleza química: la acetilcolina liberada por la terminación nerviosa motora. La respuesta de la fibra muscular es la producción y la propagación a lo largo de su membrana de una corriente eléctrica (potencial de acción) que origina la contracción muscular.

b. Contractibilidad

Es la capacidad de la fibra muscular para sufrir cambios internos de tensión que se translucen al exterior por una disminución de su longitud. Esta propiedad es específica del tejido muscular.

c. Elasticidad

La elasticidad es una propiedad física del músculo. Es la capacidad que tienen las fibras musculares para acortarse y recuperar su longitud de descanso, después del estiramiento.

La elasticidad desempeña un papel de amortiguador cuando se producen variaciones bruscas de la contracción.

El músculo recupera su longitud por la acción de tres componentes diferentes:

•Componente contráctil de las miofibrillas
•Tendones (elementos elásticos en serie)
•Aponeurosis y envolturas fibrosas (perimisio, epimisio y endomisio) que son elementos elásticos en paralelo.

d. Extensibilidad

Es la facultad de estiramiento. Si bien las fibras musculares cuando se contraen, se acortan, cuando se relajan, pueden estirarse más allá de la longitud de descanso.

e. Plasticidad

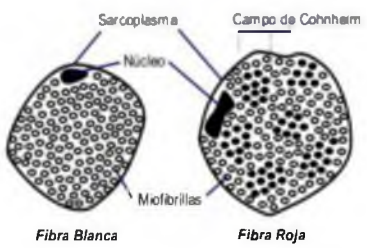
El músculo tiene la propiedad de modificar su estructura en función del trabajo que efectúa. Se adapta al tipo de esfuerzo en función del tipo de entrenamiento (o de uso).

Así, se puede hacer un músculo más resistente o más fuerte. Los velocistas, tienen en los miembros inferiores un predominio de fibras musculares de tipo «rápido», mientras que en los corredores de maratón, prevalecen las fibras musculares de tipo «lento».

3.8.4. Tipos de fibras musculares

Básicamente existen 2 grandes grupos de fibras musculares esqueléticas. Las fibras tipo I, llamadas también fibras de contracción lenta o fibras rojas y las fibras de tipo II, que son fibras de contracción rápida también llamadas fibras blancas. Además dentro de las fibras de tipo II se encuentran las fibras de tipo IIa y las fibras de tipo IIb.

ILUSTRACIÓN N° 9 Diferencias entre la fibra blanca y la fibra roja



Modificado por: Adriana Oleas López

a. Fibras lentas

Fibras de tipo I de contracción lenta o fibras rojas. Estas fibras, de pequeño diámetro y muy vascularizadas, contienen numerosas mitocondrias y poco glucógeno. Son resistentes a la Fatiga. Sin embargo, generan poca fuerza, así que su potencial de crecimiento en cuanto a hipertrofia se refiere, es bajo. Su punto fuerte es la gran capacidad oxidativa que tienen (sistema aeróbico).

Por sus características, son las fibras que soportan el esfuerzo en actividades físicas de larga duración como las carreras de larga distancia, maratones etc.

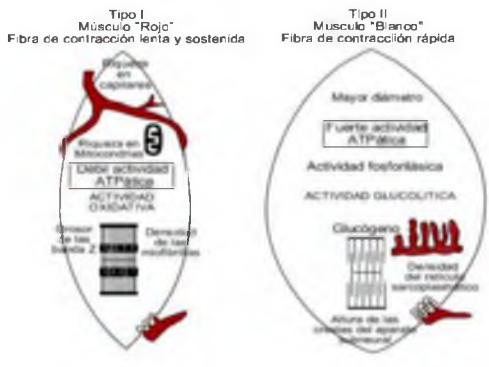
Fibras de Tipo IIa:

Son fibras oxidativas rápidas. Como también utilizan el oxígeno, son fibras resistentes a la fatiga, aunque mucho menos que las fibras de tipo I, sin embargo su poder de contracción es mayor.

Fibras de Tipo IIb o fibras blancas:

Son las fibras con contracción más rápida, y por tanto más poderosa. Tiene menos mioglobina, mitocondrias y vasos sanguíneos. A la hora de un ejercicio intenso, como levantar peso, son las fibras clave. Son también las que tienen un potencial de crecimiento mayor y desarrollarlas hará que nuestros músculos se vean más grandes. Sin embargo, son las que se fatigan antes. Pueden realizar esfuerzos mayores, pero durante menos tiempo.

ILUSTRACIÓN N° 10 Fibra muscular tipo I y tipo II



Modificado por: Adriana Oleas López

Cuando entrenamos como se reclutan las fibras, el cuerpo se basa en la economía. Así pues cuando hacemos una actividad física cualquiera, las primeras fibras musculares en utilizarse son las fibras tipo I. Si estas fibras no son suficientes porque se requiere una fuerza mayor, el cuerpo reclutará las fibras de tipo Iia y finalmente las de tipo IIb.

Por ejemplo supongamos que somos capaces de alzar una carga de 50 kilos:

* Si levantamos una carga de 2 kilos, solo se utilizarán algunas fibras de tipo I para la tarea.
* Si la carga es mayor en torno a nuestro 50% (25 kilos), se emplearán todas las fibras de tipo I del músculo afectado, y algunas de tipo Iia.
* Si la carga es del 100% que podemos levantar (50 kilos), se emplearán todas las fibras de tipo I, así como las de tipo Iia y tipo IIb.

Sin embargo puede conseguirse también el efecto de reclutar más fibras rápidas si en lugar de utilizar un peso grande (cercano a nuestro 100%) utilizamos un peso menor, pero lo movemos lo más rápido posible. Al moverlo más rápido se requerirá más potencia y las fibras musculares más rápidas entraran también en juego.

El músculo no sabe realmente el peso que estamos colocando en la barra, pero si entiende del esfuerzo que tiene que realizar para conseguir el objetivo de levantar el peso. Si no hacemos que este esfuerzo sea lo suficientemente intenso, las fibras más rápidas (Iia y IIb) no se activarán o no serán reclutadas en su totalidad, y no nos beneficiaremos de su crecimiento. Ya sea levantando una carga pesada cercana a nuestro RM, o levantando una carga inferior tan rápido como sea posible, necesitamos activar dichas fibras para conseguir un desarrollo completo.

3.8.5. Características de las fibras musculares

Las fibras musculares en una fase temprana de la vida vienen determinadas genéticamente. Los genes que heredamos de nuestros padres determinan qué neuronas motoras inervan nuestras fibras musculares individuales. Después de haberse establecido la inervación, nuestras fibras musculares se diferencian (especializan) según el tipo de neurona que las estimulan.

TABLA N° 1 Características de las fibras musculares

	I	IIA	IIB
Tipo metabólico y contráctil	Roja-Lenta	Roja-Rápida	Blanca rápida
Metabolismo	Oxidativo	Oxidativo-Glicolítico	Glicolítico
Actividad ATPasa	Reducida	Intermedia	Elevada
Glucógeno	Débil	Elevado	Elevado
Mioglobina	Rico	Rico	Pobre
Maduración	Lenta		Rápida
Diámetro fibras	Pequeño	Pequeño-Mediano	Grande

Elaborado por: Adriana Oleas

3.8.5.1. El reclutamiento de las fibras

El reclutamiento está controlado por el sistema nervioso y prosigue en una secuencia estandarizada, denominada principio del tamaño (Henneman). En primer lugar se reclutan las unidades motoras más pequeñas y sensibles, produciendo un incremento de la fuerza de contracción. A medida que la intensidad del ejercicio aumenta y se supera el umbral de cada unidad motora adicional, se van reclutando unidades motoras de mayor tamaño y la intensidad de la contracción aumenta. La fuerza de estimulación aumenta hasta que se alcanza el nivel máximo de contracción, momento en el que no se reclutan más unidades motoras y el músculo no se puede contraer con más energía. Durante los ejercicios de baja intensidad la mayor parte de la fuerza muscular es generada por fibras I. Si la intensidad del ejercicio aumenta se activan las fibras IIA, y si el ejercicio necesita una fuerza máxima se activan las fibras IIB (sin llegar a reclutar todas las fibras musculares del músculo).

Las primeras investigaciones sobre el reclutamiento demostraron que a medida que las contracciones aumentaban, se iban reclutando unidades motoras adicionales, y la frecuencia de disparo de las unidades motoras aumentaba. Más tarde, Henneman (1957) demostró que las motoneuronas se reclutaban siguiendo un orden de tamaño creciente (principio del tamaño).

(Bawa y cols1984) demostraron en sus investigaciones que, tanto en los músculos homogéneos como en los heterogéneos, se reclutaban en primer lugar las unidades motoras con la velocidad de conducción axonal baja (existiendo una alta correlación entre la secuencia de reclutamiento y la velocidad de conducción).

En estudios posteriores se ha observado una relación inversa entre el umbral de reclutamiento y la frecuencia de disparo.

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por (*De Luca y Hostage 2010),* describen un "punto de funcionamiento" para el grupo de motoneuronas que se mantiene constante en todos los niveles de fuerza y es modulado por la excitación. Estos resultados apoyan la propiedad de la "piel de cebolla" que sugiere un esquema de control básico codificado en las propiedades físicas de la motoneuronas que responden a un "impulso común" del grupo de motoneuronas.

En el estudio de (De Luca y Contessa 2012) se observó que el "espectro de la frecuencia de disparo" presenta un esquema de control simple en el que, en cualquier momento dado o de fuerza, el valor de la frecuencia de disparo de las unidades motoras reclutadas en primer lugar es mayor que el de las unidades motoras reclutadas posteriormente. Este esquema jerárquico de control describe un mecanismo que ofrece una economía eficaz de generación de fuerza para las unidades motoras de contracción baja reclutadas en primer lugar, y que reduce la fatiga en las unidades motoras de contracción alta reclutadas posteriormente.

Los principales factores que influyen en la fuerza de la contracción muscular son el estado metabólico, el reclutamiento de unidades motoras, la longitud inicial de las fibras musculares y la cantidad de carga. La duración de las contracciones depende de factores como la naturaleza del músculo, la temperatura del músculo, las condiciones bioquímicas locales, las hormonas tiroideas, la sumación de contracciones.

En cuanto al "reclutamiento de las fibras musculares", solo 2/3 del total de las fibras musculares que componen un músculo pueden ser inervadas mediante la voluntad. En personas entrenadas existe un mayor reclutamiento de fibras como también una mayor frecuencia de estímulos desde el sistema nervioso central. La frecuencia e intensidad de los estímulos, determinan la excitación de un número mayor de fibras musculares.

Frecuencia de estimulación de las fibras nerviosas: está directamente relacionada con el reclutamiento espacial.

Bajas Frecuencias hasta 50-60 Hz

• Son las más comunes en la actividad y la vida diaria.
• Presente en Movimientos de Baja Velocidad
• Es suficiente para generar una Fuerza Máxima.
• Reclutan fibras Tipo 1

Frecuencias Altas Superiores a 50Hz Hasta125/150Hz.
• Se dan en Movimientos Rápidos.
• Se estimulan con cargas máximas movilizadas rápidamente.
• No duran más de 100ms. (movimiento Balístico)
• Generan la fuerza máxima en menor tiempo.
• Reclutan fibras tipo 2

El entrenamiento a altas velocidades de ejecución (explosivos) con o sin cargas altas permite activar fibras rápidas y generar un pico máximo de fuerza en menor tiempo aumentando la reacción de la musculatura en el traspaso a la actividad deportiva, esto es muy importante para reincorporar a nuestros pacientes con seguridad a sus respectivas disciplinas.

3.8.5.2. Los factores nerviosos

Los Factores Nerviosos cumplen un rol muy importante en la producción de la fuerza muscular durante las primeras etapas de la rehabilitación así como en la vuelta del deportista a la actividad. La aplicación de altas tensiones sobre la musculatura permite generar sincronización de las UM (unidades motoras), los que nos permite alcanzar la fuerza máxima en un tiempo corto, mejorando así la reacción. Los tiempos de recuperación que se plantean para los trabajos orientados a la estimulación de los Factores Nerviosos son compatibles con los tiempos de la rehabilitación. Es imperiosa la necesidad de combinar este tipo de trabajo con la metodología orientada a la hipertrofia muscular así como traspasar a la funcionalidad de cada disciplina las altas frecuencias obtenidas por los trabajos con altas cargas.

3.8.5.3. La prueba de su intervención

Pruebas de la intervención temprana de los Factores Nerviosos en etapas tempranas de la rehabilitación:

1. Ganancia de fuerza con el entrenamiento cruzado: el entrenamiento de fuerza de un miembro produce la ganancia de fuerza del miembro opuesto sin desarrollo de la hipertrofia. (Moritani y Vries, 1979).

2. Ganancia de Fuerza en la primera sesión (Whitley y Elliot, 1968) está excluido que se deba a transformación de la estructura del músculo.

3. Relación entre MVC= Contracción Voluntaria Máxima y CSA= sección transversal del musculo, todo aumento de esta proporción significa adaptación nerviosa de la musculatura en detrimento de hipertrofia, hasta las primeras 8 o 10 semanas de entrenamiento la relación aumenta (Hakkinen y Komi, 1983).

4. Actividad EMG después del entrenamiento en menor que al inicio lo que indica una intervención temprana de los Factores Nerviosos. (Hakkinen y Komi, 1983).

Es importante aclarar que el trabajo orientado a la hipertrofia muscular es de igual importancia que la estimulación de los factores nerviosos desde el inicio de la rehabilitación ya que es el cambio en la estructura del músculo lo que va a sostener la ganancia de la fuerza después de la 8va a la 10ma semana de entrenamiento. La Experiencia de Smidtbleicher (1987) nos aclara cual es la forma correcta de estimular la musculatura para generar hipertrofia muscular, se realizan 5 series de 8 a 12 repeticiones al 70% de una RM (Máximo peso movilizado en una repetición), con un volumen de 3 veces semanales. Aquí cabe una aclaración que se desprende de la práctica Kinésica, el 70% se realizan de la estimación de la fuerza máxima y no de una repetición máxima ya que al trabajar con musculatura o articulaciones lesionadas esto podría ser peligroso. Para conseguir la fuerza máxima individual del paciente se moviliza una carga liviana hasta que fallen los mecanismos coordinativos o se quede sin fuerza.

3.8.5.4. Aumento de la contracción voluntaria y no de la contracción involuntaria

En programas de entrenamiento relativamente cortos (de 5 a 8 semanas, la fuerza voluntaria aumenta y la fuerza inducida (por estimulación eléctrica) no varía tanto al nivel de la sacudida máxima como al de la tensión tetánica *(Davies y Young, 1983; McDonagh, Hayward y Davies, 1983).* La contracción inducida por estimulación eléctrica expresa para estos autores la manifestación de la fuerza "bruta" del musculo debido a su propia estructura.

Sobre un periodo más largo la fuerza inducida aumenta igualmente. Para Liberson y Asa (1959) el porcentaje de aumento de la fuerza "voluntaria" es dos veces superior al de la fuerza "inducida", sugiriendo una adaptación "extramuscular". En efecto., la fuerza inducida por electro estimulación aumenta muy poco, mientras que la fuerza voluntaria aumenta de manera más sensible.

Aumento de la fuerza voluntaria sin hipertrofia

El entrenamiento de la fuerza sin hipertrofia se lleva a cabo al realizar 2 o 3 repeticiones con el 90% - 95% de la carga máxima. Si la mayor carga que un individuo puede manejar para realizar una sola repetición es de 100Kg, estará entrenando la fuerza sin hipertrofia al realizar 2 o 3 repeticiones con 90-95Kg. A través de estos porcentajes de intensidad se busca un aumento en la fuerza muscular sin un agrandamiento muscular que la acompañe. Otro modo de buscar un aumento de fuerza sin un aumento del tamaño muscular, es a través del entrenamiento de la fuerza máxima. Se entiende por fuerza máxima, al máximo peso que un individuo puede levantar realizando una sola repetición o movimiento, independientemente del tiempo utilizado. Es decir, 1 repetición con el 100% de la carga.

Cuando se reduce la intensidad, el volumen de entrenamiento debe aumentarse para lograr la adaptación. El entrenamiento a intensidades muy elevadas requiere sustancialmente menos volumen de entrenamiento, pero las adaptaciones que tienen lugar serán significativamente distintas a las logradas con el entrenamiento de baja intensidad y de elevado volumen.

Para maximizar los beneficios del entrenamiento de la fuerza, el estímulo del entrenamiento debe incrementarse progresivamente conforme el cuerpo se adapta al estímulo actual. Nuestro cuerpo responde al entrenamiento adaptándose a la tensión del estímulo del entrenamiento. Si la cantidad de estrés permanece constante, acabaremos adaptándonos totalmente a este nivel de estimulación y nuestro cuerpo no necesitará otra adaptación. El único modo de continuar mejorando con el entrenamiento es incrementar progresivamente el estímulo o estrés del entrenamiento.

En otras palabras, para aumentar la fuerza de un músculo, hay que obligarle a que trabaje a un nivel más alto al que está acostumbrado. Hay que sobrecargar el músculo. Sin sobrecarga, el músculo será capaz de mantener la fuerza mientras el entrenamiento se efectúe contra una resistencia a la que el músculo esté acostumbrado.

No obstante, no se logrará ningún aumento de fuerza. Días y semanas repetidos de esfuerzo máximo mejoran la fuerza.

Es importante que los estímulos (entrenamientos) generados sean regulares en el tiempo. Unos pocos días de reposo o de entrenamiento reducido no perjudican, incluso mejoran el rendimiento (sobrecompensación), pero a partir de un cierto momento, la reducción del entrenamiento o la inactividad absoluta producirá una reducción en la función y en el rendimiento fisiológico. Si se utilizan estímulos muy espaciados solo se mantiene lo conseguido. Pero si no se utilizan pausas, o ellas son insuficientes el rendimiento disminuye debido al sobre entrenamiento. Cuando esto ocurre, el estrés del entrenamiento excesivo puede superar la capacidad del cuerpo para recuperarse y adaptarse, lo cual produce más catabolismo (destrucción) que anabolismo (síntesis).

Entonces, es importante establecer una correcta correlación entre los esfuerzos y las pausas del entrenamiento dentro del microciclo (semana) y dentro del mesociclo (mes) de entrenamiento. Aplicando correctamente el descanso muscular el rendimiento mejora debido a que los cambios fisiológicos que permiten la adaptación ocurren durante el descanso muscular y no durante el entrenamiento.

3.8.5.5. La relación MVC/CSA

En los estudios que han demostrado una hipertrofia, se habla de la proporción fuerza máxima sobre sección del musculo: MVC/CSA. Todo aumento de esta proporción expresa una adaptación nerviosa, a menos que expliquemos esa ganancia muscular por una mejor "calidad" muscular, lo cual es casi improbable en función de las siguientes pruebas:

- Ikai y Fukunaga (1970) han demostrado que la proporción MVC/CSA aumenta entre los miembros entrenados, pero igualmente en los miembros no entrenados, lo que indica que los dos miembros han tenido una adaptación nerviosa.

- Para Dons y col (1979), el aumento de esta proporción MVC/CSA se expresa sobre los test específicos (musculación); ese progreso no aparece en los test no específicos (isométricos).

Para periodos de entrenamientos más largos (anos de entrenamiento) la proporción anterior no tiende a aumentar; esto se debe a que la MVC, en el caso extremo

de hipertrofia, disminuye a causa del descenso de la densidad de las miofibrillas (McDougall, Sale, Eider y Sutton, 1982), lo que provoca una reducción de la tensión producida. Se deduce que al principio del entrenamiento el aumento de la fuerza es debido a factores nerviosos y no a fenómenos musculares (Hakkinen y Komi, 1983). Se observa en una segunda etapa una adaptación muscular (expresándose principalmente por una hipertrofia). Si esta hipertrofia se lleva al máximo, resulta ineficaz.

En efecto, la "calidad" de la contracción disminuye y la proporción MVC/CSA puede descender a valores inferiores a los medidos durante el periodo de preentrenamiento.

3.8.5.6. El efecto del entrenamiento cruzado

El entrenamiento de un miembro provoca una ganancia de fuerza del miembro opuesto no entrenado (Coleman, 1969; Ikai y Fukunaga, 1970; Moritani y de Vries, 1979; Houston y col., 1983; Komi y col, 1978), ello sin aumento de la masa, ni del volumen de las fibras, ni del valor obtenido durante la contracción inducida. Muestra los resultados de la experiencia de Moritani y de Vries (1979). Para el brazo entrenado el aumento de la fuerza está acompañado de un aumento del electromiograma integrado (IEMG) y de un aumento de la masa muscular; el aumento del IEMG expresa una puesta en marcha más importante de los mecanismos nerviosos: reclutamiento y/o frecuencia. La fuerza, según se aprecia, aumenta igualmente en el miembro no entrenado, pero asociado únicamente a una ampliación del IEMG, lo que traduce el hecho de que "el efecto de entrenamiento cruzado" es el resultado de una adaptación nerviosa.

La figura 99b representa la evolución del IEMG en función de la fuerza antes y después del entrenamiento. Se aprecia para el brazo entrenado una disminución de la pendiente que indica que para una misma fuerza la actividad nerviosa es menor; el progreso se debe en este caso a modificaciones estructurales a nivel muscular. Al menos, el grado de activación por fuerzas importantes ha aumentado, mostrando un progreso a nivel nervioso. Para el brazo no entrenado se constata únicamente una ganancia "nerviosa" no habiendo cambiado la curva.

3.8.5.7. El reclutamiento de las unidades motoras

Las encargadas de transmitir los impulsos nerviosos y llevarlos hasta el músculo son las neuronas motoras o motoneuronas, controladas a su vez por centros nerviosos

superiores que regulan la respuesta motriz. Los axones de las motoneuronas parten desde la medula espinal llegando hasta las fibras musculares. Cada axón poco antes de conectar con estas fibras se divide y ramifica en muchos terminales, cada uno de los cuales contacta con una fibra a través de una estructura llamada "Placa Motora ". Al conjunto formado por una motoneuronaα y las fibras musculares que inerva se le llama "Unidad Motora "(U. M). El número de fibras que forman parte de la unidad motora es muy variable y depende del tipo de músculo, en músculos que ejercen poca fuerza y requieren movimientos muy precisos como los del rostro o de los dedos, el número de fibras de la U.M. es muy pequeño incluso de una sola fibra inervada por la motoneurona, en otros músculos más grandes, que ejercen más fuerza y menor precisión el nº. de fibras de la U.M aumenta, pudiendo llegar hasta las 1500 (como término medio en el cuerpo se calculan unas 500.000 motoneuronasα y unos 300 millones de fibras musculares motoras, sale una media de 600 fibras / U.M).

Características de la unidad motora:

1. Todas las fibras de la U.M son homogéneas en cuanto a propiedades histoquímicas, contráctiles y metabólicas

2. Las fibras de una misma unidad motora raramente están situadas una junto a otras, sino que se distribuyen ampliamente a lo ancho de áreas del músculo por lo que cada U.M comparte un área del músculo con otras

3. Las U.M situadas en cada área muscular pueden pertenecer a todos los tipos representados en ese músculo

4. El número de fibras por U.M es muy variable: de una a 1500.
5. Las diferencias básicas entre U.M depende de las propiedades contráctiles de sus fibras

6. Contracción siguiendo la "Ley del todo o nada". Cuando una neurona envía un influjo nervioso, todas las fibras musculares pertenecientes a esa U.M se contraen, permaneciendo las restantes en reposo.

Según la intensidad del influjo nervioso se pueden obtener dos respuestas

• Si la intensidad es inferior al "Umbral de Excitabilidad" de las fibras, estas permanecen inactivas (descontraídas).

• Si es igual o superior al Umbral de Excitabilidad todas las fibras afectadas se contraen con el máximo de intensidad .Es decir, es músculo puede desarrollar distintos grados de tensión, no a costa de la contracción parcial de todas sus fibras, sino por la contracción completa de un número variable de fibras. A este comportamiento se le denomina ley del Todo o Nada.

a. El reclutamiento espacial

Se explica la ley de *Henneman (1965).* El reclutamiento esta ordenado por el principio del tamaño o "*sizeprinciple*". La primera motoneurona reclutada son las motoneuronas de tamaño pequeño. Son las que tienen igualmente la velocidad de conducción más débil y que desarrollaran la tensión muscular más baja. El orden de reclutamiento de las unidades motoras es entonces: UM I seguido de UM Iia Finalizando con UM IIb.

Se puede constatar seguidamente que las unidades motoras rápidas no participan para los esfuerzos de pequeña intensidad (según Burke, 1980).

Existen dos modos de reclutamiento espacial:

- El movimiento en "rampa" dominado por un reclutamiento progresivo de las unidades motoras. La ley de *Henneman* domina, pero no sería válida más que en la función principal del musculo (*Desmedt y Godaux, 1977).*

- El movimiento "balístico" basado en un reclutamiento impulsivo de las unidades motoras. Acerca de este tipo de funcionamiento se enfrenta dos hipótesis:

1. La ley de *Henneman* se respeta *(Desmedt y Godaux, 1977).*
2. Solo las unidades motoras rápidas son reclutadas en este caso *(Grimby y Hannertz, 1977).*

b. Temporal

Principio General

Se trata de la suma temporal: un musculo responde mediante una sacudida a un impulso. Si en un segundo impulso surgiera suficientemente rápido, la sacudida sería superior. Una serie de impulsos cercanos nos dará un tétanos imperfecto y al final un tétanos perfecto.

Los tipos de Frecuencias

Suelen ir de 8 a 50-60 Hz. Para los movimientos rápidos la frecuencia puede ser superior: se habla de 125 a 150 Hz al principio del movimiento bajo la forma de dobletes o tripletes *(Sale, 1988).*Esto no dura más de 100mseg (ventana definida anteriormente por el movimiento balístico). La fuerza máxima puede alcanzarse con una frecuencia de 50Hz *(Grimby y col, 1981)* y por lo tanto se registran frecuencias superiores.

Las frecuencias superiores a 50 Hz se destinan a mejorar la pendiente de subida de fuerza. Este fenómeno es interesante en el movimiento deportivo. Un entrenamiento "explosivo" puede entonces mejorar la posibilidad de aumentar la frecuencia de los impulsos a intervalos de tiempo muy cortos (Sale, 1988). En el entrenamiento, las cargas pesadas son ideales para aumentar la fuerza máxima, las cargas ligeras utilizadas rápidamente son favorables para la subida rápida de fuerza. Una combinación de las dos presenta un cierto interés. En los sujetos sedentarios, las unidades motoras rápidas no son reclutadas o utilizadas plenamente sobre frecuencias de descargas optimas, durante las contracciones máximas (De Lucas y col, 1982).En efecto, esos autores han demostrado que durante las contracciones máximas las unidades motoras rápidas descargaban a frecuencias inferiores a la de las unidades motoras lentas. Esto explica una posibilidad de progreso importante que desarrolla seguramente el entrenamiento o las situaciones de tensión intensa o de hipnosis (De Lucas y col, 1982).

El entrenamiento aumenta la posibilidad de desarrollar frecuencias elevadas *(Grimby y col, 1981)*. Así las unidades motoras de alto umbral de reclutamiento que no estaban implicadas van a ser solicitadas. Además un entrenamiento de tipo isométrico es capaz de permitir un mantenimiento de descarga elevada durante un periodo más largo 9que pasa de los 3-4 a los 20 segundos).

Por otra parte, el entrenamiento isométrico permite a las unidades motoras lentas y rápidas descargar más regularmente (Grimby y col, 1981). El entrenamiento dinámico

por tensiones musculares intensas provoca, al contrario, una reducción de la posibilidad para las unidades motoras de descargar regularmente (Cracraft y Petajan, 1977).

3.8.5.8. Factores que dependen del estiramiento muscular

En la mayoría de actividades físicas, al menos en las de cierta intensidad, es imprescindible el calentamiento. Los estiramientos no son una excepción. Algunas personas confunden estirar con calentar, no es infrecuente oír a algunos deportistas esporádicos o incluso deportistas, afirmar que alguien está "calentando" cuando en realidad está estirando. De hecho lo correcto es primero calentar y luego estirar. El calentamiento general entre otros beneficios aumenta el riego sanguíneo y eleva la temperatura corporal, dos efectos beneficiosos para realizar ejercicio físico, además el calentamiento específico aumenta la cantidad de sangre que llega a los tejidos que vamos a estirar, nutriéndolos y oxigenándolos (Pila Telena, 2009).

(Thys, 1983) constata que en un movimiento natural como es el de la carrera los músculos extensores de la rodilla primero son sometidos a un estiramiento antes de contraerse en acortamiento. El rendimiento del trabajo motor en estas condiciones (con estiramiento previo) es notablemente superior (superior al 40%) al rendimiento máximo (25%) con el cual los músculos transforman la energía química en trabajo mecánico (Cavagna y col., 1968). Según (Thys, 1983), valores también elevados de rendimiento sugieren que una parte del trabajo positivo se ejecuta a partir de una fuente distinta de la transformación de energía química en trabajo mecánico.

Comportamiento elástico del musculo

Se puede dar ejemplos de manifestaciones de la elasticidad muscular.

- En reposo el musculo aislado opone a las pequeñas elongaciones solo una fuerza mínima. A partir de una cierta elongación se resiste al estiramiento con una fuerza que crece exponencialmente este.

- Un choque eléctrico único aplicado a un musculo da lugar a una sacudida simple donde la fuerza es notablemente inferior a la generada por las descargas repetidas (tétanos). Si se estira rápidamente el musculo poco tiempo después de la administración del estímulo, la fuerza de la sacudida se une a la de la contracción tetánica.

- En el transcurso de un detente (salto) isotónico rápido el acortamiento se lleva a cabo por una fase rápida, casi instantánea, seguida de una fase más lenta, sugiriendo que una estructura elástica se detiene después de equilibrar la fuerza ejercida por los elementos contráctiles.

La reducción de la actividad eléctrica de los músculos

En él y transcurso de movimientos de flexo-extensión de piernas, la actividad eléctrica integrada de los cuádriceps es un 35% inferior si los movimientos son ejecutados con rebote. Par unas misma eficacia las contracciones precedidas por un estiramiento solicitan menos fibras musculares (Thys, 1974).

a. La intervención del reflejo miotático

El reflejo miotático es un reflejo monosináptico. Es de origen medular. Su retraso de intervención, muy corto, (30mseg) es compatible con las respuestas motoras de tipo "impulsión".

El reflejo miotático y movimientos deportivos

(Schmidtbleicher, 1983) ilustró el papel del reflejo miotático (RM), después de un salto en contramovimiento. *(Dietz col, 1979)* han demostrado el papel del RM después de la carrera al nivel del tríceps. El reflejo de estiramiento contribuye pues a la eficacia de la reacción de los extensores durante impulsión. De la misma manera *(Bussel y col, 1980)* han mostrado la intervención del RM después de una reacción para restablecer el equilibrio a continuación de un impulso brusco antes del avance. *(Dietz col, 1981)* han estudiado el RM en el tríceps braquial en el transcurso de una caída hacia el suelo amortiguada por los brazos.

Reflejo miotático y entrenamiento

Los estudios de *(Schimdtbleicher y col, 1988)* son los más edificantes en este aspecto. El reflejo miotático no es eficaz a no ser que se una a la contracción voluntaria. Schmidtbleicher registra el IEMG durante saltos en contramovimiento. Comparo los resultados obtenidos antes y después de un ciclo de polimetría.

Como subrayan *(Komi, 1986 y Sale, 1988)* se nota una inhibición (se traduce para una bajada sensible de la actividad eléctrica). Esta inhibición seria para *Schmidtbleicher* una reacción de defensa para evitar una contracción demasiado intensa, con el siguiente riesgo de producir una herida. El entrenamiento modifica estos comportamientos. En efecto, se puede notar en los registros efectuados después de los entrenamientos una modificación importante en la fase concerniente.

b. Elasticidad muscular

El esquema de Hill nos muestra los diferentes componentes de la elasticidad muscular. Después de numerosas variantes, se ha propuesto la más explícita, la de *Shorten (1987).*

Se distinguen claramente dos componentes elásticos:

- Un componente elástico en paralelo (CEP)
- Un componente elástico en serie(CES)

El componente elástico en paralelo

Corresponde a las envolturas musculares. Su papel en los movimientos deportivos es inexistente *(Goubel y cois, 1982),* interviene solo cuando los músculos están en reposo.

El componente elástico en serie

El componente elástico en serie ha sido localizado inicialmente en los tendones (Hill, 1950), después por término medio en los tendones y en la materia contráctil *(Jewell y Wilkie, 1958).*

Se compone pues de dos fracciones:

- Una fracción pasiva constituida por los tendones,
- Una fracción activa que se encuentra en los puentes de actina-miosina.

La novedad reside, pues, en el reconocimiento de la fracción activa. Desde *Huxley y Simmons*, 1974 se representa la molécula de miosina bajo la forma de dos elementos.

- Un elemento S-1: la cabeza de miosina presenta muchos puntos de anclaje;
- Un elemento S-2: la cola de la molécula esquematizada por un resorte.

En el transcurso de una contracción en acortamiento, el segmento S-1 bascula hacia una posición de menor potencial. Se puede apreciar que los enganches tienen lugar en sitios preferenciales. En el transcurso de un estiramiento brusco el segmento S-2 se elonga (el resorte se estira) arrastrando al segmento S-1 a una posición de muy alta energía potencial antes de la relajación que va a seguir.

Para expresar elasticidad muscular se habla de rigidez y de complianza o extensibilidad.

"El coeficiente de rigidez de un resorte (muelle) se expresa por la relación entre una variación de fuerza sobre una variación de longitud. Para el musculo, se define muy a menudo su característica elástica como la inversa de su rigidez: la complianza o extensibilidad" *(Pousson, 1984).*

Cuanto más rígido sea un musculo, menos elástico será. Estas dos nociones son, pues, antagonistas. La complianza varía en función de los músculos: los músculos que poseen muchas fibras rápidas son mucho más elásticos que los músculos muy ricos en fibras lentas (Wells, 1965). El entrenamiento de tipo explosivo o pliométrico (Pousson, 1988) tiene como consecuencia un aumento de rigidez. El trabajo excéntrico (Rousson, 1984) es particularmente eficaz para mejorar la rigidez muscular.

En condiciones experimentales muy precisas se pudo demostrar (*Wilkie, 1950; Goubel, 1974)* que la elasticidad disminuye en función de la fuerza.

El tiempo de acoplamiento

Es el tiempo que transcurre entre la fase de estiramiento y la fase de acortamiento. Bosco, 1982 ha demostrado que cuanto más grande es el tiempo de acoplamiento, más importante y corta es la restitución de energía potencial. Bosco, 1985 piensa igualmente que si el tiempo de acoplamiento es inferior a la duración de vida de un puente de actina-miosina, se producirá una mejor utilización de la energía potencial. De hecho, como la vida de los puentes de las fibras rápidas es corta (Goldspink, 1977), un tiempo de acoplamiento muy largo favorecería que los músculos comporten muchas fibras lentas.

3.8.5.9. Técnica de estiramiento Facilitación Neuromuscular Propioceptiva

Técnica desarrollada a partir de estudios realizados por el doctor Herman Kabat a finales de los años 40, a partir de estos estudios se basó en el trabajo del neurofisiólogo Charles Sherrington. Inicialmente el doctor Kabat trabajó con la Fisioterapeuta Margaret Knott los cuales lograron expandir dicha técnica por el mundo, estas dos personas elaboran el método de la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva logrando así combinaciones donde los movimientos logran comprobar la eficacia de la resistencia, los estiramientos máximos como facilitadores en búsqueda de respuestas de un músculo débil distal por irradiación desde un músculo proximal más fuerte de función afín. De esta manera identificaron patrones de movimiento en masa de carácter espiral y diagonal, donde el estiramiento de los músculos sinergistas en los patrones de movimiento en masa es, por sí mismo, un mecanismo de facilitación eficaz.

De los trabajos realizados por el doctor Sherrigton, en la década del 50, atendieron los principios señalados por el autor como fueron: la inducción sucesiva, la inervación e inhibición recíproca y el proceso de irradiación; a partir de allí formularon 6 técnicas más como son: resistencia máxima, la estabilización rítmica, inversión rápida, contracción – relajación , sostén y estiramiento; y es en 1951 cuando agregan 3 técnicas más: inversión lenta, inversión lenta y sostén, relajación y movimiento activo disponiendo así de 9 técnicas para seleccionar de acuerdo a las necesidades del paciente.

3.8.5.10. Concepto de la FNP

La facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) es un método de ejercicio terapéutico basado en los principios de la anatomía funcional y neurofisiología. Emplea la aferencia propioceptiva, cutánea y auditiva para producir una mejora funcional del eferente motor, y puede ser un elemento vital en el proceso de rehabilitación de muchas lesiones deportivas. Hace mucho tiempo que se recomiendan estas técnicas para aumentar la fuerza, flexibilidad y grado de movilidad (Burke, 2000) Es evidente que las técnicas de FNP son también útiles para mejorar el control neuromuscular.

En este tipo de técnica se realizan un grupo de ejercicios especiales que se caracterizan por realizan patrones de movimiento funcional, los cuales presentan 2 características especiales:

1. Son en sentido diagonal.

2. Se realizan con componente rotacional.

Los patrones de movimiento son movimientos en masa que asemejan a todas nuestras acciones cotidianas e incluso las actividades deportivas (gestos deportivos). La aplicación de esta técnica en los patrones de movimiento depende de las necesidades del usuario, teniendo en cuenta el estado general, el diagnóstico, el pronóstico y las metas de nuestro usuario. Es importante conocer que las técnicas de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva poseen una amplia gama de patrones, técnicas y procedimientos que permiten trabajar con pacientes inconscientes hasta deportistas de alto rendimiento; ya sea con fines preventivos o de rehabilitación.

3.8.5.11. Bases neurofisiológicas de la FNP

Las técnicas terapéuticas de la FNP se usaron por vez primera en pacientes con parálisis y trastornos neuromusculares. La mayoría de los principios de las técnicas de ejercicio terapéutico moderno se pueden atribuir al trabajo de (Sherrington, 1947) que describió por primera vez los conceptos de la facilitación e inhibición.

> Un impulso que viaje por la vía corticoespinal o un impulso aferente procedente de los receptores periféricos del musculo que ascienda por esta vía causan una ráfaga de impulsos, lo cual causa una descarga de un número limitado de motoneuronas específicas, así como la descarga de otras motoneuronas circundantes (cercanas anatómicamente) en el área de franja subliminal. Un impulso que provoque el reclutamiento y descarga de motoneuronas adicionales en la franja subliminal se dice que es un impulso facilitador. Se dice que cualquier estimulo que haga que las motoneuronas se retiren de la zona de descarga y de la franja subliminal es un estímulo inhibidor.(Lloyd, 1946).

La facilitación provoca un aumento de la excitabilidad de las motoneuronas. Por tanto, en la función de los músculos débiles ayuda la facilitación, y la espasticidad muscular disminuye con la inhibición.(Greenman, 1993).

Sherrington atribuyo a los impulsos transmitidos por los receptores periféricos del estiramiento a través del sistema aferente el ser la influencia más poderosa sobre la

motoneurona alfa (Sherrington, 1947) Por tanto, el preparador físico debe saber modificar la aferencia de los receptores periféricos para influir así en la excitabilidad de las motoneuronas alfa. La descarga de motoneuronas se facilita mediante estimulación periférica, que provoca que los impulsos aferentes establezcan contacto con neuronas excitadoras y aumenten el tono muscular o la fuerza de la contracción voluntaria. Las motoneuronas provocan que los impulsos aferentes establezcan contacto con las neuronas inhibidoras, lo cual causa relajación muscular y permite el estiramiento del musculo. Si se quiere una técnica en que se emplee la aferencia de los receptores periféricos para facilitar o inhibir, habrá que usar FNP.(Greenman, 1993).

Los principios y técnicas de la FNP se basan en el reflejo de estiramiento implica dos tipos de receptores: (1) los husos musculares, que son sensibles a un cambio de longitud, así como al ritmo del cambio de longitud de la fibra muscular, y (2) los órganos tendinosos de Golgi, que detectan cambios en la tensión.

Estirar un musculo provoca un aumento de la frecuencia de impulsos transmitidos a la medula espinal procedentes del huso muscular, lo cual causa un aumento de la frecuencia de los impulsos de los nervios motores que vuelven a ese mismo musculo, oponiéndose de forma refleja al estiramiento. Sin embargo, el desarrollo de tensión excesiva en el musculo activa los órganos tendinosos de Golgi, cuyos impulsos sensitivos vuelven a la medula espinal. Estos impulsos tienen un efecto inhibidor sobre los impulsos motores que vuelven a los músculos y hacen que se relajen (Carter, 2000).

Dos fenómenos neurofisiológicas ayudan a explicar la facilitación e inhibición de los sistemas neuromusculares. El primero, la inhibición autógena, se define como la inhibición mediada por fibras aferentes de un musculo estirado que actúa sobre las motoneuronas alfa que inervan ese musculo, haciendo que se relaje. Cuando un musculo se estira, las motoneuronas que inervan ese musculo reciben impulsos excitadores e inhibidores de los receptores. Si el estiramiento continúa cierto periodo de tiempo, las señales inhibidoras de los órganos tendinosos de Golgi terminan dominando sobre los impulsos excitadores, y, por tanto, causan relajación. Como las motoneuronas y, por tanto, causan relajación. Como las motoneuronas inhibidoras reciben impulsos de los órganos tendinosos de Golgi mientras el huso muscular crea una excitación refleja inicial que causa contracción, aparentemente los órganos tendinosos de Golgi envían impulsos inhibidores que duran mientras aumenta la tensión (debida al estiramiento pasivo o a la contracción activa) y finalmente dominan los impulsos más débiles del huso muscular.

Esta inhibición parece proteger el musculo de la lesión de las contracciones reflejas producto del excesivo estiramiento.

El segundo mecanismo, la inhibición recíproca, trata de las relaciones de los músculos agonistas y antagonistas. Los músculos que se contraen para producir movimientos articulares se llaman agonistas, y el movimiento resultante se denomina patrón agonista. Los músculos que se estiran para generar el patrón agonista se llaman antagonistas. El movimiento que ocurre directamente opuesto al patrón agonista se llama patrón antagonista.

Cuando las motoneuronas del musculo agonista reciben impulsos excitadores de los nervios aferentes, las motoneuronas que inervan los músculos antagonistas se inhiben por impulsos aferentes (Basmajian, 1978) Así, la contracción o estiramiento extendido del musculo agonista deben generar relajación o inhibir al antagonista. Igualmente, un rápido estiramiento del musculo antagonista facilita una contracción del agonista. Para facilitar o inhibir el movimiento, la FNP depende mucho de las acciones de estos grupos de agonistas y antagonistas.

Un punto final que hay que aclarar se refiere a la inhibición autógena o recíproca. Las motoneuronas de la medula espinal siempre reciben una combinación de impulsos inhibidores y excitadores de los nervios aferentes. Si estas motoneuronas se excitan o inhiben depende de la relación entre estos impulsos de entrada.

Siendo como es un método positivo de rehabilitación de lesiones, la FNP se interesa por lo que el paciente puede hacer físicamente con las limitaciones de la lesión. La mejor forma de usarla es reducir las deficiencias de la fuerza, flexibilidad y coordinación neuromuscular como respuesta a las demandas que se imponen al sistema neuromuscular. El énfasis se pone en la reeducación selectiva de elementos motores individuales mediante el desarrollo del control neuromuscular, la estabilidad articular, y la movilidad coordinada. Se aprende cada movimiento y luego se refuerza mediante repeticiones con la intensidad y exigencia adecuadas dentro de un programa de rehabilitación (Saliba, 1993).

El cuerpo tiende a responder a las demandas que se le imponen. Los principios de la FNP tratan de generar una respuesta máxima para aumentar la fuerza, flexibilidad y coordinación. Estos principios se deben aplicar teniendo en cuenta si son apropiados para lograr una meta concreta. Que la actividad continuada durante un programa de

rehabilitación es esencial para mantener o mejorar la fuerza o flexibilidad. Por tanto, un programa intenso debe ofrecer el máximo potencial de recuperación.

El método de la FNP es holístico, e integra los aspectos sensitivo, motor y psicológico de un programa de rehabilitación. Incorpora actividades reflejas de los niveles medulares y superiores, sea para inhibirlos o facilitarlos según sea apropiado.

El encéfalo reconoce solo los movimientos articulares macroscópicas y no la acción de músculos individuales. Sin embargo, la fuerza de una contracción muscular es directamente proporcional a las unidades motrices activadas. Por tanto, para aumentar la fuerza de un musculo hay que estimular el máximo número de unidades motrices para fortalecer las fibras musculares restantes.

Esta irradiación o efecto de transferencia puede ocurrir cuando los músculos más fuertes ayudan a los más débiles a concluir un movimiento concreto. Esta cooperación permite lograr el objetivo de recuperar una función óptima.

3.8.5.12. Principios básicos de la FNP

Estos principios constituyen la base de la FNP que debe caracterizar a cualquier técnica específica. Los principios de la FNP se basan en principios neurofisiológicos y cinesiológicos y en la experiencia clínica. La aplicación de los siguientes principios ayuda a generar la respuesta deseada del paciente bajo tratamiento.

1. El paciente debe aprender los patrones de FNP teniendo presentes los movimientos secuenciales desde la postura inicial hasta la postura final. A veces resulta útil mover pasivamente al paciente generando el patrón deseado para ensenarle con precisión lo que tiene que hacer. Los patrones se usan junto con las técnicas para potenciar los efectos del tratamiento.

2. Durante el aprendizaje de los patrones, a menudo se ayuda al paciente si se observa como mueve la extremidad. Este estímulo visual ofrece al paciente información sobre el control direccional y posicional.

3. Se usan claves verbales para coordinar el esfuerzo voluntario con respuestas reflejas. Las órdenes que más se usan con las técnicas de FNP son empuja y tira para exigir

una contracción isotónica, y aguanta para generar una contracción isométrica o estabilizadora, y, finalmente, relaja.

4. El contacto manual con la presión adecuada es esencial para influir en la dirección del movimiento y facilitar una respuesta máxima, ya que en las respuestas reflejas influyen mucho los receptores sensibles a la presión. El contacto manual debe ser firme y seguro para que el paciente confié. La manera en que el preparador físico toca a un deportista influye en la confianza que este deposita y en la adecuación de la respuesta motriz o la relajación. La respuesta mediante un movimiento se facilita con la mano sobre el musculo que se contrae para facilitar un movimiento o una contracción estabilizadora.

5. La mecánica y postura correctas del cuerpo del terapista son esencial es al a aplicar presión y resistencia. El preparador físico permanece de pie en una postura en línea con la dirección del movimiento en el patrón diagonal. Las rodillas están flexionadas y cerca del paciente para que la resistencia se pueda aplicar fácilmente o alterar de forma adecuada en cualquier punto de la movilidad.

6. La cantidad de resistencia debe facilitar una respuesta máxima que permita un movimiento armónico y coordinado. La resistencia apropiada depende en gran medida de la capacidad del paciente. También puede cambiar en distintos puntos de la movilidad. La resistencia máxima se puede aplicar con técnicas que usen contracciones isométricas para restringir la movilidad hasta un punto específico; también se usa en contracciones isotónicas en un movimiento en toda su amplitud.

7. El movimiento rotatorio es un componente crítico de todos los patrones de FNP porque las contracciones máximas son imposibles sin él.

8. La duración normal es la secuencia de contracción muscular que ocurre en toda actividad motriz normal que genere un movimiento coordinado. Los movimientos distales de los patrones ocurren primero. Los componentes del movimiento distal deben haber concluido a mitad del patrón total de la FNP. Para hacerlo, las órdenes verbales se deben sincronizar con las órdenes manuales. La duración normal se usa con resistencia máxima o sin resistencia por parte del preparador físico.

9. La duración como elemento de énfasis se usa sobre todo con contracciones isotónicas. Este principio sobrepone resistencia máxima en puntos específicos de la

movilidad, en los patrones de facilitación, permitiendo una transferencia o irradiación a los componentes más débiles de un patrón de movimiento. Se potencian los componentes más fuertes para facilitar los componentes más débiles de un patrón de movimiento.

10. Se facilitan articulaciones específicas usando tracción o aproximación. La tracción separa las superficies articulares y la aproximación las acerca. Ambas técnicas estimulan los propioceptores articulares. La tracción aumenta la respuesta muscular, favorece el movimiento, ayuda a las contracciones isotónicas y se emplea con la mayoría de los movimientos antigravitatorias de flexión. La tracción se mantiene durante toda el patrón. La aproximación aumenta la respuesta muscular, favorece la estabilidad, asiste las contracciones isométricas y se usa sobre todo en movimientos de extensión. La aproximación puede ser rápida o gradual y se puede repetir durante un patrón.

11. Practicar un rápido estiramiento del musculo antes de su contracción facilita que responda con más fuerza mediante los mecanismos del reflejo de estiramiento. Es muy eficaz si todos los componentes de un movimiento se estiran simultáneamente. Sin embargo, este rápido estiramiento puede estar contraindicado en muchas afecciones del aparato locomotor por el riesgo de superar los límites de extensibilidad de una unidad musculotendinosa o una estructura articular dañadas, lo cual exacerbaría la lesión.

3.9. Técnicas de la FNP

3.10. Técnicas de fortalecimiento

a. Iniciación rítmica

Se emplea para mejorar la capacidad de iniciar el movimiento (Parkinson y espasticidad). Se realiza en 4 pasos:

-Relajación voluntaria: lo hace él mismo (claves verbales, masaje)
-Movilización pasiva: (sin resistencia, como cuando enseñamos una diagonal)
-Movilización activa asistida y progresivamente resistida: (el fisioterapeuta va ayudando cada vez menos, no llegamos a resistir sino que le quitamos nuestra ayuda).

-Movimiento activo libre

El movimiento en ningún caso debe causar dolor. Si está restringido, moveremos sólo en la amplitud articular que disponemos. No debemos necesariamente completar el patrón (si hay por ejemplo una restricción de movimiento). Se realiza en un solo sentido (pero no es obligatorio, se pueden trabajar los 2 depende de cada paciente. Por ejemplo: trabajar en flexión de forma activa y la extensión pasivamente o se trabajan los 2).

b. Contracción repetida

Objetivo:

-La excitación reiterada de una determinada vía del SNC, facilita la transmisión de impulsos por esa vía á (cuantas más repeticiones hagamos más fácil será aprenderlo)
-Aprendizaje por repetición: Por este motivo, uno de los métodos de aprendizaje es la repetición de la actividad
"Estimular de forma repetida el SN a través de esas contracciones para mejorar la respuesta del SN y transmisión nerviosa de ese miembro".

-Existen 2 formas de realizar esta técnica:

1. Poco avanzada:

*Contracciones anisométricas (que implican movimiento), estimuladas mediante el reflejo de estiramiento que realizamos cuando el paciente intenta realizar el movimiento (o cuando el P no puede seguir realizando el movimiento).
*Debemos sincronizar la orden verbal, el estiramiento y el esfuerzo del paciente
*Al resistir la contracción se incrementa la respuesta voluntaria y el aprendizaje motor
*Iniciamos el patrón con reflejo de estiramiento y cuando percibimos que pierde fuerza, volvemos a aplicar el reflejo de estiramiento pero lo que estimulo verbalmente es el movimiento que quiero que se produzca.

*Como máximo 3-4 reflejos de estiramiento por diagonal.

Para la Poco avanzada: se utiliza cuando es la única forma de conseguir una contracción voluntaria por parte del paciente

2. Forma Avanzada:

*Antes de hacer esta hemos de haber trabajado la forma poco avanzada (la anterior era para un P con muy poca fuerza; en esta el P tiene algo más de F)
*Empleamos contracciones anisométricas e isométricas
*Para realizarla tenemos que iniciar el movimiento y en el punto en el que el movimiento activo pierda potencia, se realiza una isométrica (sostenga)
*Cuando la isométrica da irradiación (de la musculatura antagonista) y notamos un incremento de la respuesta del paciente, realizamos reflejo de estiramiento y pasamos de nuevo a una anisométrica (tire o empuje).

*Debemos realizarlo pausadamente para que se produzca la irradiación.

Las contracciones repetidas están contraindicadas en los casos agudos (ligamentos: porque está inestable y además estamos interponiendo articulaciones, músculos: porque podemos romper más las fibras lesionadas) y cuando hay espasticidad (porque generas más espasticidad). Están indicadas cuando existe debilidad y problemas de coordinación

c. Inversión lenta

Inversion Antagonistas

-Cuando las técnicas de inversión de antagonistas se realizan de manera normal, significa que la función es normal.
-Cuando los antagonistas no se pueden invertir voluntariamente se compromete al instante fuerza, destreza y coordinación.
-Como forma diagnóstica y terapéutica.
-Son técnicas que se basan en el principio de inducción sucesiva de Sherrington:
-Inmediatamente después de lograr el reflejo flexor aumenta la excitabilidad del reflejo extensor (por ejemplo: después de trabajo con antagonista se obtiene mejor respuesta de agonistas).

-Existen 4 técnicas:

- Inversión lenta
- Inversión lenta y sostén

- Inversión rápida
- Estabilización rítmica

Inversión Lenta

-Realizamos una contracción anisométrica del antagonista, seguida por una contracción anisométrica del agonista (empezamos la diagonal por los antagonistas que son los fuertes)
-La contracción de los músculos fuertes (antagonistas) se utiliza como estímulo para la contracción de los agonistas débiles
-La inversión del movimiento debe realizarse suavemente y sin permitir relajación
-El movimiento empezará siempre por el grupo muscular más potente (antagonista)
-En la práctica: cuando acabo el patrón fuerte enlazo con el patrón débil.

Inversión Lenta y Sostén

-Combinación de contracciones isotónicas e isométricas
-Es hacer isotónica del patrón antagonista y cuando llega al final del patrón se pide una contracción isométrica
-Después lo mismo para el patrón agonista
-Al cambiar el comando verbal y resistir todos los componentes de movimiento
-Primero valoro los movimientos y compruebo la movilidad de cada patrón
-Reflejo estiramiento – patrón antagonista – contracción isométrica – reflejo estiramiento – patrón agonista – contracción isométrica (del débil será menor que la del fuerte).

Inversión Lenta e Inversión Lenta y Sostén.

Se emplean para:

-Fortalecer músculos débiles
-Desarrollar coordinación
-Establecer la inversión normal de los músculos antagonistas en la práctica del movimiento

Inversión Rápida

-No para debilidad, sí para velocidad.

-Consiste en realizar el patrón antagonista con lentitud, con resistencia máxima.
-Al acercarse al recorrido acortado se invierte la dirección por contracción anisométrica del agonista.
-Inmediatamente después solicitamos una contracción isométrica del agonista (el patrón débil es el rápido).
-Reflejo estiramiento – patrón antagonista lento – reflejo estiramiento – patrón agonista rápido – contracción isométrica.
-Está indicado para trabajar y mejorar la velocidad de contracción.

d. Estabilización rítmica

Utilizamos la contracción isométrica de los músculos antagonistas para estabilizar articulaciones, seguida de una contracción isométrica del agonista, lo que conduce a una co-contracción de los antagonistas

-Se puede hacer en cualquier punto del recorrido que queremos estabilizar
-Se emplea para la estabilización articular y la relajación articular
-Contraindicada en Parkinson y hemiplejia espástica
-No hay descanso entre trabajo agonista – antagonista y tampoco hay desplazamiento articular.

3.10.1. Técnicas de estiramiento

Ahora esta técnica es usada más para realizar estiramientos, hay tres técnicas de FNP: técnicas de sustentación - relajación, técnicas de contracción - relajación y técnicas de inversión lenta. Las tres técnicas tienen cierta combinación de contracciones isométricas o isotónicas alternas y relajación de los músculos agonistas y antagonistas. (Edgar Lopategui, 2012).

a. La técnica de contracción-relajación

Contracción - relajación. Es una técnica de estiramiento que mueve pasivamente una parte del cuerpo siguiendo el patrón del musculo agonista. Se le ensena al deportista a oponerse contrayendo isotónicamente el antagonista ante la resistencia que genera el preparador físico. El deportista relaja el antagonista mientras el preparador físico mueve esa parte de forma pasiva hasta donde sea posible o se aprecie limitación de la

movilidad. Esta técnica es beneficiosa cuando el grado de movilidad está limitado por la tirantez muscular.

b. Sustentación – relajación

Sustentación – relajación. Se empieza con una contracción isométrica del antagonista frente a una resistencia, seguida por una contracción concéntrica del agonista en combinación con una ligera presión del preparador físico con el fin de producir el máximo estiramiento del antagonista. Esta técnica es apropiada cuando hay una tensión muscular en un lado de la articulación.

c. Inversión lenta-sustentación-relajación

Inversión lenta. También llamada CRAC O estiramiento del musculo interesado con contracción simultanea del musculo antagonista. Res una técnica que se inicia con una contracción isotónica del agonista, a menudo limita el grado de movilidad del patrón del agonista, seguida por una contracción isométrica del antagonista durante la fase de tracción. Durante la fase de relajación, los antagonistas se relajan mientras los agonistas se contraen, generando movimiento en la dirección del patrón agonista, y por tanto, estirando el antagonista. Esta técnica es útil para aumentar el grado de movilidad cuando el factor limitante es el grupo de músculos antagonistas.

3.11. HIPÓTESIS

La Técnica de FNP Sostén- relajación mejora la flexibilidad articular y la elasticidad muscular en los jugadores del Equipo de Fútbol Masculino de la PUCE.

3.12. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

TABLA N° 2 Operacionalización de Variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	CONCEPTO	INDICADOR	ESCALA
Técnica de estiramiento sostén-relajación	Proceso que se basa en la resistencia máxima para una contracción isométrica.	Extremidades inferiores	Cintura pélvica: Muslo Pierna Pie Tarso Metatarso Falanges	Repeticiones realizadas a la cadera. Repeticiones realizadas a la rodilla. Repeticiones realizadas al tobillo.	Nominal:estiramiento sostén-relajación
Flexibilidad articular	Es el grado de amplitud de movimientos de una articulación.	Amplitud articular	Es la capacidad desarrollada de flexibilidad	Rango de movimiento Control evaluativo de la flexibilidad	Test de Wells
Elasticidad muscular	Capacidad de los músculos de extenderse y recuperase después de una contracción.	Muscular	Capacidad de un musculo para recuperar su forma o posición original una vez cesa la fuerza externa que lo deformó. Esta cualidad se atribuye a los músculos y en mucha menor medida a los tendones.	Ganancia obtenida	Test de Wells
Deportistas	Personas que practican el futbol	Preparación física	Entrenamiento físico y táctico	Desarrollo apropiado de la actividad	Desempeño cualitativo y cuantitativo

				deportiva	
Edad	Tiempo de existencia desde el nacimiento	Existencia	Comprendida entre los 18 a 22 años	Años transcurridos desde su nacimiento	Razón consciente
Contextura física	Características físicas del jugador	Endomorfo Mesomorfo Ectomorfo	Conformación atlética muscular	Medidas antropométricas	Clasificación anatómica
Equipo de Fútbol Masculino	Conjunto de veintidós jugadores que practican el futbol	Once jugadores	Participar en el encuentro de noventa minutos	Ritmo competitivo físico y emocional	Razón consciente
Implementación deportiva	Accesorios que requieren los jugadores para desarrollar su actividad	Exteriores Interiores: Uniforme de presentación . Zapatos	Elementos necesarios para el desarrollo de la actividad deportiva	Calidad de uniformes Calidad de zapatos	Nominal
Puesto de juego	Lugar que ocupa Un jugador en la cancha para desarrollar un juego	Cancha de juego	Lugar estratégico que ocupa en un esquema táctico	Arco Defensa Delantero	Nominal
Nivel de actividad física	Gasto de energía en la persona que la realiza.	Energía	Dinámica desarrollada en un entrenamiento o en un partido oficial movimiento	3 sesiones semanales	Razón consiente

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente estudio tenemos que considerar en primer lugar variables como la edad, peso y talla que tienen una relación directa para ganar una mayor flexibilidad y elasticidad muscular.

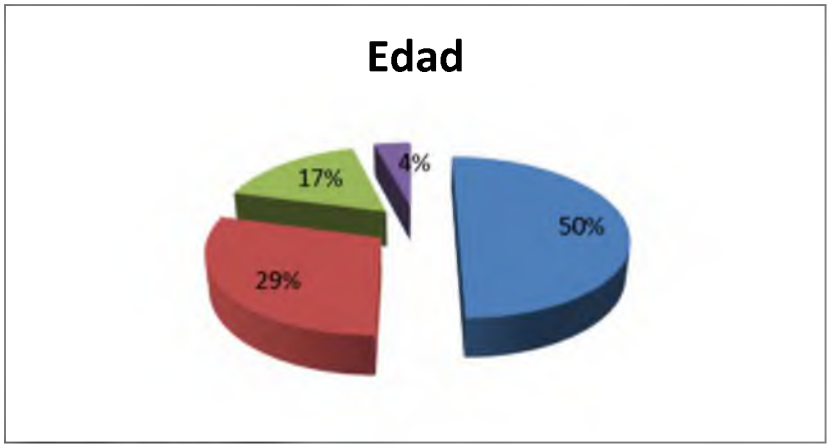
4.1. Edad

TABLA N° 3 Edad

EDAD	CANTIDAD	PORCENTAJE
18 a 20	12	50%
21 a 23	7	29%
24 a 27	4	17%
28 a 30	1	4%
TOTAL	**24**	**100%**

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO N° 1 Edad



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

En el presente estudio se tomó la edad de los jugadores de la PUCE, de los cuales 12 oscilan entre las edades de 18 a 20 años, 7 de ellos tienen de 21 a 23 años, los siguientes 4 jugadores tienen de 24 a 27 años y solamente un jugador tiene 28 años.(Grafico # 1).

TABLA N° 4 Nómina

Nº	Nomina	Edad
1.	Perasso Santiago	23
2.	Verdezoto Iván	21
3.	Bustillos Juan	21
4.	Egas Ricardo	20
5.	Guerrero Josué	20
6.	Martínez Juan Pablo	24
7.	Yépez Camilo	20
8.	Vieira Felipe	19
9.	Veloz Cristopher	21
10.	Carrillo David	25
11.	Pérez David	19
12.	Godoy Isaac	20
13.	Albán William	20
14.	Herrera Adrián	24
15.	Arcalla Jonathan	20
16.	Manosalvas Santiago	21
17.	Ushiña Alex	24
18.	Romero Carlos	22
19.	Ávila Iván	20
20.	Lucas Eduardo	22
21.	Adatty Fernando	18
22.	Ávila Jaime	19
23.	Zapata Andrew	18
24.	Sánchez Cristian	28
	Total	509

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

4.2. Peso

TABLA N° 5 Peso

PESO KILOS	CANTIDAD	PORCENTAJE
52 a 56	2	8%
57 a 61	2	8%
62 a 66	5	21%
67 a 71	3	13%
72 a 76	6	25%
77 a 81	5	21%
82 a 86	1	4%
TOTAL	**24**	**100%**

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 2 Peso



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

El Peso del equipo de futbol de la PUCE va determinado en diferentes rangos para una mejor relación con la Técnica: de 52 a 56 Kg que representa el 8%, de igual forma el 8% corresponde a un peso entre 57 a 61 Kg, además tenemos un peso entre 62 a 66 Kg que es el 21%, los siguientes jugadores tienen un peso desde 67 a 71 Kg con un porcentaje del 13%, sin embrago vamos a un peso más elevado como de 72 a 76 Kg considerándole el 25%, obtenemos otro valor de 77 a 81 Kg que es el 21%, finalmente el 4 % que equivale a un pese de 82 a 86 Kg.

TABLA N° 6 Peso

N^0	Peso	N^0	Peso
1.	68 kg	13.	75 Kg
2.	52 kg	14.	74 Kg
3.	83 kg	15.	66 Kg
4.	77 kg	16.	79 Kg
5.	67 kg	17.	80 Kg
6.	65 kg	18.	64 Kg
7.	77 kg	19.	65 Kg
8.	74 kg	20.	61 Kg
9.	72 kg	21.	63 Kg
10.	75 kg	22.	75 Kg
11.	58 kg	23.	56 Kg
12.	78 Kg	24.	70 Kg

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

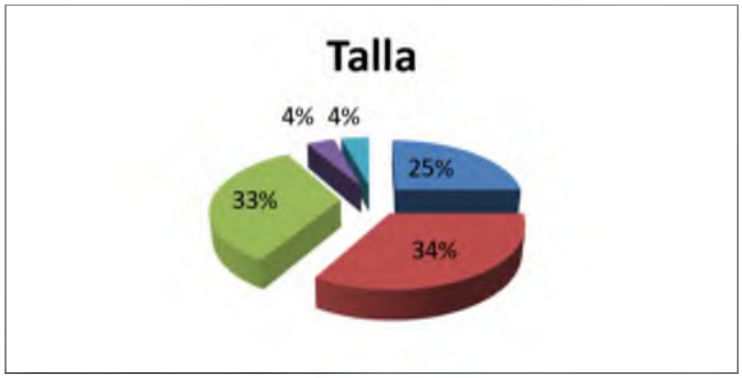
4.3. Talla

TABLA N° 7 Talla

TALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
1.66 a 1.70	6	25%
1.71 a 1.75	8	33%
1.76 a 1.80	8	33%
1.81 a 1.85	1	4%
1.86 a 190	1	4%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 3 Talla



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

En cuanto a la Talla, no porque sean deportistas deben tener una excelente talla ni influye a que ellos tengan una limitación para un mejor desempeño en el juego por lo que sus valores en cm que tiene cada jugador son: 6 futbolistas van ente 1.66 cm a 1.70 cm, los siguientes intervalos tiene el mismo número de futbolistas de 1.71 a 1.75 y de 1.76 a 1.80 que son 8, de igual manera 1 solo jugador esta entre 1.81 a 1.85 y entre 1.86 a 1.90.

TABLA N° 8 Talla

Nº	Talla	Nº	Talla
1.	1.69	13.	1.80
2.	1.70	14.	1.73
3.	1.89	15.	1.71
4.	1.75	16.	1.78
5.	1.77	17.	1.73
6.	1.69	18	1.68
7.	1.68	19	1.75
8.	1.77	20	1.74
9.	1.83	21	1.74
10.	1.77	22	1.78
11.	1.75	23	1.66
12.	1.78	24	1.77

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

4.4. Aplicación de la técnica sostén/relajación a los jugadores del equipo de Fútbol Masculino amateur de la PUCE.

TABLA N° 9 Sin Calentamiento

SIN CALENTAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
-1 a -5 cm	8	33%
-6 a -10cm	3	12.5%
-11 a -15cm	3	12.5%
-16 a -20cm	3	12.5%
0 cm	5	21%
1 a 5 cm	2	8%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 4 Sin Calentamiento



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

En este parámetro se realizó un Pre-test al Equipo de futbol de la PUCE sin la aplicación de la técnica, sin ningún tipo de calentamiento antes del entrenamiento solamente midiendo la flexibilidad de los isquiotibiales mediante la aplicación del test de Wells para ver cuantos centímetros tiene cada jugador: un 33% de ellos tiene de -1 a -5cm menos es decir no alcanzaron a tocar las puntas de sus pies, tres porcentajes son iguales es decir 12.5% de los jugadores tienen de -6 a -10cm, de -11 a -15cm y de -16 a -20cm menos. El 30% restante si tocaron las puntas de sus pies van desde valeres de 0 a 5 cm más.

TABLA N° 10 Sin Calentamiento

SIN CALENTAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
-1 a -5 cm	4	17%
-6 a -10 cm	4	17%
-11 a -15 cm	2	8%
-16 a -20 cm	3	13%
0 cm	5	21%
1 a 5 cm	6	25%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 5 Sin Calentamiento



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

El resultado del análisis de la Técnica aplicada sin calentamiento fue: 8 personas tienen de -1 a -5cm y de -6 a -10cm, 2 jugadores van de -11 a -15 cm, 3 de ellos tiene de -16 a -20cm. Finalmente un total de 11 futbolistas han ganado de 0 a 5 cm.

TABLA N° 11 Sin Calentamiento

Nº	SIN CALENTAMIENTO		
	Evaluación	Evaluación	
	Prueba 1	Prueba 2	Ganancia
1.	0	1	1
2.	-18	-16	2
3.	-10	-9.5	0.5
4.	-4	-2	2
5.	-14	-13.5	0.5
6.	-1	0	1
7.	-5	-4	1
8.	0	0	Ninguna
9.	+3	+4	1
10.	-13	-10	3
11.	-17.5	-17	0.5
12.	-2	0	2
13.	0	0	Ninguna
14.	-2	0	2
15.	-1	+2	3
16.	-4	-2	2
17.	0	+2	2
18.	-15	-13	2
19.	-15.5	-15.5	Ninguna
20.	-8	-7	1
21.	0	+2	2
22.	+2	+3	1
23.	-5	-4	1
24.	-8	-6	2

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

TABLA N° 12 Sin Calentamiento

SIN CALENTAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Mantuvieron	3	13%
0.5	3	13%
1	7	29%
2	9	38%
3	2	8%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 6 Sin calentamiento



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

En el Grafico# 6 estamos viendo el resultado de la Aplicación de la Técnica sostén-relajación quienes no ganaron ningunos centímetros fueron el 13 %, el otro 13 % ganaron 0.5cm mas, un 29% de ellos ganaron 1cm mas de flexibilidad, el 38% de los futbolistas ganaron 2 cm y por último el 8 % ganaron 3 cm de flexibilidad en los isquiotibiales.

TABLA N° 13 Con Calentamiento

CON CALENTAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
-1 a -5cm	1	4%
-6 a -10cm	3	13%
-11 a -15cm	5	21%
-16 a -20cm	0	0%
0cm	4	17%
1 a5cm	10	42%
6 a 10cm	1	4%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 7 Con Calentamiento



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

Para que la Técnica sea más efectiva necesitamos que los músculos estén ejercitados, siendo más flexibles, por eso se aplicó la Técnica una vez realizado el calentamiento de unos 10 a 12min por parte de los deportista en el momento en que se terminó se aplicó la Técnica teniendo como resultado lo siguiente: un 4% tenía de -1 a -5cm, un 13% de ellos tenía de -6 a -10cm, el 21% de los jugadores tenia de -11 a -15cm, el resto de futbolistas llegan a tocar la punta de los pies es decir 0cm un 17%, 42% gano de 1 a 5cm, llegando a ganar hasta 6cm el 4 % de ellos.

TABLA N° 14 Con Calentamiento

CON CALENTAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
-1 a -5cm	2	8%
-6 a -10cm	5	21%
-11 a -15cm	1	4%
-16 a -20cm	0	0%
0cm	2	8%
1 a5cm	12	50%
6 a 10cm	2	8%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 8 Con Calentamiento



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

Después de tres semanas de haber realizado la Técnica durante sus entrenamientos se pudo observar que: el 8% todavía tenía una diferencia de -1 a -5cm, el 21% tuvo de -6 a -10cm, el 4% de ellos de -11 a -15cm, los que llegaron a tocar las puntas de los pies es el 8%, llegando a un 50% de los deportistas a ganar de 1a 5cm y finalmente el 8 % de los jugadores ganaron de 6 a 10 cm.

TABLA N° 15 Con Calentamiento

Nº	CON CALENTAMIENTO		
	Evaluación	Evaluación	
	Prueba 1	Prueba 2	Ganancia
1.	0	+2	2
2.	-12	-10	2
3.	-6	-2	4
4.	+2	+2.5	0.5
5.	-13	-7	6
6.	+2	+3	1
7.	0	0	Ninguna
8.	+1	+3	2
9.	+5	+6	1
10.	-9	-6	3
11.	-13	-10	3
12.	+3	+3	Ninguna
13.	+1	+2	1
14.	+1	+1	Ninguna
15.	+2	+3	1
16.	-2	0	2
17.	+3	+4	1
18.	-12	-12	Ninguna
19.	-11	-10	1
20.	-6	-5	1
21.	+2	+3	1
22.	+6.5	+7	0.5
23.	0	+1	1
24.	0	+2	2

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

TABLA N° 16 Con Calentamiento

CON CALENTAMIENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Mantuvieron	4	17%
0.5cm	2	8%
1cm	9	38%
2cm	5	21%
3cm	2	8%
4cm	1	4%
5cm	0	0%
6cm	1	4%
TOTAL	24	100%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 9



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

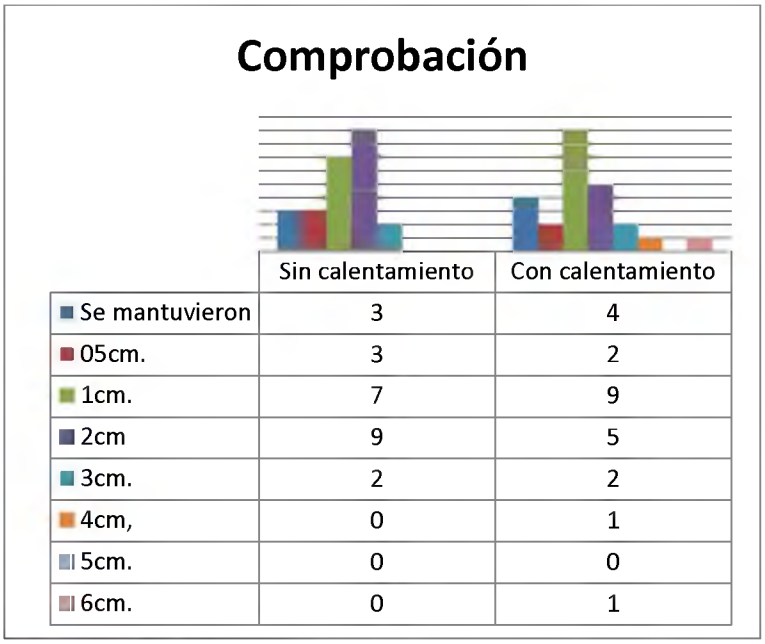
Un resumen en cuanto a la Aplicación de la Técnica con calentamiento quienes se mantuvieron en 0cm fue el 17%, un 8% de los jugadores ganaron 0.5cm, el 38% gano 1cm, seguido de un 21% que gano 2 cm más de flexibilidad, el 8% gano 3cm, finalmente el 8% de los futbolistas gano entre 4 a 6cm.

TABLA N° 17 RESUMEN

SIN CALENTAMIENTO			CON CALENTAMIENTO	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
Se Mantuvieron	3	13%	4	17%
0.5 cm.	3	13%	2	8%
1 cm.	7	29%	9	38%
2 cm.	9	38%	5	21%
3 cm.	2	8%	2	8%
4 cm.	-	-	1	4%
5 cm.	-	-	0	0%
6 cm.	-	-	1	4%
TOTAL	**24**	**100%**	**24**	**100%**

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 10



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

Para un análisis más profundo hice una comparación de la Técnica sostén-relajación sin calentamiento y con calentamiento demostrando la efectividad de la misma. Además darnos cuenta que con calentamiento algunos deportistas bajaron lo que ganaron debido a que no asistían a los entrenamientos, sin embargo ellos ganaron hasta 6cm de flexibilidad en la cadena posterior de miembros inferiores.

TABLA N° 18 RESUMEN POR EDAD TALLA Y PESO

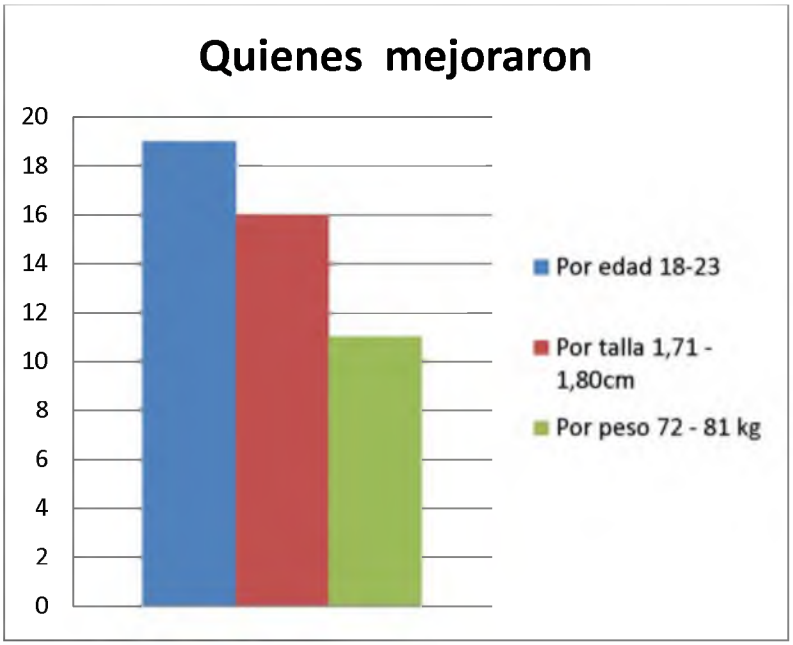
Sin calentamiento							Con calentamiento									
	0cm	0,5cm	1cm	2cm	3cm	Total		0cm.	0,5cm	1cm.	2cm.	3cm.	4cm.	5cm.	6cm.	Total
EDAD 19-20 TALLA 1.75-1.80cm. PESO 65-75 Kg.	3					3	EDAD 20-24 TALLA 1.68.1.78cm. PESO 64-78 Kg.	4								4
EDAD 19-21 TALLA 1.75-1.89cm. PESO 58-83 Kg.		3				3	EDAD 19-20 TALLA 1.75-1.78cm. PESO 75-77 Kg.		2							2
EDAD 18-24 TALLA 1.66 -1.85cm. PESO 52-80 Kg.			7			7	EDAD 18-24 TALLA 1.66 -1.85cm. PESO 56-80 Kg.			9						9
EDAD 20-25 TALLA 1.71-1.77 PESO 66-75Kg.					2	2	EDAD 19-28 TALLA 1.69-1.78 PESO 52-79Kg.				5					5
POR EDAD 18-28 TALLA 1.68-1.78 PESO 52-80Kg.				9		9	EDAD 19-25 TALLA 1.75-1.77 PESO 58-75Kg.					2				2
							EDAD 21 TALLA 1.89 PESO 83Kg.						1			1
							-							0		0
							EDAD 20 TALLA 1.77 PESO 67Kg.								1	1
	3	**3**	**7**	**9**	**2**	**24**		**4**	**2**	**9**	**5**	**2**	**1**	**0**	**1**	**24**
	13%	**13%**	**29%**	**37%**	**8%**	**100%**		**17%**	**8%**	**37%**	**21%**	**9%**	**4%**	**0%**	**4%**	**100%**

TABLA N° 19 Quienes Mejoraron

QUIENES MEJORARON	CANTIDAD	PORCENTAJE
Por Edad		
18 a 23	19	79%
Por Talla		
1.71 a 1. 80	16	67%
Por peso		
72 a 81	14	58%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO N° 11 Quienes Mejoran



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

En el grafico #11 demuestra que quienes mejoraron con la aplicación de la Técnica Sostén-relajación fueron los más jóvenes, es decir 19 de los jugadores, siendo su talla un factor que no influye mucho en cuanto a la flexibilidad por lo que fueron 16 de ellos en último lugar el peso que fueron 14 deportistas.

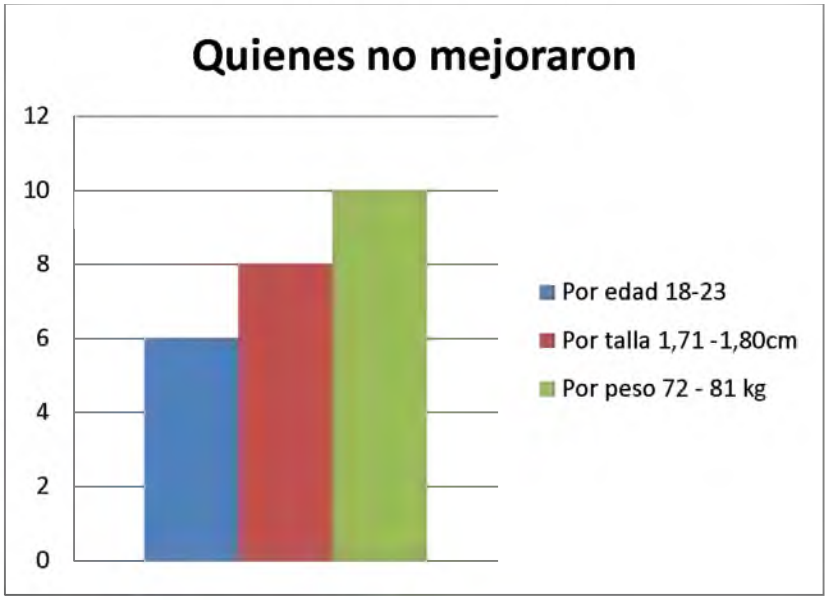
4.5. Quienes no mejoraron

TABLA N° 20 Quienes no mejorarán

QUIENES NO MEJORARON	CANTIDAD	PORCENTAJE
Por Edad		
18 a 23	6	25%
Por Talla		
1.71 a 1. 80	8	33%
Por peso		
72 a 81	10	42%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 12 Quienes no mejorarán



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

Lo que esta grafica nos indica es que quienes no mejoraron fueron 4 jugadores seguidos de un 5 por su talla, y el 10 por su peso.

4.6. Influencia/relación entre peso graso-peso óseo

4.6.1. Relación Peso Graso Vs Peso Normal

TABLA N° 21 Peso Graso

Nº	Peso graso	Peso	Nº	Peso graso	Peso
1.	8.67	68 kg	13.	8.92	75 Kg
2.	3.91	52 kg	14.	9.26	74 Kg
3.	10.08	83 kg	15.	7.25	66 Kg
4.	11.23	77 kg	16.	7.87	79 Kg
5.	8.48	67 kg	17.	8.39	80 Kg
6.	8.53	65 kg	18	6.70	64 Kg
7.	10.60	77 kg	19	6.50	65 Kg
8.	8.35	74 kg	20	5.86	61 Kg
9.	8.79	72 kg	21	6.71	63 Kg
10.	10.60	75 kg	22	8.37	75 Kg
11.	6.37	58 kg	23	5.75	56 Kg
12.	7.63	78 Kg	24	9.94	70 Kg

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 13



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
peso kilos	68	52	83	77	67	65	77	74	72	75	58	78	75	74	66	79	80	64	65	61	63	75	56	70
peso graso	8,67	3,91	10,08	11,23	8,48	8,53	10,6	8,35	8,79	10,6	6,37	7,63	8,92	9,26	7,25	7,87	8,39	6,7	6,5	5,86	6,71	8,37	5,75	9,94

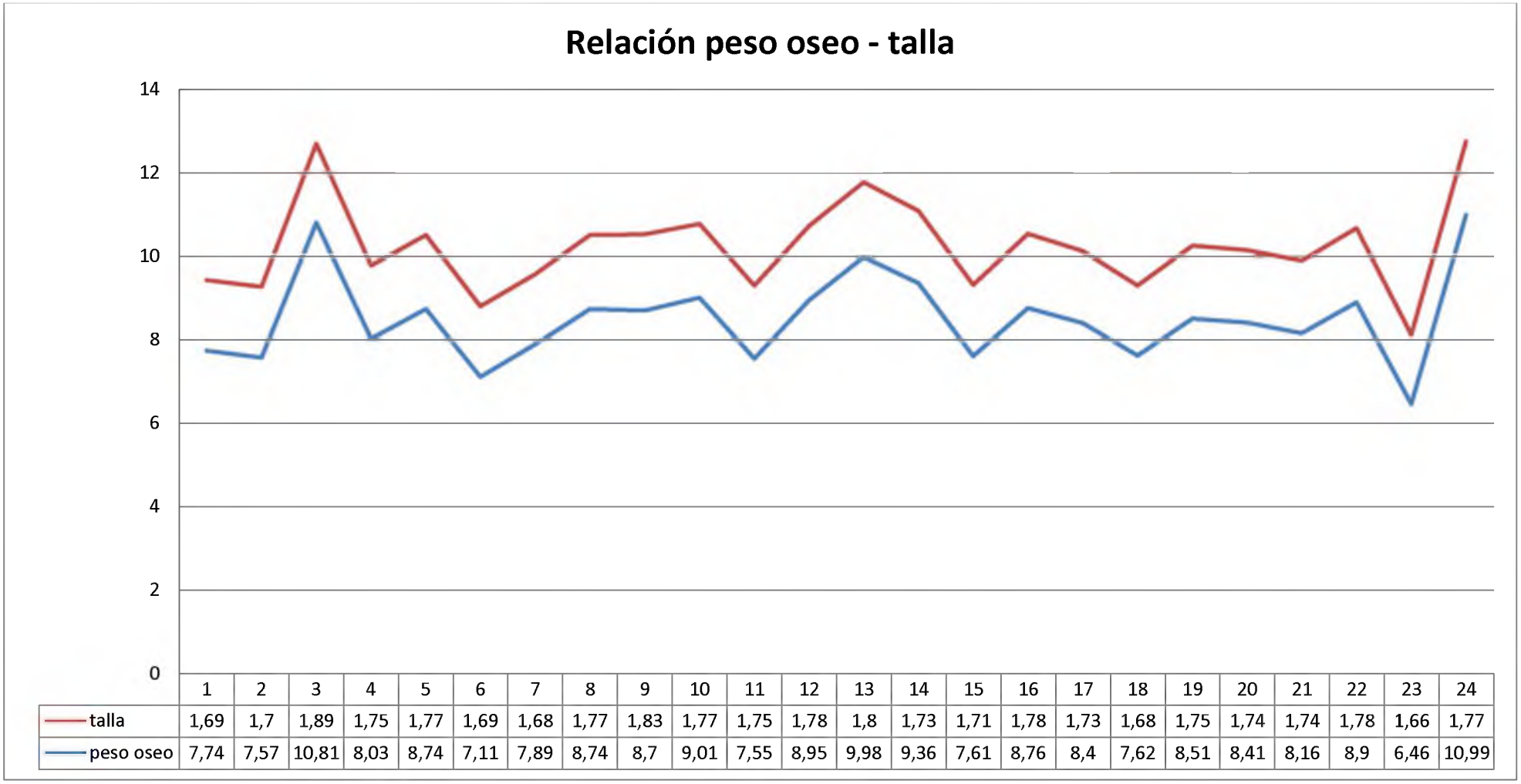
4.6.2. Relación peso óseo con Talla

TABLA N° 22 Peso Óseo vs Talla

Nº	Peso óseo	Talla	Nº	Peso óseo	Talla
1.	7.74	1.69	13.	9.98	1.80
2.	7.57	1.70	14.	9.36	1.73
3.	10.81	1.89	15.	7.61	1.71
4.	8.03	1.75	16.	8.76	1.78
5.	8.74	1.77	17.	8.40	1.73
6.	7.11	1.69	18	7.62	1.68
7.	7.89	1.68	19	8.51	1.75
8.	8.74	1.77	20	8.41	1.74
9.	8.70	1.83	21	8.16	1.74
10.	9.01	1.77	22	8.90	1.78
11.	7.55	1.75	23	6.46	1.66
12.	8.95	1.78	24	10.99	1.77
				84.224	

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 14 Peso Óseo vs Talla



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
talla	1,69	1,7	1,89	1,75	1,77	1,69	1,68	1,77	1,83	1,77	1,75	1,78	1,8	1,73	1,71	1,78	1,73	1,68	1,75	1,74	1,74	1,78	1,66	1,77
peso oseo	7,74	7,57	10,81	8,03	8,74	7,11	7,89	8,74	8,7	9,01	7,55	8,95	9,98	9,36	7,61	8,76	8,4	7,62	8,51	8,41	8,16	8,9	6,46	10,99

4.6.3. Porcentaje de lesiones musculares

TABLA N° 23 Lesiones Musculares

LESIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
contusión	3	38%
Distensión	2	24%
Esguince	3	38%
TOTAL	**8**	**100%**

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

GRAFICO Nº 15 Lesiones Musculares



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

En el estudio de lesiones musculares el 38% fueron contusiones musculares, un 24% de los jugadores sufrieron una distensión y el 38% de los deportistas tuvieron esguince de tobillo.

4.6.4. SOMATOTIPO DE LOS JUGADORES DE LA PUCE

TABLA N° 24 Somatotipo de los Jugadores de la PUCE

Nº	Endomorfo	Mesomorfo	Ectomorfo	Somatotipo
1	4.68	4.46	1.72	Endomesomorfo
2	0.90	3.51	4.75	Ectomesomorfo
3	2.12	4.94	3.13	Mesoectomorfo
4	4.85	4.83	1.53	Endomesomorfo
5	3.34	4.59	3.32	Mesoendomorfo
6	4.11	2.66	2.18	Endomesomorfo
7	4.44	5.84	0.65	Mesoendomorfo
8	3.84	5.37	2.28	Mesoendomorfo
9	3.86	1.26	3.61	Endoectomorfo
10	3.70	3.48	2.14	Endomesomorfo
11	4.26	1.06	4.51	Ectoendomorfo
12	0.90	3.81	1.91	Mesoectomorfo
13	4.33	4.18	2.66	Endomesomorfo
14	3.92	6.21	1.58	Mesoendomorfo
15	2.14	3.46	2.39	Mesoectomorfo
16	4.30	3.97	4.70	Ectoendomorfo
17	3.60	6.20	0.95	Mesoendomorfo
18	1.18	5.09	2.16	Mesoectomorfo
19	0.89	4.51	3.27	Mesoectomorfo
20	2.77	3.05	3.77	Ectomesomorfo
21	2.63	3.29	3.42	Ectomesomorfo
22	1.98	3.99	2.31	Mesoectomorfo
23	1.09	2.60	3.18	Ectomesomorfo
24	4.03	4.78	2.85	Mesoendomorfo

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Adriana Oleas

CONCLUSIONES

Del presente trabajo concluyo que:

El porcentaje de lesiones musculares en el presente año es menor en relación al año anterior, creemos que la aplicación de las recomendaciones sugeridas han colaborado para que este valor baje, sin embargo no encontramos estudios suficientes y de alto valor científico que evidencien que la mejora de la flexibilidad y elasticidad muscular sean factores determinantes en la producción de lesiones musculares.

De los 19 jugadores del Equipo de Futbol Masculino de la PUCE, el grupo de la más jóvenes comprendidos entre las edades de 18 años a 23 años, fueron quienes aumentaron los valores de flexibilidad de los isquiotibiales, estos están entre 1 a 6 cm, debido a que en edades tempranas se produce una serie de cambios como el aumento de la masa corporal, el crecimiento y desarrollo de la masa esquelética que junto con la actividad deportiva hace que la flexibilidad sea uno de los factores más importantes del cual se debe aprovechar, con el tiempo hay una pérdida progresiva de la capacidad de extensibilidad de los músculos y ligamentos, debido a cambios químicos y estructurales. la mayoría empezó su vida deportiva a edades tempranas entre 5 a 10 años.

El óptimo rendimiento deportivo entendido desde el punto de vista del jugador es aquel estado físico que le permite desarrollar un estilo de juego acorde al puesto que ocupa o se desenvuelve en el campo de juego, así por ejemplo los centro delanteros requieren de fuerza y peso para poder vencer la marcación fuerte de los defensores rivales, esto hizo que no encontremos una relación de peso total con peso graso en los cálculos antropométricos. sin embargo quienes no mejoraron con la aplicación de la Técnica Sostén- relajación fueron 7 jugadores de la PUCE, habiendo algunos quienes sobrepasan los niveles necesarios de grasa corporal provocando un deterioro del rendimiento físico, además esta grasa les hace que aumenten la masa o la inercia del individuo, pero no contribuye a la producción de energía, de forma que el exceso de grasa sea un perjuicio para el rendimiento durante pruebas de flexibilidad en las diferentes articulaciones del cuerpo.

Con relación a la talla no se encontró evidencia científica al respecto, 8 jugadores no mejoraron con la Aplicación de la Técnica, puede deberse a múltiples factores uno de

ellos es que en su entrenamiento no alcanzo el nivel de interés necesario para su continua aplicación.

Es de suma importancia conocer las proporciones y dimensiones corporales para relacionarlas con aspectos técnicos propios del fútbol y poder elaborar esquemas de ejercicios personalizados.

La aplicación de la técnica mejoró en casi todos los jugadores por su edad, debido a que la Flexibilidad es involutiva, es decir que mientras más joven es el deportista tiene mayor flexibilidad que con el tiempo se va perdiendo.

Un pequeño grupo que no mejoró con la Aplicación de la Técnica Sostén-relajación es debido a su falta de entrenamiento porque los Estudiantes de la PUCE deben cumplir con otras obligaciones que hacen que falten a los mismos.

RECOMENDACIONES

Cuando el deportista sufre una lesión siempre debemos cuidar que las articulaciones no sobrepasen el rango de movilidad normal, sin embargo al realizar los estiramientos mediante la Técnica antes mencionada nos ayuda a tener ese control adecuado, además en el momento de la aplicación de la misma el deportista debe relajarse completamente para obtener una mayor amplitud de movimiento articular sin causar dolor u otro tipo de lesión.

Incentivar a los jugadores que deben practicar el futbol desde edades tempranas entre los 11 y 13 años para así conservar todas las capacidades que van disminuyendo pero no en grandes cantidades sino paulatinamente con el pasar del tiempo el grado de flexibilidad, siendo un factor que nos ayuda en la prevención de lesiones y ayuda al desarrollo correcto de las demás cualidades físicas que se realizan al inicio y final del entrenamiento.

Tener una ayuda interdisciplinaria es decir preparador físico, Doctor traumatólogo terapista físico, psicóloga deportiva quienes damos un aporte para que el jugador salga a la cancha de juego en el menor tiempo posible, sin secuelas ya que cuenta con profesionales en caminados en sus ramas, aptos para que el deportista se desenvuelva de la mejor manera sin tener riegos que a largo plazo tenga que arrepentirse.

Se cumplan con todas las instrucciones que se les ensena teniendo bases científicas que nos permite mejorar la flexibilidad articular y la elasticidad muscular siendo importantes para su desempeño en la cancha de juego.

Fomentar el hábito de practicar los estiramientos después del calentamiento que dura de 10 a 12 min.

Realizar cambios en cuanto al esquema de preparación física, ya que siempre hay variables que nos ayuda a mejorar tanto en la técnica como en lo táctico.

Esta Técnica siempre la realizan con ayuda de otra persona para así tener óptimos resultados en muy poco tiempo.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIA LIBROS

- Adler, S. Becker, D. Buck, M. (2002). La facilitación neuromuscular propioceptiva en la práctica. 2da ed. Madrid, España Panamericana pp. 1-2, 19-43.

- Ahlberg,A.; Moussa,M., and Al-Nahdi, M. (1988).On geographical variations in the normal range of joint motion. Clin Orthop Relat Res.234:229-31.

- Alien W. Jackson y Alice A. Baker (1986).The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. Research quarterly for exercise and sport. USA, v. 57, nº 3, 183-186.

- Alter, Michael J. (1997). Sport Stretch. Champaign, IL: Human Kinetics. American College of Sports Medicine (2000).ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 6th Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- Alter, M. J. (1996). Science of flexibility.Champaign, IL: Human Kinetics García Manso, J. M., Navarro, M., & Ruiz, J. A. (1996). Pruebas de valoración de la capacidad motriz en el deporte. Evaluación de la condición física. Madrid: Gymnos.

- Anderson, B. (1995). Estirándose. Barcelona: Integral Ediciones.

- Arregui JA, Martínez V. 2001; Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte; 2.

- Bale P, Mayhew J. L, Piper F. C, Ball T. E, Willman M. K., (1992), Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes, Journal of sports medicine and physical fitness (Torino) 32(2), June 142-148.

- Barbany, J., Buendía, C. Funollet, F., Hernández, J. y Porta J., (1988) Programas y contenidos de la educación físico deportiva en BUP y FP. Paidotribo, Barcelona.

- Basmajian, J. 1978. Therapeutic exercise. Baltimore: Williams & Wilkins.

- Barret, D.S., A. G. Cobb, y G. Bentley (1991). Joint proprioception in normal, osteoarthritic, and replaced knees. Journal of Bone Joint Surgery 73-B: 53-56.

- Beard, D. J., P.J. Kyberd, C. M. Fergusson, y C. A. F. Dodd (1993). Proprioception after ruptureof the anterior cruciate ligament. Journal of Bone Joint Surgery 75-B: 311-15.

- Beighton PH, Solomon L, Soskolne CL. Articular mobility in an African population. Ann Rheum.Dis.1973; 32: 413-418.

- Burke, D.G., C. J. Culligan, y L. E. Holt. (2000). Equipment designed to stimulate proprioceptive neuromuscular facilitation flexibility training. Journal of Strength and Conditioning Research 14(2):135-39.

- Burke, D. G., C. J. Culligan, y L. E. Holt. (2000). The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. Journal of Strength and Conditioning Research 14(4): 496-500.

- Buz, Swanik Ch, HarnerChD, Lephard SM, Driban JB. Neurofisiología de la rodilla. En: Insall& Scott (2004). Cirugía de la rodilla, Tomo I, 3ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana.

- Branch, T., R. Hunter, y M. Donath, (1989).Dynamic EMG analysis of the anterior cruciate ligament deficient legs with and without bracing during cutting. American Journal of Sports Medicine 17(1):35-41.

- Castilla INEF y León.León.Maes, H., Beunen, G; Vlietik, r; Neale, M., Thomis, M.; VendenEynde, B. y Lyses, R. (1996).V CongresoInternacionalsobreEntrenamientoDeportivo.Inheritance of physical fitness in 10-yr-old twins and their parents. Medicine Science Sports Exercise 12: 1479-1491.

- Childs, Jhon D. and Irrgang, James J(2003).The language of exercise and rehabilitation.Orthopedic Sports Medicine: Principies and Practice. 2a ed. Philadelphia: Saunders.

- Chimura, N., K. A. Swanik, C. B.Swanik, y S. Straub (2002). Effects of plyometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes.Journal of Athletic Training 37(2):819.

- Daniels L, Worthingham C. Fisioterapia. ; (1981). Ejercicios correctivos de la alineación y función del cuerpo humano.Barcelona: Doyma.

.

- Davies, C.T.M. and Young, K (1983): Effect of training at 30% and 100% maximal isometric force (MVC) on the contractile properties of the triceps surae in man, Journal of Physiology, 336, 31 p.

- Dons, B.; Bollerup, K;Bonde-Pedersen,FandHancke, S (1979): The effect of weight-lifting exercise related to fiber composition and muscle cross-sectional area in humans, European Journal of Applied Physiology, 40, 95-106. Eccles, J.C.,R.M.,Iggo, A,andito, M (1961) Distribution of recurrent inhibition among motoneurones. Journal of Physiology (London), 159, 479-499.
- DeLucas, C.J.; Le Fever, R.S.; McCue, M.P. and Xenakis, A.P (1982): Behavior of human motors units in different muscles during linearly varying contractions, Journal of physiology, 329, 113-128.

- Dick, F.W. (1980). Sports training principies.London: LepusBooks.

- DI SANTO, M., (2006) Amplitud de Movimiento. 1er ed. Córdoba, Argentina. pp 239-285, 300-359.

- Dunn, T.,(1986).The learning process in biofeedback. Biofeedback Self-Regulation: 143-55.
- Dietz,V., J North, y D.Schmidtbleicher.(1981). Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls. Journal of Physiology 311:113-25.

- Dons,B.; Bollerup, K.;Bonde-Pedersen,FandHancke, S.(1979): The effect of weight-lifting exercise related to fiber composition and muscle cross-sectional aera in humans, European Journal of Applied Physiology, 40, 95-106. Eccles, J.C.,R.M.,Iggo, A,andito, M (1961) Distribution of recurrent inhibition among motoneurones. Journal of Physiology (London), 159,479-499.

- Eccles, R. M., y A. Lindberg, (1959).Synaptic actions in motorneurons by afferents which may evoke the flexion réflex. Archives of Italian Biology 97: 199-221.

- Freeman, M. A. R., y B. Wyke, (1966). Articular contributions to limb reflexes. British Journal of Surgery 53:61-9.

- Forwell, L. A., y H. Carnahan. (1996). Proprioception during manual aiming in individuais with shoulder instability and controls. Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy 23(2): 111-19.

- GEORGE, James, FISHER, A. y Col. (1996). Tests y pruebas físicas. Editorial Paidotribo: Barcelona.

- Glaros, A. G., y K. Hanson. (1990). EMG biofeedback and discriminative muscle control. Biofeedback Self-Regulation 15(2):135-43.

- Goubel, F., y J. F. Marini.(1987). Fiber type transition and stiffness modification of soleus muscle of trained rats. European Journal of Physiology 410:321-25.

- Grahame R, Pyeritz RE. Marfan syndrome: joint and skin manifestations are prevalent and correlated. Br J Rheumatol 1995; 34:126-131.

- Greenman, P. 1993. Principies of manual medicine. Baltimore: Williams & Wilkins.

- Griffin, LYE (2003). Neuromuscular Training and Injury Prevention.Clin Orthop Relat Res.Apr, 409, 53-60.

- Grosser, M. y Starichka, S. (1.988) "Test de la condición física". Ed. Martínez Roca, S.A. Barcelona.

- Gutiérrez, M.; Novoa, B.; Pérez, M.R.; Lantarón, E.M. y González, A. (2003). "Propuesta de clasificación de las técnicas de estiramiento en fisioterapia". RevistaFisioterapia (25); 199-208.

- Guyton, A. C.1981.Textbook of medical physiology. 6ª ed. Philadelphia: W.B.Saunders.

- Hakkinen, K. and Komi, P.V. (1983): Electromyographic changes during strength training and detraining, Medicine and Science in Sports and Exercise, 15, 455-460.

- Hakkinen, K and Komi, P.V. and Alen. M. (1985b): Effect of explosive type training on isometric force and relaxation time, Electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles, ActaPhysiologicalScandinavica, 125, 587-600.

- Hoghson, J. A., R.R.Roy, R. De León, B. Dobkin, y R. V. Edgerton. (1994). Can the mammalian lumbar spinal cord learn a motor task? Medicine and Science in Sports and Exercise 26(12):1491-97.

- Hutton, R. S., y S. W. Atwater. (1992).Acute and chronic adaptations of muscle proprioceptors in response to increased use.Sport Medicine 14(6):406-21.

- Ibáñez, A. (1993). 1004 ejercicios de flexibilidad. 2ª ed. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.

- Ibáñez Riestra, Ascensión; TorrebadellaFlix, Javier (1994). Ejercicios de flexibilidad.

- Instituto de Ciencias de la Educación Física y del Deporte (1992). Eurofit. Test Europeo de Aptitud Física. Consejo de Europa. Comité para el desarrollo del deporte: Ministerio de Educación y Ciencia /Consejo Superior de Deportes. Barcelona: Paidotribo..

- Johansson, H., P.Sjolander& P. Sojka.(1986). Actions on motoneurons elicited by electrical stimulation of joint afferent fibers in the hind limb of the cat. Journal of Physiology (Londres) 375:137-52.

- Johansson, H. P., Sjolander, y P. Sojka (1991). A sensory role for the cruciate ligaments.Clinical Orthopedic 268: 161-78.
- Kendall, E. R., J. H. Schwartz, y T. M. Jessell. (1996).Principies of neural science.3ªed.Norwalk. CT: Appleton & Lange.

- Kendall HO, Kendall FP, Wadsworth GE.(2003). Músculos, pruebas y funciones. 2. ed. Barcelona: JIMS; (1985) Clarkson HM. Proceso evaluativo musculoesquelético:

amplitud del movimiento articular y test manual de fuerza muscular. Badalona: Paidotribo..

- Kyrolaninen.H.,y P.V. Komi. (1995).The function of neuromuscular system in maximal stretch- shortening cycle exercises: Comparison between power- and endurance-trained athletes. Journal of Electromyographic Kinesiology 5:15-25.

- Leanderson, J., E. Eriksson, C. Nilsson, y A. Wykman (1996). Proprioception in classical ballet dancers: A prospective study of the influence of an ankle sprain on proprioception in the ankle joint. American Journal of Sports Medicine 24(3):370-74.

- Leighton JR (1955). An instrument and technique for measurement of range of joint motion. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.36 (9): 571-8.

- Leksell, L. (1945). The action potential and excitatory effects of the small ventral root fibers to skeletal muscle.Acta Physiol. Scand. 30(31):81-84.

- Lephart, S.M. (1997). EMG profile of the functional ACL deficient patient during dynamic activities.Paper presented at the American Orthopedic Society for Sports Medicine, San Francisco, and Febrary.

- Lephart, SM, Myers JB, Riemann BL (2003). Role of proprioception in functional joint stability. En: De Lee, Drez& Miller. Orthopedic Sports Medicine: Principies and Practice, 2a. ed. Philadelphia: Saunders.

- Lloyd, D. 1946. Facilitation and inhibition of spinal motorneurons. Journal of Neurophysiology 9: 421

- McComas, A. J.1994. Human Neuromuscular adaptations that accompany changes in activity. Medicine and Science in Sports and Exercise 26(12):1498-1509.
- Mac Dougall JD, Wenger HA, Green HJ. (1995). Evaluación fisiológica del deportista.Badalona: Paidotribo.

- Mac Dougall, Duncan J.; Wenger, Howard A.; Green, Howard J (2000).Evaluación fisiológica del deportista. Barcelona: Paidotribo.

- Mair, S. D., A. V. Seaber, R. R. Glasson, y W. E. Garrett. (1996).The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. American Journal of Sports Medicine 24(2):137-43.

- Magnusson, S.P. (1998) Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers.Areview.ScandJMedSciSports.8(2):65-77.

- Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe D, KnarrJF,Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr(2005).Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2 years follow-up. American Journal Sports Medicine Jul, 33(7), 1003-10.

- Melvill- Jones, G.M., y G. D. Watt. (1971).Observations of the control of stepping and hopping in man.Journal of Physiology 219:709-27.

- Merino, (1991) Streching - curso de formación de entrenadores regionales. a.

- Lic. Miallo Juan Pedro, (n/f, n/a) Desarrollo Curricular para la formación de Maestros Especialistas de Educación Física. En: Flexibilidad. pp 158-131.

- Mirella, Ricardo. (2001). Las nuevas metodologías del entrenamiento dela fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. Barcelona: Paidotribo.

- MORAS, GERARD, (1992), Análisis crítico de los actuales test de flexibilidad. Correlación entre algunos de los testactuales y diversas medidas antropométricas, Apuntes, V. XXIX, 127-137.

- Moras, G. (2002). Amplitud de movimiento articular en la valoración: el test flexometric.Tesis Doctoral.Universidad de Barcelona.

- Moritani. T and De Vries, H.A. (1979): neural factors hypertrophy in time course of muscle of muscle gain, American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 58, 115-130.

- Mountcastle, V.S (1980). Medical physiology.14ª ed. St. Louis: Mosby.

- Nelson Arnolg, (2007) Anatomía de los Estiramientos.

- Norris, C. M. (2001). La guía completa de los estiramientos. Barcelona: Paidotribo.
- Ochi, M., J. Iwasa, Y. Uchio, N. Adachi, y Y. Sumen.(1999). The regeneration of sensory neurons in the reconstruction of the anterior cruciate ligament.Journal of Bone and Joint Surgery- British.

- Platonov, Vladimir, N. La preparación Física. 4ta edición. Edit. Paidotribo. PP 149-195.

- Prentice W.E. (1997) Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva. 1ra Edición.Barcelona España. Editorial Paidotribo

- Prentice, W., Paidotribo. (2001) Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. 3er ed. Barcelona, España, pp 185-190.

- Ricardo Mirella. "Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad". Ed. Paidotribo. (2001).

- Rolf Wirhed, (1991) Habilidad atlética y Anatomía del movimiento.

- Sang H. Kim, (2006). Flexibilidad Extrema. Editorial Paidotribo, 1ed Badalona (España).

- Sherrington, C. (1947). The integrative action of the nervous system.New Haven: Yale University Press.

- SOARES DE ARAUJO, C., Paidotribo, (2005) Flexitest-el método de evaluación de la flexibilidad, 1er ed. Barcelona, España, 14-15.

- Stone, J. A. (2000). Prevention and rehabilitation:Proprioceptive neuromuscular facilitation.Athletic Therapy Today 5(1):38-39.

- Vladimir N. Platonov; Marina M. Bulatova. (2001) "La preparación física" Ed. Paidotribo 4ª edición.

- Verchoshanskij, J. (1999). The skills of programming the training process. New Studies in Athletics, 14(4), 45-54.

- Whitley, J.D. and Elliott, G. (1986): Learning component of repetitive maximal static contractions.Perceptual Motor Skill, 27, 1.195-1.200.
- Wilk, K.E., C. A. Arrigo, y J. R. Andrews. (1996).Closed and open chain exercises for the upper extremity. Journal of Sport Rehabilitation 5: 88-102.
- Weineck, J. (1988) "Entrenamientoóptimo". Ed. Hispano-Europea, Barcelona

- Wells, K. Y Dillon, E. (1952). The sit and reach: a test of back and leg flexibility. Research Quarterly 23: 115-118.

- Wojtys, E., L. Huston. (1994).Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament- deficient lower extremities.American Journal of Sports Medicine 22:89-104.

- Oswald, C. A., & Bacso, S. N. (2000).Streching. Barcelona: Paidotribo.

REFERENCIAS EN LINEA

- Zaragoza J, Serrano E, Genérelo E. La medición de la condición física saludable: aplicación de la batería Eurofit para adultos (s/d de s/d del 2004). Recuperado el 15 de Enero de 2006.http://www.efdeportes.com/ Revista Digital. Buenos Aires, Año 10, N.o68.

- Ruíz, Francisco Tarantino (s/d de s/d de 2004). Propiocepción: introducción teórica http://www.efisioterapia.net/descargas/pdfs/PROPIOCEPCION_INTRODUCION_TEORICA.pdf.

- Dr. Velásquez G Jorge H, Clase de Termorreceptores y Nociceptores. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina Humana - San Fernando Recuperado el 26 de Agosto del 2010 http://www.slideshare.net/Mediclases/termorreceptores-y-nociceptores

- Prof. Nucette de Sierra Liliana, Fisiología Sensorial. Recuperado el 21 de Octubre del 2009 Publicado por http://www.slideshare.net/meli1890/fisiologia-sensorial-2314862

- Tsalawaly Recuperado el 11 de Noviembre del 2009 http://tsalawaly.wordpress.com/2009/11/11/mecanorreceptores-somestesicos/

- Published by: fisiorazetti09 alrededor de 1 año ago, Copyright: Attribution Non-commercial
- http://es.scribd.com/doc/74566754/SNC-I-Mecanorreceptores

- Estiramiento - Fisioterapia Deportiva "Atletismo español" Recuperado en diciembre de 1998 malvarfisioterapiadeportiva.com/ESTIRAMIENTOS.

- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/lecciones/cap02/cap02_06.html

- (http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/Home.asp). 14/03/07. Pid: 783 3 de 22

ANEXOS

ANEXO N° 1 ENCUESTA A LOS FUTBOLISTAS



FACULTAD DE ENFERMERÍA
ESCUELA DE TERAPÍA FÍSICA

TEMA: APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIRAMIENTO SOSTÉN-RELAJACIÓN, PARA MEJORAR FLEXIBILIDAD ARTICULAR Y ELASTICIDAD MUSCULAR EN LOS DEPORTISTAS.

Entrevista:
Tipo: Documental Jugadores ( )

Modalidad: Participativa

Objetivo:Conocer criterios contextuales de la aplicación de las técnicas de estiramiento sostén-relajación, para mejorar flexibilidad articular y elasticidad muscular en los deportistas

Distinguido señor:
De la manera más comedida le estamos solicitando su colaboración a fin de proceder a suministrar la requerida información en el formulario adjunto.
Por la atención prestada, muchas gracias.

1. ¿Te gusta practicar y jugar futbol?	
2. ¿Desde qué edad practicas el futbol?	
3. ¿Antes de entrenar haces precalentamiento?	
4. ¿Crees que los precalentamientos te ayudan a tener un mejor desempeño en el campo de juego?	
5. ¿Consideras que si una persona es muy	

flexible, rendiría mejor en el campo de juego?	
6. ¿Qué elemento incluye como parte del calentamiento, considerando el ejercicio como: amplitud articular ( ), elongación ( ), trabajo aeróbico de baja intensidad ( ) emulación del gesto deportivo ( ), velocidad ( ), Coordinación ( )?	
7. ¿Hace precalentamiento antes de ingresar a jugar y en la fase enfriamiento después de jugar?	
8. ¿Hace siempre calentamiento antes del partido?	
9. ¿Ha sufrido usted alguna lesión en la práctica de futbol? Si contesta positivo, esta fue muscular o ligamentarios?	
10. ¿Cree usted que la lesión se produjo por falta de calentamiento?	

Nombre del Investigador.....

Fecha.....

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Fundada en 1946

ANEXO N° 2 ENCUESTA A LOS ENTRENADORES

FACULTAD DE ENFERMERÍA
ESCUELA DE TERAPÍA FÍSICA

TEMA: APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIRAMIENTO SOSTÉN-RELAJACIÓN, PARA MEJORAR FLEXIBILIDAD ARTICULAR Y ELASTICIDAD MUSCULAR EN LOS DEPORTISTAS.

Observación:
Tipo: Documental Cuerpo Técnico ( )

Modalidad: Participativa

Objetivo: Conocer criterios contextuales de la aplicación de las técnicas de estiramiento sostén-relajación, para mejorar flexibilidad articular y elasticidad muscular en los deportistas

Distinguido señor:

De la manera más comedida le estamos solicitando su colaboración a fin de proceder a suministrar la requerida información en el formulario adjunto.

Por la atención prestada, muchas gracias.

1. ¿Conoce usted cuál es la edad propicia para iniciar la práctica de futbol?	
2. ¿Recomendaría que la alimentación debe ser apropiada para un deportista?	
3. ¿ Es necesario hacer el calentamiento previo a iniciar el entrenamiento	
4. ¿Por qué producen las lesiones	

musculares o ligamentaria?	
5. ¿Considera necesario con un profesional en terapia física?	
6. ¿Qué recomendaría a los directivos para evitar lesiones en los futbolistas?	
7. ¿Mantiene control sobre lesiones frecuentes en jugadores o dirigidos?	
8. ¿Con que frecuencia detecta usted las lesiones en los futbolistas?	
9. ¿Debería mantener una logística en la rutina de entrenamiento?	

Nombre del Investigador.....

Fecha.....



ANEXO N° 3 ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS

FACULTAD DE ENFERMERÍA
ESCUELA DE TERAPÍA FÍSICA

TEMA: APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIRAMIENTO SOSTÉN-RELAJACIÓN, PARA MEJORAR FLEXIBILIDAD ARTICULAR Y ELASTICIDAD MUSCULAR EN LOS DEPORTISTAS.

Entrevista:
Tipo: Documental Directivos ( )

Modalidad: Participativa

Objetivo: Conocer criterios contextuales de la aplicación de las técnicas de estiramiento sostén-relajación, para mejorar flexibilidad articular y elasticidad muscular en los deportistas

Distinguido señor:

De la manera más comedida le estamos solicitando su colaboración a fin de proceder a suministrar la requerida información en el formulario adjunto.

Por la atención prestada, muchas gracias.

PREGUNTAS	CONTENIDOS
¿Considera necesario que el cuerpo técnico conozca sobre terapia física?	
¿Conoce usted que para la práctica del futbol se debe aplicar el calentamiento antes de entrenar y/o jugar?	
¿Conoce la frecuencia de lesionados en	

su equipo?	
¿Qué es una lesión muscular o ligamentaria?	
¿Qué tipo de problemas son más frecuentes en el equipo a su cargo?	
¿Con que frecuencia visita al equipo en sus entrenamientos?	
¿Estimula a los integrantes del equipo que usted está a cargo?	
¿Qué recomendaría al cuerpo técnico para evitar deserciones por lesiones u otros aspectos?	

Gracias por participar

ANEXO N° 4OBSERVACION EN EL CAMPO DE FUTBOL

FACULTAD DE ENFERMERÍA
ESCUELA DE TERAPÍA FÍSICA

TEMA: APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIRAMIENTO SOSTÉN-RELAJACIÓN, PARA MEJORAR FLEXIBILIDAD ARTICULAR Y ELASTICIDAD MUSCULAR EN LOS DEPORTISTAS.

Ficha de observación

CALENTAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
Calentamiento dinámico general	
Calentamiento específico	
Calentamiento estático	
Calentamiento activo	
Calentamiento pasivo	
Calentamiento mental	
Actividad: El Método esun programa de entrenamiento de fútbol para que los jugadores mejoren su técnica individual y sus habilidades en pequeños grupos. 1. **Dominio del balón**: en esta fase del entrenamiento cada jugador entrena individualmente ejercicios de control de balón con ambos pies. 2. **Pases y recepciones**: en esta fase se realizan ejercicios y juegos para mejorar el primer toque (ya sea para controlar el balón o dar un pase) y se	

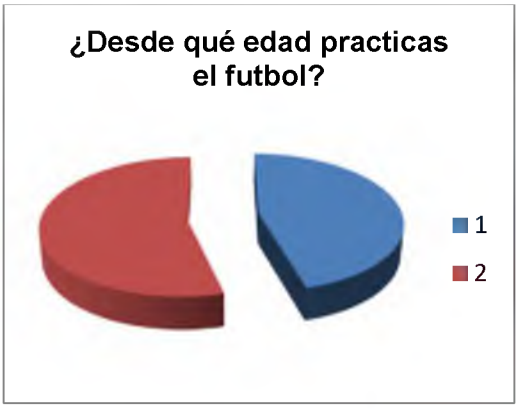
fomenta la realización de pases creativos y precisos. 3. **Movimientos (1 contra 1)**: fase en la que, mediante ejercicios y juegos, se aprenden movimientos individuales y cómo abrir espacios ante defensas muy cerradas. 4. **Velocidad**: entrenamiento con ejercicios y juegos con y sin balón, con los que se trabaja la agilidad, la aceleración y la potencia. 5. **Finalización**: mediante juegos y ejercicios se mejora la técnica de tiro y se fomenta el juego instintivo hacia la portería. 6. **Ataque en grupo**: fase en la que se mejora el juego colectivo, enfatizando en las transiciones rápidas.	

ANEXO N° 5 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES

Entrevista a jugadores

De la entrevista realizada a los veinticuatro jugadores del equipo de Fútbol Masculino amateur de la PUCE se obtuvo los siguientes resultados:

Nº	PREGUNTA	ANTES DE 10 AÑOS	ANTES DE 15 AÑOS	TOTAL	PORCENTAJE(+)
1.	¿Desde qué edad practicas el futbol?	11	13	24	54%



ANEXO N° 6 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES

PREGUNTA 2

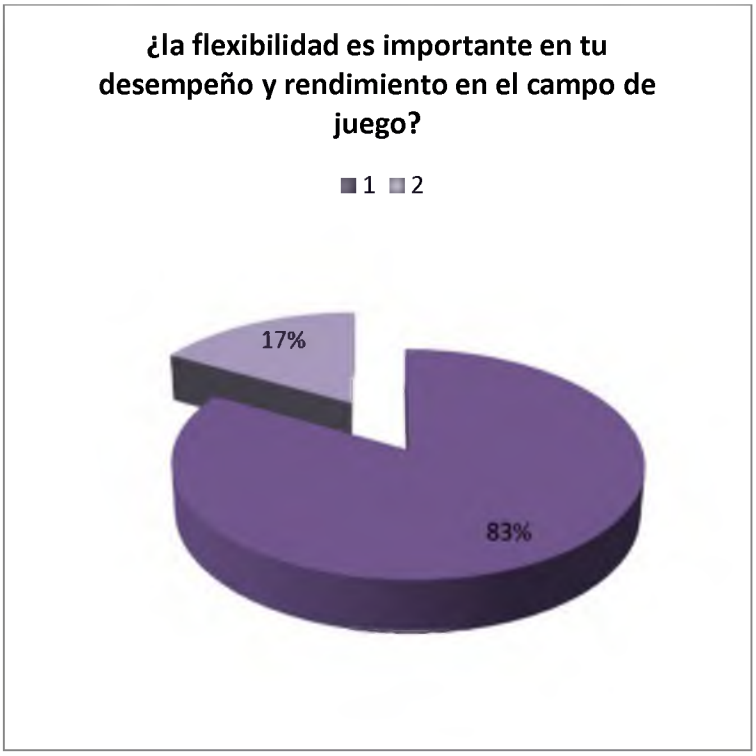
Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
2.	¿Antes de entrenar haces precalentamiento?	24	00	4	100%



ANEXO N° 7 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES

PREGUNTA 3

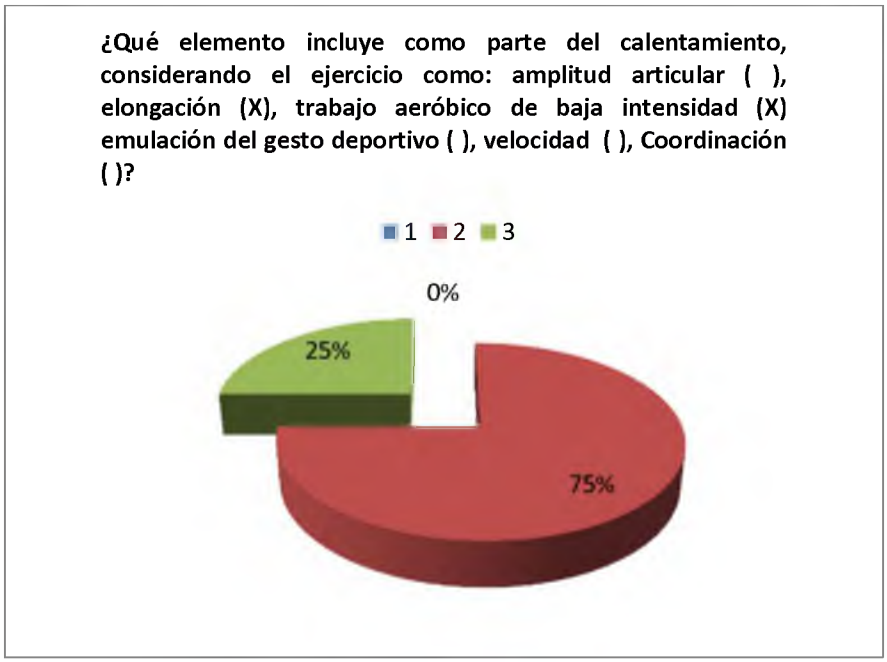
Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
3.	¿La flexibilidad es importante en tu desempeño y rendimiento en el campo de juego?	20	04	24	83%



ANEXO N° 8 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS

PREGUNTA 4

Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
4.	¿Qué elemento incluye como parte del calentamiento, considerando el ejercicio como: amplitud articular ( ), elongación (X), trabajo aeróbico de baja intensidad (X) emulación del gesto deportivo ( ), velocidad ( ), Coordinación ( )?	18 (Elong)	06 (TABI)	24	75%

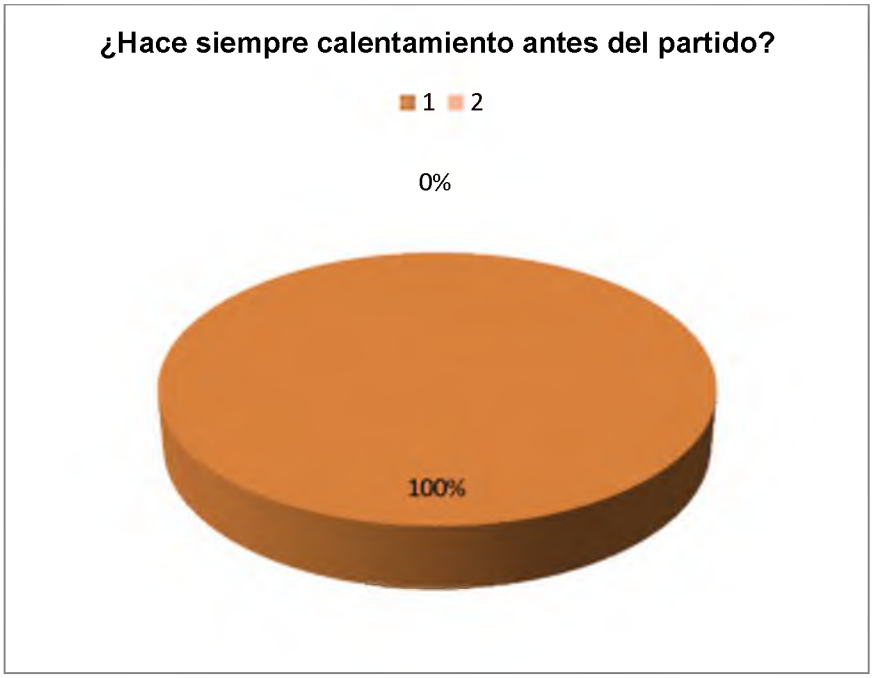


L

ANEXO N° 9 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS JUGADORES

PREGUNTA 5

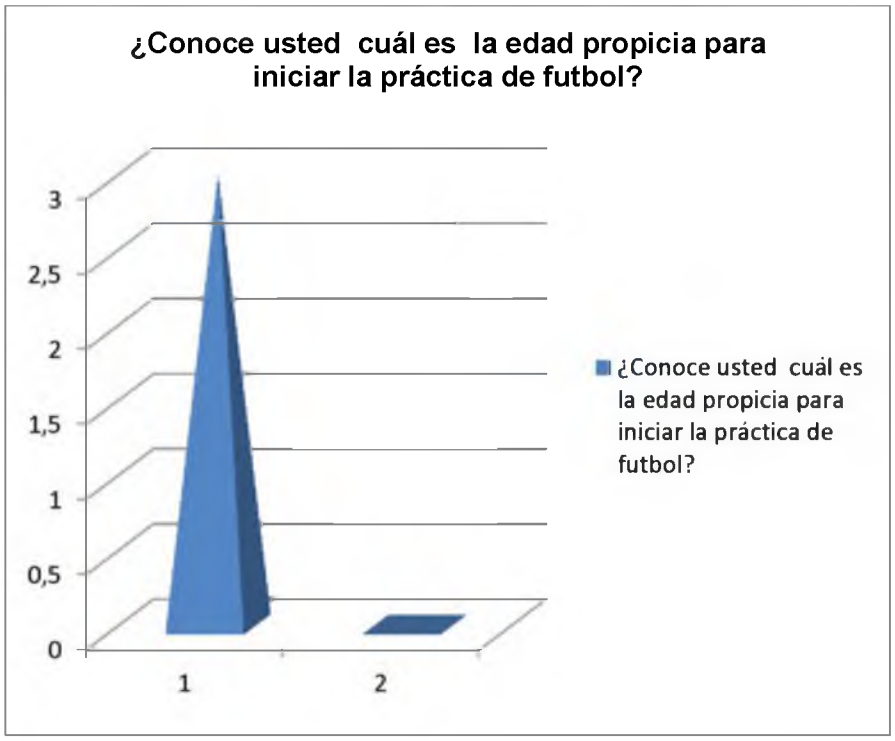
Nº	PREGUNTA	SI			NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
	¿Hace siempre calentamiento antes del partido?	24					
5.	Si la respuesta es sí que tiempo dedica a esta actividad: 10, 12, entre 15 y 20 minutos,	10	12	15/20	00	24	100%
			X				



ANEXO N° 10 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS ENTRENADORES

PREGUNTA 6

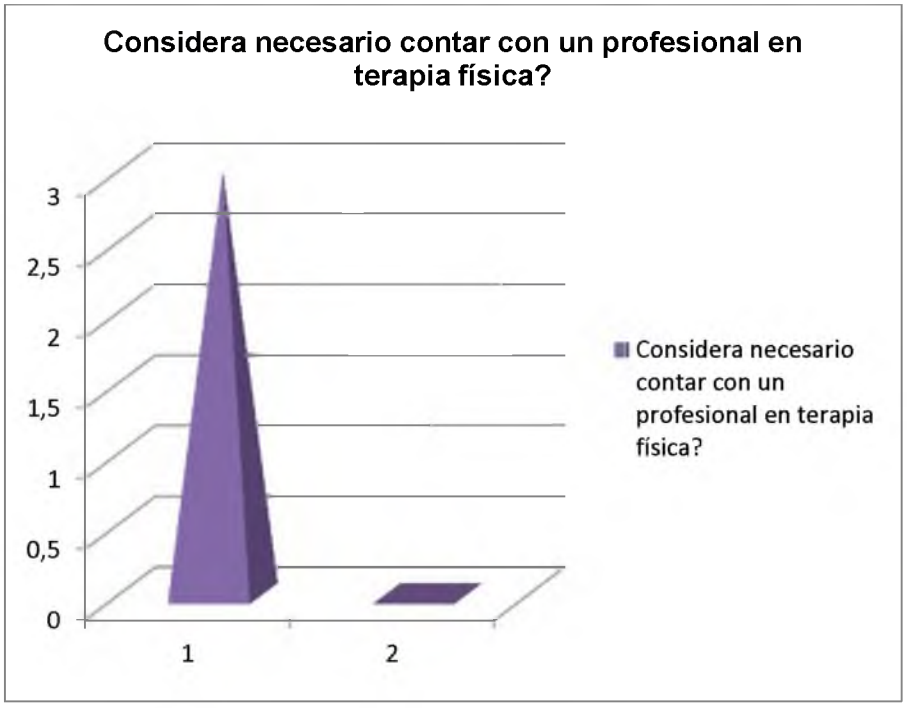
Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
6.	¿Conoce usted cuál es la edad propicia para iniciar la práctica de futbol?	02	00	02	100%



ANEXO N° 11 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS

PREGUNTA 7

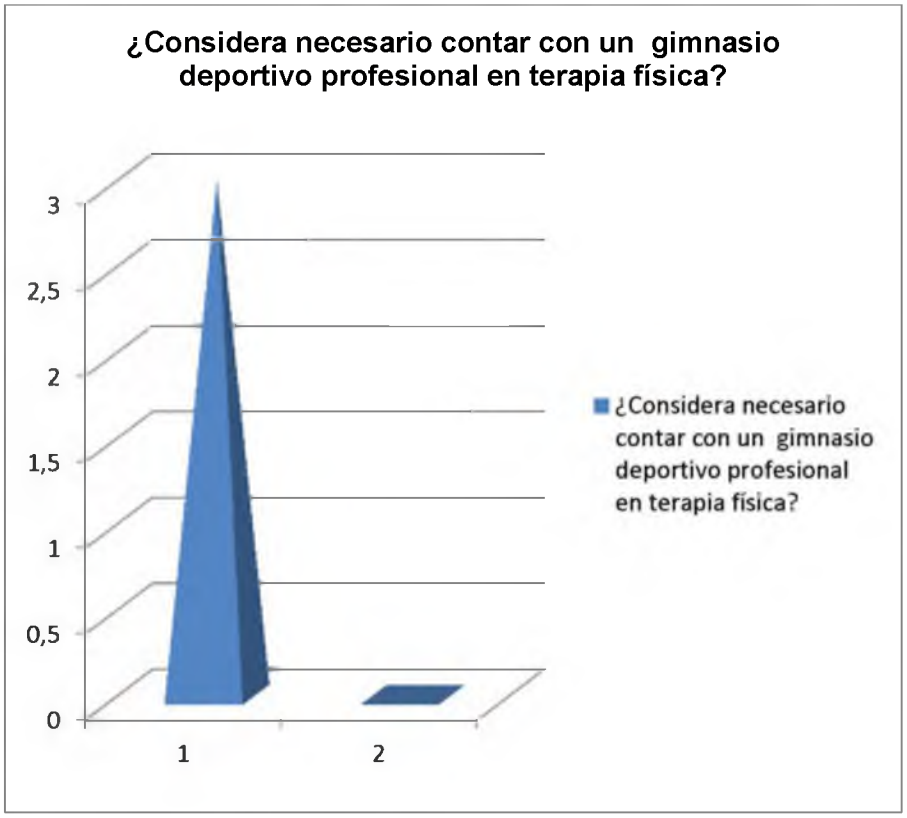
Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
7.	¿Considera necesario contar con un profesional en terapia física?	03	00	03	100%



ANEXO N° 12 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS

PREGUNTA 8

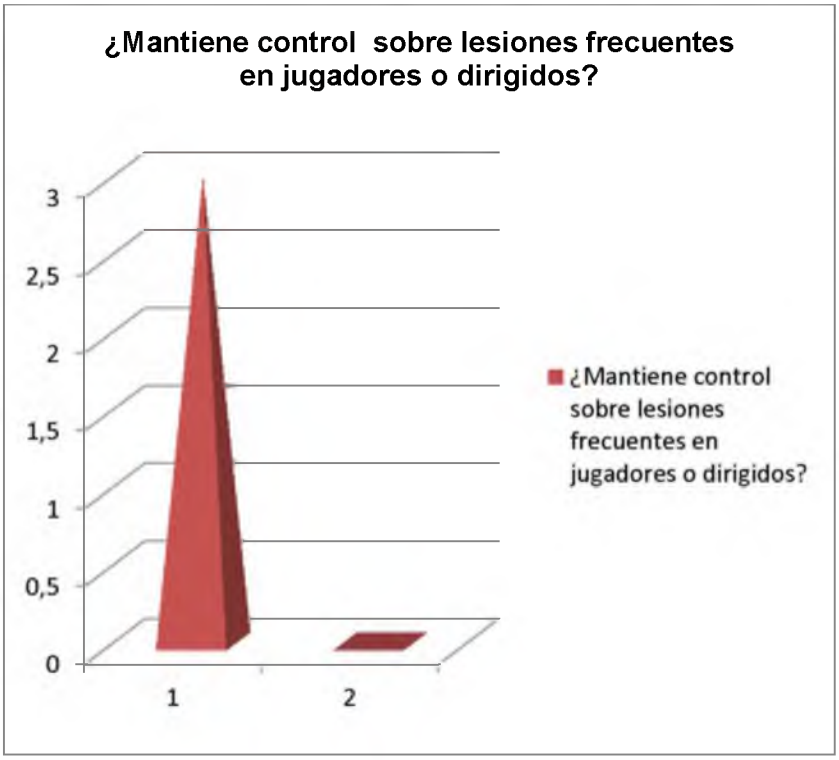
Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
5.	¿Considera necesario contar con un gimnasio deportivo profesional en terapia física?	03	00	03	100%



ANEXO N° 13 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS ENTRENADORES

PREGUNTA 9

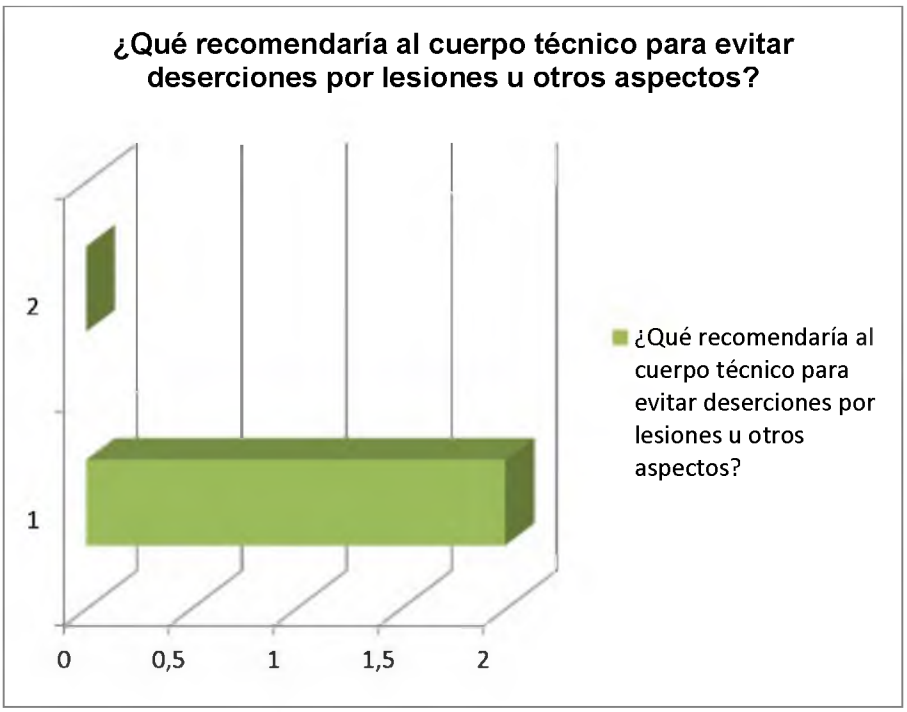
Nº	PREGUNTA	SI	NO	TOTAL	PORCENTAJE(+)
8.	¿Mantiene control sobre lesiones frecuentes en jugadores o dirigidos?	03	00	03	100%



ANEXO N° 14 RESULTADO DE LA ENCUESTA A LOS DIRECTIVOS

PREGUNTA 10

Nº	PREGUNTA	Trato justo	Atención	TOTAL	PORCENTAJE(+)
8.	¿Qué recomendaría al cuerpo técnico para evitar deserciones por lesiones u otros aspectos?	02	00	02	100%



ANEXO N° 15 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN

Observación a una práctica o entrenamiento del equipo de Fútbol Masculino amateur de la PUCE se obtuvo los siguientes resultados.

CALENTAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
Calentamiento dinámico general	Ejercicios y/o juegos para un movimiento global de organismo. Objetivo: Activación vascular, metabólica y muscular.
Calentamiento específico	Práctica de todos, con movimientos anteriores de la actividad. Objetivo: Calentar los músculos directamente implicados en la actividad principal.
Calentamiento estático	Ejercicios que no implican un movimiento muscular observable. Objetivo. Activar los grupos musculares y las articulaciones implicadas.
Calentamiento activo	Ejercicios derivados de la actividad física principal que implican la totalidad del organismo. Objetivo: Actúa sobre los grandes grupos musculares para el conjunto de las capacidades funcionales del organismos y sean conducidas a un nivel de adaptación superior.
Calentamiento pasivo	Aplicación local o general de calor. Solo puede concebirse con un complemento del calentamiento activo y del dinámico general. Objetivo: Incrementar la circulación y la distinción muscular.
Calentamiento mental	Consiste en la representación del gesto con pensamiento. Solo puede aplicarse al desarrollo de movimientos sencillos

Actividad: Programa de entrenamiento de fútbol: los jugadores mejoren su técnica individual y sus habilidades en pequeños grupos. 7. **Dominio del balón**: en esta fase del entrenamiento cada jugador entrena individualmente ejercicios de control de balón con ambos pies. 8. **Pases y recepciones**: en esta fase se realizan ejercicios y juegos para mejorar el primer toque (ya sea para controlar el balón o dar un pase) y se fomenta la realización de pases creativos y precisos. 9. **Movimientos (1 contra 1)**: fase en la que, mediante ejercicios y juegos, se aprenden movimientos individuales y cómo abrir espacios ante defensas muy cerradas. 10. **Velocidad**: entrenamiento con ejercicios y juegos con y sin balón, con los que se trabaja la agilidad, la aceleración y la potencia. 11. **Finalización**: mediante juegos y ejercicios se mejora la técnica de tiro y se fomenta el juego instintivo hacia la portería. 12. **Ataque en grupo**: fase en la que se mejora el juego colectivo, enfatizando en las transiciones rápidas.	Las fases del entrenamiento fueron: 1. preparación general. 2. preparación especial. 3. preparación competitiva. 4. periodo de tránsito.