



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**

**CARRERA DE TERAPIA FÍSICA MÉDICA**

**TEMA:**

Aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de futbol Juan Yépez Granda de la ciudad de Atuntaqui, 2020-2021.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Licenciado en Terapia Física  
Medica

**AUTOR:** Pomasqui Chirán Cinthya Yesenia.

**DIRECTOR:** Lic. Paredes Gómez Ronnie Andrés MSc.

Ibarra, 2021

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo, LIC. PAREDES GÓMEZ RONNIE ANDRES MSc. en calidad de tutor de la tesis titulada: “Aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda de la ciudad de Atuntaqui, 2020-2021” de autoría de POMASQUI CHIRÁN CINTHYA YESENIA, una vez revisada y hechas las correcciones solicitadas certifico que está apta para su defensa, y para que sea sometida a evaluación de tribunales.

En la ciudad de Ibarra, a los 28 días del mes de mayo del 2021

Lo certifico:



.....  
Lic. Paredes Gómez Ronnie Andrés MSc.

C.I.: 100363782-2



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### I. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE CIUDADANÍA:	1004615462		
APELLIDOS Y NOMBRES:	POMASQUI CHIRAN CINTHYA YESENIA		
DIRECCIÓN:	NATABUELA-LOS OVALOS		
EMAIL:	cypomasquic@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MÓVIL:	0989959012
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	"Aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de fútbol de la Escuela Juan Yépez de la Ciudad de Atuntaqui 2020 - 2021"		
AUTOR (A):	POMASQUI CHIRAN CINTHYA YESENIA		
FECHA:	28/05/2021		

<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTAN:</b>	Licenciada en Terapia Física Médica
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Lic. Paredes Gómez Ronnie Andrés MSc.

## 2.- CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, a los 29 días del mes de Junio del 2021

**AUTOR:**



.....

Pomasqui Chirán Cinthya Yesenia.

C.C: 100461546-2

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FCS-UTN

**Fecha:** Ibarra, 28 de mayo del 2021

**POMASQUI CHIRÁN CINTHYA YESENIA** "APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE EJERCICIOS NÓRDICOS PARA MEJORAR LA FUERZA EXPLOSIVA EN DEPORTISTAS DE LA ESCUELA FORMATIVA DE FUTBOL JUAN YÉPEZ GRANDA DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI, 2020-2021" / Trabajo de Grado. Licenciatura en Terapia Física Médica. Universidad Técnica del Norte.

**DIRECTOR:** Lic. Paredes Gómez Ronnie Andrés MSc.

El principal objetivo de la presente investigación fue: Aplicar el entrenamiento con ejercicios nórdicos para desarrollar fuerza explosiva en los futbolistas de la escuela "Juan Yépez" de la ciudad de Atuntaqui, 2020-2021. Entre los objetivos específicos constan: Caracterizar según edad y etnia a los sujetos de estudio. Elaborar un protocolo de entrenamiento con ejercicios nórdicos. Evaluar la fuerza explosiva pre y post intervención.

**Fecha:** Ibarra, 28 de mayo del 2021



.....  
Lic. Paredes Gómez Ronnie Andrés MSc.

**DIRECTOR DE TESIS**



.....  
Pomasqui Chirán Cinthya Yesenia

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo en primer lugar a Dios, quien supo darme fuerza, salud y perseverancia para terminar este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en esta hermosa etapa de mi vida

A mis padres: Miguel Pomasqui, Olga Chirán, hermanas: Mishell Pomasqui, Edith Pomasqui quienes han sido el pilar fundamental y apoyo incondicional durante toda mi etapa educativa que nunca me dejaron sola, siempre me apoyaron tanto en el ámbito personal como académico, gracias por tanto apoyo, cariño, paciencia y amor

A todas las personas mencionadas dedico mi trabajo final de grado y les agradezco infinitamente por ser parte de mi vida y haber estado siempre conmigo, gracias por su apoyo incondicional.

*Cinthya Yesenia Pomasqui Chirán*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ayudarme a terminar de la mejor manera mi carrera y guiarme en cada momento de mi vida.

A mis Padres y Hermanas quienes fueron las personas que me han apoyado en todo momento para poder obtener mi título universitario.

A la Universidad Técnica del Norte quien me brindó la oportunidad de estudiar la carrera que me gusta y así obtener mi profesión.

A la Carrera de Terapia Física Médica, sin duda la mejor carrera de la universidad por la calidad de maestros con la que esta cuenta.

Al Msc. Ronnie Paredes quien con su tiempo, paciencia y guías pude terminar con mi trabajo de tesis.

A la escuela formativa de futbol “Juan Yépez” por ser parte de esta investigación y haberme permitido realizar las evaluaciones físicas para la investigación de mi trabajo.

*Cinthya Yesenia Pomasqui Chirán*

## ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	iii
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
TEMA .....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. El Problema.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema .....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.5. Preguntas de Investigación .....	7
CAPÍTULO II.....	8
2. Marco Teórico .....	8
2.1. Anatomía del sistema musculo esquelético .....	8
4.1. Huesos .....	9
9.1. Cartílago .....	18
2.4. Articulaciones.....	19



2.5. Tendón .....	27
2.6. Músculo.....	33
2.7. Condición física.....	43
2.8. Ejercicio Nórdico (N) .....	49
2.9. Fútbol.....	52
2.10. Evaluación de la fuerza explosiva de miembros inferiores.....	55
2.11. Marco Legal y Ético.....	56
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>59</b>
3. Metodología .....	59
3.1. Diseño de Investigación.....	59
3.2. Tipo de Estudio.....	59
3.3. Localización y ubicación del estudio.....	59
3.4. Población.....	59
3.5. Operacionalización de variables.....	61
3.6. Método de recolección de información.....	64
3.7. Instrumentos y técnicas.....	65
3.8. Plan de Intervención .....	67
3.9. Análisis de datos.....	67
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>68</b>
4. Discusión de Resultados .....	68
4.1. Análisis y discusión de resultados .....	68
4.2. Respuestas a las preguntas de investigación .....	75
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>77</b>
5. Conclusiones y recomendaciones.....	77
5.1. Conclusiones .....	77
5.2. Recomendaciones .....	78

BIBLIOGRAFÍA .....	79
Anexos .....	89
Anexo 1.- Aprobación .....	89
Anexo 2. Asignación de tribunal.....	90
Anexo 3.- Cambio de tema .....	91
Anexo 4.- Consentimiento Informado.....	92
Anexo 5.- Ficha de Evaluación de la fuerza explosiva .....	94
Anexo 6.- Planificación del entrenamiento .....	95
Anexo 7.- Aprobación del Abstract.....	108
Anexo 8.- Urkund.....	109
Anexo 9.- Evidencia Fotográfica .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distribución de los deportistas de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda según la edad. ....	68
<b>Tabla 2.</b> Caracterización de los deportistas de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda según etnia. ....	69
<b>Tabla 3.</b> Evaluación de la distancia alcanzada en los sujetos de estudio. ....	70
<b>Tabla 4.</b> Evaluación de la altura del salto inicial y final en la muestra de estudio. ...	71
<b>Tabla 5.</b> Evaluación de la velocidad del salto inicial y final en los deportistas. ....	72
<b>Tabla 6.</b> Evaluación de la altura del salto inicial y final en los sujetos de estudio. ...	73
<b>Tabla 7.</b> Evaluación de la velocidad del salto inicial y final en los sujetos de estudio. ....	74

## RESUMEN

APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE EJERCICIOS NÓRDICOS PARA MEJORAR LA FUERZA EXPLOSIVA EN DEPORTISTAS DE LA ESCUELA FORMATIVA DE FUTBOL JUAN YÉPEZ GRANDA DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI, 2020-2021.

**Autor:** Cinthya Yesenia Pomasqui Chirán.

**Correo:** [cypomasquic@utn.edu.ec](mailto:cypomasquic@utn.edu.ec)

El futbol es un deporte competitivo de alto impacto en donde las acciones explosivas son parte integral del rendimiento deportivo, su objetivo es hacer goles, en los que se ha determinado que el 83% está precedidos por acciones explosivas entre los sprint 45%, saltos 16%, cambios de dirección 6%.

La presente investigación tiene como objetivo aplicar el entrenamiento con ejercicios nórdicos para desarrollar fuerza explosiva en los futbolistas de la escuela “Juan Yépez” y observar cuales son los beneficios que se consigue tras la aplicación de este protocolo, como mejora al rendimiento deportivo de los jugadores, la duración del plan de intervención fue de 7 semanas 3 veces al día. Fue un diseño cuasi experimental de corte longitudinal; de carácter cuantitativo, prospectivo y de tipo descriptivo. El estudio se realizó en una muestra de 30 jugadores de 12 a 19 años. Los instrumentos para evaluar la fuerza explosiva fueron: salto horizontal, Squat Jump y Countermovement Jump test. En cuanto al análisis de resultados, los datos con mayor relevancia que se obtuvieron fueron: en el test salto horizontal alcanzó la distancia de 195cm, en el Squat jump test alcanzó la altura de 38cm y la velocidad de 1,38 segundos, en el Countermovement Jump test alcanzó la altura de 43cm y la velocidad de 1,43 segundos. Al finalizar se pudo concluir que la población de estudio mejoro la fuerza explosiva después de aplicar el plan de intervención durante las 7 semanas.

**Palabras claves:** fuerza explosiva, ejercicios nórdicos, fútbol, rendimiento deportivo, fuerza.

## ABSTRACT

APPLICATION OF A NORDIC EXERCISE PROTOCOL TO IMPROVE EXPLOSIVE STRENGTH IN ATHLETES OF THE JUAN YÉPEZ GRANDA SOCCER TRAINING SCHOOL IN THE CITY OF ATUNTAQUI, 2020-2021.

**Author:** Cinthya Yesenia Pomasqui Chirán.

**Email:** [cypomasquic@utn.edu.ec](mailto:cypomasquic@utn.edu.ec)

Soccer is a high impact competitive sport where explosive actions are an integral part of sports performance, its objective is to score goals, in which it has been determined that 83% is preceded by explosive actions among sprinting 45%, jumps 16%, changes of direction 6%.

The present investigation has as objective to apply the training with Nordic exercises to develop explosive strength in the soccer players of the school "Juan Yépez" and to observe which are the benefits that are obtained after the application of this protocol, as improvement to the sport performance of the players, the duration of the intervention plan was of 7 weeks 3 times a day. It was a quasi-experimental longitudinal design; quantitative, prospective and descriptive. The study was conducted in a sample of 30 players aged 12 to 19 years. The instruments used to evaluate explosive strength were: horizontal jump, Squat Jump and Countermovement Jump test. Regarding the analysis of the results, the most relevant data obtained were: in the horizontal jump test the distance reached 195cm, in the Squat Jump test the height reached 38cm and the speed 1.38 seconds, in the Countermovement Jump test the height reached 43cm and the speed 1.43 seconds. At the end it could be concluded that the study population improved explosive strength after applying the intervention plan during the 7 weeks.

**Key words:** explosive strength, Nordic exercises, soccer, sports performance, strength.

## **TEMA**

Aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de futbol Juan Yépez Granda de la ciudad de Atuntaqui, 2020-2021.

# CAPÍTULO I

## 1. El Problema

### 1.1. Planteamiento del Problema

El ejercicio nórdico de isquiotibiales es un ejercicio en pareja que puede realizarse fácilmente en el terreno de juego sin necesidad de un equipo especial. El ejercicio nórdico consiste en que el jugador intente resistir un movimiento de rodillas, utilizando los músculos isquiotibiales para maximizar la carga en la fase excéntrica. (1)

La implementación del ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) es un método bien documentado para mejorar la fuerza excéntrica de los isquiotibiales para mitigar el riesgo de aparición de HSI (lesiones por distensión de isquiotibiales). El entrenamiento de velocidad es específico del mecanismo de la lesión y se cree que activa los isquiotibiales a través de contracciones excéntricas máximas. (2)

La disminución de la fuerza muscular en isquiotibiales, el desequilibrio de la musculatura del cuádriceps e isquiotibiales es un factor determinante para que ocurran lesiones deportivas, si el deportista sufre una lesión no solo se ve afectado la parte física sino también su estado emocional en donde el deportista va a sentir impotencia, estrés, ansiedad, depresión, frustración al no poder seguir realizando sus actividades deportivas como es de costumbre, miedo de no volver al rendimiento anterior. Al sufrir una lesión el deportista, el club se ve obligado a costear con todos los gastos, se calcula que cada año los clubes pierden el equivalente a entre el 10% y el 30% de sus plantillas por lesiones.

La mejora de las acciones explosivas de alta intensidad como el sprint o el salto vertical (VJ) es un objetivo importante para los entrenadores y atletas. De hecho, Faude concluyó que los sprints rectos son la acción más importante al marcar o ayudar a un gol en el fútbol de élite. A los efectos de este metaanálisis, es importante señalar que en la mayoría de los deportes de equipo las distancias recorridas en los esfuerzos de

velocidad suelen ser cortas y consisten principalmente en aceleraciones y desaceleraciones sin desarrollar la máxima velocidad. (3)

En Qatar en un estudio se analizó los efectos del entrenamiento combinado de fútbol y ejercicio de isquiotibiales nórdicos durante las primeras semanas de la temporada en los cambios de velocidad y fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales con jugadores de fútbol profesional. En donde los principales hallazgos del estudio fueron: mejorar los tiempos de sprint. (4)

En Eslovenia realizaron un estudio en donde se ha demostrado numerosas adaptaciones neuromusculares positivas después de realizar el NHE. Por ejemplo, se informó una mejora significativa en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales después de una implementación de 4 a 10 semanas de entrenamiento de NHE. (5)

En Dinamarca se investigó la eficacia del protocolo de ejercicio de isquiotibiales nórdicos (NHE) de 10 semanas en el rendimiento de esprint en jugadores de fútbol, en donde se mostró mejoras de pequeñas a medianas en el rendimiento del sprint y grandes aumentos en la fuerza y capacidad de los isquiotibiales excéntricos máximos. (6)

Entre las cualidades físicas requeridas para un óptimo desempeño en el fútbol se encuentra la fuerza explosiva, que determina los cambios de velocidad, de dirección, de aceleración, de salto y de otros movimientos característicos de este deporte. El entrenamiento tradicional de la fuerza explosiva en fútbol se ha venido trabajando en el fortalecimiento de los músculos cuádriceps y en la utilización de ejercicios polimétricos.

Se considera que la NHE (ejercicio nórdico de isquiotibiales) influye en la mejora significativa de la fuerza de los flexores de la rodilla y en el aumento sustancial del rendimiento del sprint, en el aumento de la longitud de la cabeza larga del bíceps femoral y en el desplazamiento del par máximo de flexión de la rodilla hacia la extensión. (7)



No obstante, se debe también considerar el entrenamiento de los músculos isquiotibiales, colaboran en la generación de la fuerza explosiva en miembros inferiores, se plantea la investigación debido a que en el Ecuador no existen investigaciones sobre el entrenamiento con ejercicios nórdico, siendo este un programa de ejercicios no complejos que ayudaran al deportista a desarrollar las capacidades físicas de mejor manera, el ejercicio nórdico ha sido utilizado en los programas de prevención de lesiones y optimización del gesto deportivo en fútbol.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuáles son los efectos de la aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de futbol Juan Yépez Granda de la ciudad de Atuntaqui, 2020-2021?

### **1.3. Justificación**

El propósito del estudio tuvo como finalidad brindar información sobre los beneficios que se obtienen tras la aplicación del protocolo de ejercicios nórdicos en deportistas, por lo cual después de haber realizado una evaluación inicial y la evaluación final se analizaron los resultados para poder observar si hubo mejorías en relación con la fuerza explosiva.

Este estudio fue viable ya que tuvo la autorización del entrenador de la escuela formativa de fútbol de la ciudad de Atuntaqui y con el consentimiento informado de cada deportista que pertenece a la escuela formativa de fútbol que fue necesario para poder llevar a cabo la investigación, también fue factible ya que se contó con material bibliográfico necesario para obtener información acerca del entrenamiento nórdico para desarrollar la investigación.

El estudio tiene como beneficiarios directos a los deportistas de la escuela Juan Yépez entre las edades de 12 a 19 años, ya que después de la aplicación del protocolo de ejercicios nórdicos los deportistas mejoraron las cualidades físicas que se necesita para un óptimo desempeño en el fútbol como son: la fuerza explosiva, que se encarga de los cambios de velocidad, de dirección, de aceleración, de salto y de otros movimientos característicos de este deporte; seguido de la investigadora por la aplicación de técnicas fisioterapeutas las cuales me van ayudar en la formación y finalmente como beneficiarios indirectos la Universidad Técnica del Norte ya que con estos datos pueden realizar otros posibles estudios.

La presente investigación tuvo un gran impacto en la salud, porque ayuda al deportista a mejorar la optimización del gesto deportivo, al trabajar excéntricamente, las contracciones excéntricas rápidas en el ejercicio desarrollan selectivamente la fuerza en unidades motoras rápidas, así reducen el tiempo necesario para hipertrofiar las fibras musculares rápidas, el trabajo excéntrico convierte la energía potencial y cinética en energía elástica en resumen desacelera y almacena energía.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Aplicar el entrenamiento con ejercicios nórdicos para desarrollar fuerza explosiva en los futbolistas de la escuela “Juan Yépez” de la ciudad de Atuntaqui, 2020-2021.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar según edad y etnia a los sujetos de estudio.
- Elaborar y aplicar un protocolo de entrenamiento con ejercicios nórdicos.
- Evaluar la fuerza explosiva pre y post intervención.

### **1.5. Preguntas de Investigación**

- ¿Cuáles son las características según edad y etnia en los sujetos de estudio?
- ¿Cuál es el protocolo de ejercicios nórdicos para la intervención en los deportistas?
- ¿Cuál es resultado de la evaluación pre y post intervención?

## **CAPÍTULO II**

### **2. Marco Teórico**

#### **2.1. Anatomía del sistema musculo esquelético**

### **3. Definición**

El sistema musculoesquelético incluye músculos esqueléticos, huesos y axones que inervan de neuronas en el sistema nervioso central y periférico. Juntos, forman la estructura más grande del cuerpo. También inician y coordinan la locomoción, proporcionan estabilidad estructural y contribuyen al metabolismo y la homeostasis.

(8)

El sistema musculoesquelético pertenece al sistema de movimiento, que está compuesto por huesos, articulaciones y músculo esquelético. Es la parte principal del cuerpo y desempeña el papel de apoyar el cuerpo, proteger los órganos importantes y moverse. (9)

### **4. Función**

Su función es sostener y proteger el cuerpo, fabricar glóbulos rojos y blancos y almacenar minerales. Los huesos tienen varias formas y estructuras internas y externas complejas, que pueden reducir el peso y mantener la dureza al mismo tiempo. (9)

El sistema musculoesquelético, que proporciona soporte mecánico soporte mecánico y permite el movimiento, está compuesto por músculo esquelético, tendones, huesos, articulaciones y ligamentos. (10)

Una de las funciones más importantes del hueso es la hematopoyesis. El sistema hematopoyético es responsable de producir más de 100 mil millones de células sanguíneas maduras al día. Las células madre hematopoyéticas residen en el endostio denominado "nicho hematopoyético" y tienen un abundante suministro vascular. Las interacciones entre el microambiente óseo y la hematopoyesis son complejas, pero su comprensión está aumentando rápidamente. En particular, se ha demostrado que el

microambiente óseo juega un papel importante en la patogénesis de muchas enfermedades. Por ejemplo, en la leucemia, la infiltración de la médula ósea puede suprimir y estimular los osteoblastos. (11)

#### **4.1. Huesos**

### **5. Definición**

Los huesos están constituidos por tejido óseo, que corresponde fundamentalmente a fosfato cálcico anorgánico y bras de colágeno de tipo I, en el seno del cual se encuentran inmersas las células óseas. (12)

El hueso es un tejido conectivo especial compuesto de una recia matriz orgánica que se fortalece notablemente gracias a los depósitos de sales de calcio. El total del esqueleto se compone de una masa de 80% hueso compacto y 20% hueso esponjoso. El hueso cortical es denso y está compuesto por una red ramificada de osteones cilíndricos llamados sistemas de Havers. El hueso trabecular consta de paquetes llamados osteones dispuestos en un patrón de panal. (13) (11)

Al hablar de la estructura del cuerpo humano se habla del esqueleto, para el que tradicionalmente se ha establecido que cuenta con 206 huesos sin tener en cuenta variaciones anatómica. También se ha llegado a decir que hay alrededor de 208 huesos a causa de las variaciones en el número de las vértebras. Otros autores afirman que el esqueleto humano está compuesto por 213 huesos excluyendo los sesamoideos, huesos definidos como osículos en contacto con un tendón. Otros dicen que son 200, sin contar los huesecillos del oído medio, los sesamoideos y los huesos sutúrales. (13)

El componente no mineralizado del hueso se llama médula ósea y está formado por adipocitos (médula amarilla) y células hematopoyéticas (médula roja). La superficie cortical externa del hueso está cubierta de periostio, excepto en las articulaciones, y la superficie interna está cubierta por endostio. El periostio es un tejido conectivo fibroso, mientras que el endostio es una estructura membranosa; ambos contienen vasos sanguíneos, osteoblastos y osteoclastos. (11)

## **Células óseas**

Dentro del hueso hay cuatro tipos principales de células esqueléticas:

Condrocitos: formadores de cartílago.

Osteoblastos: formadores de hueso.

Osteoclastos: reabsorbentes de hueso.

Osteocitos: mecanotransductores y reguladores. (14)

## **6. Componentes**

Los principales componentes celulares del hueso son los osteoclastos, los osteoblastos y los osteocitos, que están rodeados por una matriz extracelular mineralizada. (11)

- **Los osteoblastos**

Sintetizan la matriz ósea y regulan la mineralización al liberar vesículas que contienen calcio y fosfato. La matriz mineralizada del hueso está formada por proteínas de colágeno (principalmente colágeno tipo I) y mineral óseo, que es principalmente hidroxapatita. (11)

- **Los osteoclastos**

Están rodeados y enterrados dentro de esta matriz, luego se diferencian en osteocitos. Se forma una red bioquímica que conecta las células del revestimiento de la superficie ósea y los osteocitos. Su función principal es transducir el estrés mecánico en una respuesta biológica de manera significativa a la red de osteocitos y osteoblastos. Los osteoclastos juegan un papel central en la remodelación ósea y son la única célula capaz de reabsorber hueso. (11)



## **7. Estructura**

El hueso es una estructura dinámica que experimenta crecimiento, modelado y remodelación durante la vida bajo la influencia de fuerzas mecánicas, factores metabólicos y acción hormonal. (11)

- **En el modelado**

La reabsorción y la formación ocurren de forma independiente en distintos sitios esqueléticos para provocar cambios importantes en la arquitectura ósea. Por el contrario, en la remodelación, la reabsorción y la formación están estrechamente acopladas tanto espacial como temporalmente de modo que el volumen y la estructura ósea generales permanecen sin cambios. (14)

El modelado anormal se puede activar en estados patológicos como el mieloma múltiple, donde los osteoclastos son activados por las células del revestimiento óseo que expresan fosfatasa ácida resistente al tartrato debido a un microambiente anormal creado por la infiltración de células plasmáticas. (11)

- **La remodelación ósea**

Se da de forma continua para reparar el daño esquelético, prevenir la acumulación de hueso hipermineralizado quebradizo y mantener la homeostasis mineral al liberar reservas de calcio y fósforo. Las pequeñas regiones de hueso son reabsorbidas por los osteoclastos y reemplazadas por osteoblastos; esta estrecha coordinación entre la reabsorción y la formación asegura que se mantenga la integridad estructural al tiempo que permite que se reemplace hasta el 10% del esqueleto cada año. (11)

La remodelación ósea es un proceso continuo en el que se extraen unidades de hueso viejo y se reemplazan por una nueva matriz proteica, que luego se mineraliza. La regulación de la resorción ósea mediada por osteoclastos está bajo la influencia de la hormona paratiroidea, la vitamina D y la calcitonina. La mineralización de la matriz está regulada por los osteoblastos y esto modula los niveles séricos de calcio y fosfato bajo la influencia de la vitamina D. Después de un ciclo de remodelación, 50-70% de

los osteoblastos sufren apoptosis y los demás se convierten en osteocitos y células de revestimiento óseo. (11)

### **Las células de la remodelación ósea: los actores principales**

El ciclo de remodelación ósea, que comienza en la vida fetal temprana, depende de la interacción entre 2 linajes celulares. Las células osteoblásticas contribuyen al crecimiento óseo y se derivan del origen mesenquimatoso. Las células mesenquimales son células madre que pueden diferenciarse en una variedad de tipos de células, como osteoblastos, condrocitos, miocitos y adipocitos. Las células de osteoclastos provocan la resorción ósea y se originan a partir de un linaje hematopoyético, que incluye una variedad de tipos de células sanguíneas del interior de la médula ósea. El proceso de remodelación celular comienza cuando los osteoblastos y las células precursoras de los osteoclastos se fusionan para formar una célula osteoclástica multinucleada. (15)

#### **Osteoclastos**

Una vez que se ha producido la fusión de osteoblastos y precursores osteoclásticos, el osteoclasto multinucleado resultante se adhiere a la superficie del hueso y comienza la reabsorción. Estas células utilizan una combinación de enzimas lisosomales e iones de hidrógeno para descomponer la matriz ósea. Esta matriz ósea está compuesta por una porción inorgánica de cristales de fosfato de calcio (hidroxiapatita) y una porción orgánica compuesta por colágeno, proteoglicanos y glicoproteínas. El proceso de reabsorción deja regiones "recogidas" de la matriz ósea (Howship Lacunae), y luego se cree que las células mononucleares de linaje de macrófagos llevan a cabo una fase de "inversión" que continúan degradándose y depositando material orgánico mientras liberan factores de crecimiento para iniciar la reacción. fase de deposición ósea. (15)

#### **Osteoblastos**

Los precursores mesenquimales diferenciados llenan el Howship Lacunae depositando nuevo colágeno y minerales. Una vez que el osteoblasto ha completado la tarea, puede entrar en 3 destinos: aplanarse y convertirse en una célula para revestir la superficie ósea, convertirse en un osteocito o sufrir la muerte celular (apoptosis). (15)

## **Osteocitos**

Los osteocitos son el tipo de célula más abundante en el hueso maduro. Estos tipos de células se encuentran dentro de la matriz ósea y ocupan espacios microscópicos denominados lagunas. Desempeñan un papel en la remodelación ósea al transmitir señales a otros osteocitos cercanos con respecto al estrés óseo (tendones que tiran del hueso). Los osteocitos también participan en la regulación del flujo de líquido dentro del hueso, por lo que esta señal celular puede deberse a cambios en el flujo de líquido en respuesta a tensiones mecánicas en el hueso. Estas células están involucradas en el proceso llamado mecanotransducción, donde las fuerzas mecánicas se convierten en señales bioquímicas. Los osteocitos actúan como conductores de esta señal (o la falta de ella), e instruyen a las células circundantes sobre cómo compensar y adaptarse al estrés mecánico. (15)

## **Ciclo de remodelación**

El proceso de remodelación implica cinco fases distintas pero superpuestas; en conjunto, estas fases se denominan ciclo de remodelación. En un momento dado, hay miles de ciclos de remodelación que tienen lugar en todo el cuerpo en varias etapas, dependiendo de cuándo se iniciaron. (16)

Las cinco fases son:

- **Iniciación o activación**

Implica la detección del sitio de remodelación y el reclutamiento y activación de osteoclastos en la UMB (unidades multicelulares básicas). Los osteocitos detectan el hueso deformado (causado por una sobrecarga mecánica) o detectan microdaños en el hueso viejo. Ambos eventos transmiten señales para reclutar precursores de osteoclastos mononucleares de monocitos y macrófagos de la circulación al sitio específico. Los precursores de los osteoclastos se reclutan en la UMB a partir de los capilares que penetran en la UMB o de la médula ósea cruzando las células del revestimiento óseo. En la BMU, los precursores de osteoclastos responden a M-CSF (monocitos / macrófagos) y RANKL. RANKL (receptor del factor nuclear) interactúa

con un receptor, RANK, en las células precursoras del linaje hematopoyético para iniciar la diferenciación a osteoclastos multinucleados y mantener su actividad de reabsorción. Con la formación de los osteoclastos, el proceso de remodelación pasa a la fase de reabsorción. (16)

- **En la reabsorción**

El evento predominante es la reabsorción ósea. Los osteoclastos adjuntos forman zonas de sellado anulares y compartimentos de reabsorción ósea. Los osteoclastos de reabsorción secretan iones de hidrógeno en el compartimento de reabsorción para reducir el pH a ~ 4,5. El pH bajo facilita la disolución del mineral óseo y expone la matriz orgánica ósea que es digerida por diversas enzimas proteolíticas secretadas por los osteoclastos. La eliminación de la matriz orgánica y mineral ósea provoca lagunas de Howship en forma de platillo en el hueso trabecular y los canales de Havers en el hueso cortical. (16)

Una vez finalizada la reabsorción, los osteoclastos sufren apoptosis. El tamaño, la duración y la profundidad del evento de reabsorción están controlados al menos en parte por RANKL, que mantiene la viabilidad de los osteoclastos. La resorción ósea mediada por osteoclastos toma sólo aproximadamente de 2 a 4 semanas durante cada ciclo de remodelación. Durante la fase de resorción, las CMM y / o los osteoprogenitores también se reclutan en la UMB directamente desde la médula ósea o desde los capilares. El proceso de remodelación entra en la fase formativa cuando la función osteoblástica de la síntesis osteoide comienza a superar la resorción ósea. (16)

- **La fase de inversión**

Se caracteriza por el cese de la reabsorción de los osteoclastos y el inicio de la formación ósea. Una vez que los osteoclastos terminan de reabsorber el hueso, la superficie ósea expuesta en la laguna contiene fragmentos de colágeno restantes. La eliminación de estos fragmentos es necesaria para que los osteoblastos formen hueso nuevo. La superficie reabsorbida se aclara por el revestimiento de las células y probablemente también por los macrófagos. Una vez que se limpian las fosas de reabsorción, los osteoblastos depositan una primera capa de proteínas (colágeno) en

ellos para formar una línea de cemento (glicoproteína) entre el hueso viejo y el nuevo que es necesaria para que los osteoblastos se adhieran y comiencen la formación de hueso nuevo. (16)

- **La fase de formación**

Es la fase más larga. Durante esta fase, los osteoblastos depositan una matriz orgánica no mineralizada (osteóide), que se mineraliza en dos fases distintas. En la fase de mineralización primaria se produce la incorporación inicial de iones de calcio y fósforo a la matriz de colágeno. La mineralización primaria representa aproximadamente el 70% del contenido mineral final. Durante la fase de mineralización secundaria se produce la adición final de minerales y la maduración de los cristales minerales. Los osteoblastos que participaron en la formación de hueso nuevo se someten a uno de tres destinos. La mayoría (90%) de ellos muere por apoptosis. Algunos osteoblastos se incorporan a la matriz osteóide y se convierten en osteocitos. Los osteoblastos restantes forman células que recubren los huesos. (16)

- **En la fase de quiescencia o reposo**

La superficie del hueso se cubre con células de revestimiento. La mayoría de los huesos en un momento dado se encuentran en estado de inactividad. (16)

## **8. Tipos de hueso**

Se pueden distinguir varios tipos de huesos: huesos largos, huesos planos, huesos cortos, huesos irregulares, huesos neumatizados y huesos accesorios además de unos huesos sesamoideos. (12)

- **Huesos planos**

Estos huesos contienen dos capas delgadas de cortical, entre las cuales está la esponjosa; en los huesos de la calota craneal estas estructuras se llaman diploe. Ejemplo: escapula, hueso frontal, hueso parietal, hueso occipital, iliaco, costillas. (12)

- **Huesos largos**

Estos contienen medula ósea y en adultas medula grasa. Ejemplo: fémur, humero, tibia, peroné, radio, cubito. (12)

- **Huesos irregulares**

Huesos que no se adaptan a ninguna otra categoría. Ejemplo: vertebras. (12)

- **Huesos cortos**

Los cuales no contienen medula ósea, están llenos de esponjas. Ejemplo: hueso de la mano y el pie. (12)

- **Huesos sesamoideos**

Huesos que están inmersos en ligamentos o tendones. Ejemplos: rótula, hueso pisiforme. (12)

- **Huesos neumatizados**

Huesos que contienen espacios revestidos por mucosas y llenos de aire. Ejemplos: hueso etmoides, hueso esfenoides, maxilar, hueso temporal. (12)

- **Huesos accesorios**

No aparecen en todas las personas. Ejemplo: fabela, hueso trígono. (12)

## **9. Componentes del esqueleto humano**

El esqueleto humano está constituido por dos componentes:

- Esqueleto axial
- Esqueleto apendicular

### **Esqueleto axial**

El esqueleto axial de los vertebrados fue un desarrollo evolutivo que proporcionaba soporte al cuerpo y protección a la médula espinal. El esqueleto axial ocupa la línea

media formando el eje del cuerpo, está compuesto por los huesos del cráneo, columna vertebral, costillas y esternón. (17) (18)

### **Esqueleto apendicular**

El esqueleto apendicular es uno de los dos principales grupos óseos del cuerpo, siendo el otro el esqueleto axial. El esqueleto apendicular está compuesto por las extremidades superiores e inferiores, que incluyen la cintura escapular y la pelvis. (19)

La cintura escapular y la pelvis proporcionan puntos de conexión entre el esqueleto apendicular y el esqueleto axial donde se transfieren las cargas mecánicas. De los 206 huesos del cuerpo humano adulto, un total de 126 huesos forman el esqueleto apendicular. Los huesos que contribuyen al esqueleto apendicular incluyen los huesos de las manos, los pies, la extremidad superior, la extremidad inferior, la cintura escapular y los huesos de la pelvis. (19)

Hay 126 huesos con nombre del esqueleto apendicular (todos los huesos existen en pares). (19)

### **Miembro inferior**

- Faja pélvica (cadera o hueso coxal)

Ilion.

Isquion.

Pubis. (19)

- Muslo

Fémur. (19)

- Pierna

Tibia.

Fíbula. (19)

- Huesos del tarso

Talas.

Calcáneo.

Cuboides.

Cuneiforme medial, intermedio y lateral.

Navicular. (19)

- Pie

Metatarsos x5.

Falange x14. (19)

## **9.1. Cartílago**

### **9.1.1. Definición**

El cartílago se incluye dentro de los tejidos de sostén. Está dotado de una notable elasticidad ante la presión y adopta formas específicas en función de la localización y las exigencias biomecánicas locales. (20)

### **9.1.2. Composición del cartílago**

El cartílago es muy pobre en células (solo un 4-8% del volumen de tejido global corresponde a células), carece de vasos y nervios y, por eso, apenas tiene capacidad de regeneración. La mayor parte del volumen del tejido cartilaginoso corresponde a una matriz cartilaginosa extracelular (colágeno de tipo II específico del cartílago y un gran proteoglicano que capta agua llamado agregán). El cartílago se nutre a partir del líquido articular, del riego del pericondrio o de los tejidos vascularizados vecinos. (20)



### **9.1.3. Tipos de cartílagos**

Los cartílagos hialinos, los fibrocartílagos y los cartílagos elásticos desempeñan múltiples funciones en el cuerpo humano, incluido el soporte de cargas en las articulaciones articulares y los discos intervertebrales, proporcionando lubricación articular, formando las orejas externas y la nariz, sosteniendo la tráquea y formando los huesos largos durante el desarrollo y el crecimiento. (21)

#### **9.1.3.1.El cartílago elástico**

Contiene haces de elastina dispersas en la MEC que le proporcionan rigidez y elasticidad al tejido. Este tejido se encuentra en el oído y en la epiglotis. (22)

#### **9.1.3.2.El fibrocartílago**

Contiene una MEC fibrosa rica en colágeno de tipo I y se encuentra entre los discos vertebrales y los meniscos. (22)

#### **9.1.3.3.El cartílago hialino**

El cartílago más frecuente dentro del organismo es el cartílago hialino, que se caracteriza por una elevada elasticidad ante la presión, que permite el reparto de las presiones dentro de la articulación, y también por una superficie muy plana libre de irregularidades. (20)

Surge de condensaciones de células mesenquimales durante el desarrollo embriológico en un proceso denominado condrogénesis. (22)

## **2.4. Articulaciones**

### **2.4.1. Definición**

Una articulación es un punto donde dos huesos hacen contacto. Las articulaciones pueden clasificarse histológicamente según el tipo dominante de tejido conectivo funcionalmente según la cantidad de movimiento permitido. (23)

## **2.4.2. Tipos de articulaciones**

Histológicamente, las tres articulaciones del cuerpo son fibrosas, cartilagosas y sinoviales. Funcionalmente, los tres tipos de articulaciones son sinartrosis (inamovible), anfiartrosis (ligeramente movible) y diartrosis (movible libremente). Los dos esquemas de clasificación se correlacionan: las sinartrosis son fibrosas, las anfiartrosis son cartilagosas y las diartrosis son sinoviales. (23)

### **Articulaciones sinoviales**

Las articulaciones sinoviales se mueven libremente (diartrosis) y se consideran las principales articulaciones funcionales del cuerpo. Su cavidad articular caracteriza la articulación sinovial. La cavidad está rodeada por la cápsula articular, que es tejido conectivo fibroso que se adhiere a cada hueso participante justo más allá de su superficie articular. La cavidad articular contiene líquido sinovial, secretado por la membrana sinovial (sinovial), que recubre la cápsula articular. El cartílago hialino forma el cartílago articular, cubriendo toda la superficie articular de cada hueso. El cartílago articular y la membrana sinovial son continuos. Algunas articulaciones sinoviales también tienen fibrocartílago asociado, como los meniscos, entre los huesos articulares. (23)

Las articulaciones sinoviales son conexiones entre componentes esqueléticos en las que los elementos implicados se encuentran separados por una estrecha cavidad articular. Además de incluir una cavidad articular, estas articulaciones tienen varios rasgos característicos. (24)

En primer lugar, una capa de cartílago, habitualmente cartílago hialino, cubre las superficies articulares de los elementos esqueléticos. (25)

Una segunda característica de las articulaciones sinoviales es la presencia de una cápsula articular consistente en una membrana sinovial interna y una membrana fibrosa externa: (25)

- La membrana sinovial se fija a los márgenes de las superficies articulares en la interfase entre el cartílago y el hueso, y envuelve la cavidad articular. La membrana

sinovial está altamente vascularizada y produce líquido sinovial, que se acumula en la cavidad articular y proporciona lubricación a las superficies articulares. (25)

- La membrana fibrosa está formada por tejido conjuntivo denso y rodea y estabiliza la articulación. Partes de la membrana fibrosa pueden verse engrosadas para formar ligamentos, que estabilizan aún más la articulación. Los ligamentos externos a la cápsula suelen aportar un refuerzo adicional. (25)

Las articulaciones sinoviales a menudo se clasifican además por el tipo de movimientos que permiten. Existen seis clasificaciones de este tipo: bisagra (codo), silla de montar (articulación carpometacarpiana), planar (articulación acromioclavicular), pivote (articulación atlantoaxial), condiloide (articulación metacarpofalángica) y bola y encaje (articulación de la cadera). (23)

- **Articulaciones planas**, permite que se generen los movimientos de deslizamiento cuando un hueso se desplaza sobre la superficie de otro. (25)

Una articulación plana, o articulación deslizante, se define como una articulación entre huesos que son planos y de tamaño similar. Este tipo de articulación es multiaxial porque permite muchos movimientos; sin embargo, los ligamentos circundantes generalmente restringen esta articulación a un movimiento pequeño y tenso. Los ejemplos incluyen articulaciones intercarpianas, articulaciones intertarsales y la articulación acromioclavicular. (23)

- **Articulaciones en bisagra**, permite que se genere movimiento de desplazamiento en torno a un eje transversal a la articulación; regulan movimientos de flexión y extensión. (25)

Una articulación de bisagra es una articulación entre el extremo convexo de un hueso y el extremo cóncavo de otro. Este tipo de articulación es uniaxial porque solo permite el movimiento en un eje. En el cuerpo, este eje de movimiento suele ser flexión y enderezamiento, o flexión y extensión. Los ejemplos incluyen el codo, la rodilla, el tobillo y las articulaciones interfalángicas. (23)

- **Articulaciones en pivote**, se da el movimiento en torno a un eje que atraviesa en sentido longitudinal la diáfisis del hueso; regula la rotación. (25)

Una articulación de pivote es una articulación dentro de un anillo ligamentoso entre el extremo redondeado de un hueso y otro hueso. Este tipo de articulación es uniaxial porque, aunque el hueso gira dentro de este anillo, lo hace alrededor de un solo eje. Un ejemplo sería la articulación atlantoaxial entre C1 (atlas) y C2 (eje) de las vértebras, lo que permite el movimiento de la cabeza de lado a lado. Otro ejemplo es la articulación radiocubital proximal. El radio se asienta en el ligamento radial anular, que lo mantiene en su lugar mientras se articula con la muesca radial del cúbito, lo que permite la pronación y supinación. (23)

- **Articulaciones bicondíleas**, que permiten principalmente el movimiento en torno a un eje, con rotación limitada en torno a un segundo eje; formadas por dos cóndilos convexos que se articulan con superficies cóncavas o planas (p. ej., en la rodilla). (25)

- **Articulaciones condíleas (elipsoides)**, que permiten el movimiento en torno a dos ejes que se hallan en ángulo recto uno respecto del otro; regulan movimientos de flexión, extensión, abducción y circunducción. (25)

Una articulación condiloidea, o articulación elipsoide, se define como una articulación entre la depresión poco profunda de un hueso y la estructura redondeada de otro hueso o huesos. Este tipo de articulación es biaxial porque permite dos ejes de movimiento: flexión / extensión y medial / lateral (abducción / aducción). Un ejemplo son las articulaciones metacarpofalángicas de la mano entre el metacarpiano distal y la falange proximal, comúnmente conocida como nudillo. (23)

- **Articulaciones en silla de montar**, aprueban el movimiento en torno a dos ejes que se hallan en ángulo recto uno respecto del otro; las superficies articulares tienen forma de silla de montar; regulan movimientos de flexión, extensión, abducción, aducción y circunducción. (25)

Una articulación en silla de montar es una articulación entre dos huesos que tienen forma de silla de montar o son cóncavos en una dirección y convexos en otra. Este tipo de articulación es biaxial, y un ejemplo es la primera articulación carpometacarpiana entre el trapecio (carpiano) y el primer hueso metacarpiano del pulgar. Esta disposición permite que el pulgar se flexione y se extienda (dentro del plano de la palma), así como abducir y aducir (perpendicular a la palma). Esta destreza le da a los humanos el rasgo característico de los pulgares "oponibles". (23)

- **Articulaciones esféricas (glenoideas)**, que permiten el movimiento en torno a múltiples ejes; regulan movimientos de flexión, extensión, abducción, aducción, circunducción y rotación. (25)

Una articulación de rótula es una articulación entre la cabeza redondeada de un hueso (bola) y la concavidad de otro (cavidad). Este tipo de articulación es multiaxial: permite flexión / extensión, abducción / aducción y rotación. Las únicas dos articulaciones esféricas del cuerpo son las caderas y el hombro (glenohumeral). La cavidad poco profunda de la cavidad glenoidea permite un rango de movimiento más extenso en el hombro; la cavidad más profunda del acetábulo y los ligamentos de soporte de la cadera restringen el movimiento del fémur. (23)

### **Articulaciones sólida o sinartrosis**

Las articulaciones sólidas son conexiones entre elementos esqueléticos en las que las superficies adyacentes están unidas entre sí, ya sea por tejido conjuntivo fibroso o por cartílago, habitualmente fibrocartílago. Los movimientos en estas articulaciones son más restringidos que en las articulaciones sinoviales. (25)

Una articulación fibrosa o sinartrosis es una articulación fija donde el tejido fibroso compuesto principalmente de colágeno conecta los huesos. Las articulaciones fibrosas suelen ser inamovibles (sinartrosis) y no tienen cavidad articular. (23)

Las articulaciones fibrosas se dividen en suturas, gonfosis y sindesmosis:

- **Las suturas** se ven únicamente en el cráneo, donde los huesos adyacentes están unidos por una fina capa de tejido conectivo denominado ligamento sutural. (25)

Las suturas son articulaciones inmóviles en el cráneo. Los huesos del cráneo en forma de placa son ligeramente móviles al nacer debido al tejido conectivo entre ellos, denominado fontanelas. Esta flexibilidad inicial permite que la cabeza del bebé atraviese el canal del parto en el momento del parto y permite el agrandamiento del cerebro después del nacimiento. A medida que el cráneo se agranda, las fontanelas se reducen a una capa estrecha de tejido conectivo fibroso, llamado fibras de Sharpey, que suturan las placas óseas. Finalmente, las suturas craneales se osifican: las dos placas adyacentes se fusionan para formar un hueso; esta fusión se denomina sinostosis. (23)

- **Las gonfosis** sólo se sitúan entre los dientes y el hueso adyacente; en estas articulaciones, fibras cortas de tejido colágeno en el ligamento periodontal discurren entre la raíz dentaria y la cavidad ósea. (25)

Las gonfosis son las articulaciones inmóviles entre los dientes y sus alvéolos en la mandíbula y los maxilares. El ligamento periodontal es el tejido fibroso que conecta el diente a la cavidad. (23)

- **Las sindesmosis** son articulaciones en las que dos huesos adyacentes están unidos por un ligamento, por ejemplo, el ligamento amarillo, que conecta las láminas vertebrales adyacentes, o por una membrana interósea, la cual une, por ejemplo, el radio y el cúbito en el antebrazo. (25)

Las sindesmosis son articulaciones ligeramente móviles (anfiartrosis). En las articulaciones sindesmosis, los dos huesos se mantienen unidos por una membrana interósea. Por ejemplo, la tibia se conecta al peroné, formando la articulación tibiofibular media, y el cúbito se une al radio, formando la articulación radiocubital media. (23)

### **Articulaciones cartilagosas**

En las articulaciones cartilagosas, los huesos se unen mediante cartílago hialino o fibrocartílago. Dependiendo del tipo de cartílago involucrado, las articulaciones se clasifican además como articulaciones cartilagosas primarias y secundarias. (23)

- **Las sincondrosis** aparecen donde dos centros de osificación de un hueso en desarrollo permanecen separados por una capa de cartílago, por ejemplo, el cartílago de crecimiento entre la epífisis y la diáfisis de los huesos largos en crecimiento, estas articulaciones permiten el crecimiento óseo y eventualmente se osifican por completo. (25)

Otro nombre con el que se las conoce son articulaciones cartilagosas primarias, más conocidas como sincondrosis, solo involucran cartílago hialino. Estas articulaciones pueden ser ligeramente móviles (anfiartrosis) o inmóviles (sinartrosis). La articulación entre la epífisis y la diáfisis de los huesos largos en crecimiento es un ejemplo. (23)

- **Las sínfisis** surgen donde dos huesos separados se interconectan por cartílago, la mayoría de estos tipos de articulaciones aparecen en la línea media e incluyen la sínfisis del pubis entre los dos huesos coxales y los discos intervertebrales entre las vértebras adyacentes. (25)

También se las conocen con el nombre de articulación cartilagosas secundaria, más conocida como sínfisis, puede involucrar hialino o fibrocartílago. Estas articulaciones son ligeramente móviles (anfiartrosis). Un ejemplo clásico es la sínfisis púbica. (23)

#### **2.4.3. Suministro de sangre y linfáticos**

Cada articulación del cuerpo tiene un riego sanguíneo diferente; sin embargo, existen patrones basados en la clasificación histológica de las articulaciones. (23)

- **Las articulaciones fibrosas** están irrigadas por las ramas perforantes de los vasos proximales. Por ejemplo, el suministro de sangre a la articulación tibioperonea proviene de ramas de la arteria tibial anterior y de la arteria peronea. (23)

- **Las articulaciones cartilagosas:** solo reciben suministro vascular en la periferia porque el cartílago en sí es un tejido avascular. Los discos intervertebrales, por ejemplo, son abastecidos en los márgenes por capilares de los cuerpos vertebrales. (23)
- **Las articulaciones sinoviales:** reciben irrigación vascular a través de una rica anastomosis de arterias que se extienden desde ambos lados de la articulación, denominada plexo periarticular. Algunos vasos penetran en la cápsula fibrosa para formar un rico plexo más profundo en la membrana sinovial. Este plexo más profundo, denominado circulus vasculosus, forma un bucle alrededor de los márgenes articulares que inerva la cápsula articular, la membrana sinovial y el hueso terminal. El cartílago articular, que es un cartílago hialino avascular, se nutre del líquido sinovial. (23)
- Los vasos linfáticos de cada articulación siguen el drenaje linfático del tejido circundante; algunas articulaciones albergan los ganglios linfáticos, como los ganglios linfáticos poplíteos en la fosa poplíteo de la rodilla. (23)

#### **2.4.4. Inervación**

Cada articulación del cuerpo tiene una inervación diferente; sin embargo, la inervación de las articulaciones sinoviales es la más conocida. (23)

Las fibras sensoriales y autónomas inervan las articulaciones sinoviales. Los nervios autónomos tienen una función vasomotora, controlando la dilatación o constricción de los vasos sanguíneos. Los nervios sensoriales de la cápsula articular y los ligamentos (nervios articulares) proporcionan retroalimentación propioceptiva de las terminaciones de Ruffini y los corpúsculos de Pacini. La propiocepción de la articulación permite el control reflejo de la postura, la locomoción y el movimiento. Las terminaciones nerviosas libres transmiten una sensación de dolor difusa y mal localizada. El cartílago articular no tiene inervación. (23)

Se aplican dos principios generales a la inervación de la articulación sinovial: la ley de Hilton y la observación de Gardner. (23)



- **La ley de Hilton**

Establece que los nervios articulares que irrigan una articulación son ramas de los nervios que irrigan los músculos responsables de mover esa articulación. Por tanto, la irritación de los nervios articulares provoca un espasmo reflejo de los músculos que posicionan la articulación para mayor comodidad. Estos nervios también irrigan la piel suprayacente, proporcionando un mecanismo para el dolor referido de la articulación a la piel. (23)

- **La observación de Gardner**

Indica que la parte de la cápsula articular que se tensa por la contracción de un grupo de músculos recibe inervación de los mismos nervios que inervan los músculos antagonistas. Esta relación proporciona arcos reflejos locales que estabilizan la articulación. (23)

## **2.5. Tendón**

### **2.5.1. Definición**

Los tendones son tejidos conectivos densos que median la transferencia de fuerzas musculares al esqueleto. Esta importante función mecánica está habilitada por una matriz extracelular altamente organizada compuesta principalmente por fibras de colágeno tipo I alineadas. (24)

### **2.5.2. Función**

La función principal del tendón es la transmisión de fuerza del vientre muscular de origen hacia el hueso final donde se inserta; en el caso de los tendones flexores, la fuerza muscular da como resultado la flexión de los dedos. Recordemos que los tendones flexores se componen de fibras de colágena tipo I ordenadas en fascículos paralelos; a su vez los fascículos están cubiertos por el endotenon y con una cubierta general conocida como epitenon. (26)

### **2.5.3. Epidemiología**

Los tendones femeninos muestran mayor grado de fatiga que los tendones masculinos cuando se someten a cargas mecánicas cíclicas, y que esto iría acompañado de una reducción en el contenido y expresión de los principales colágenos fibrilares, tipo I y tipo. III. Para abordar aún más el mecanismo. (27)

### **2.5.4. Etiología**

La tendinopatía es una afección inflamatoria y un tipo de trastorno de los tendones caracterizado por dolor e hinchazón en los tendones dañados. Una respuesta inflamatoria local es el componente clave de la tendinopatía crónica después de una lesión del tendón. Los estímulos mecánicos continuos provocan las respuestas inflamatorias locales al producir las citocinas proinflamatorias [es decir, interleucina (IL) -1beta, factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ )], prostaglandinas y metaloproteinasas de matriz (MMP-2, -3, -9 y -13). Finalmente, tales factores proinflamatorios inducen daño celular y la pérdida de la integridad del tendón, lo que resulta en la reducción de las propiedades biomecánicas del tendón, como su resistencia a la tracción. (28)

### **2.5.5. Estructura**

Macroscópicamente, un tendón sano aparece como una estructura fibroelástica y sólida de color blanco y brillante. A nivel microscópico y molecular se caracterizan por una estructura jerárquica, que garantiza una alta resistencia mecánica, una gran resistencia a las cargas repetitivas y minimiza el riesgo de fallos y lesiones. (29)

### **2.5.6. Componentes**

Como todas las estructuras del tejido conectivo, los tendones se componen de: fibras colágeno de tipo I, matriz extracelular (ECM; principalmente proteoglicanos, glicoproteínas) y células (predominantemente tenocitos); a pesar de su estructura sólida, los tendones están altamente hidratados y contienen aproximadamente un 70% de agua (principalmente asociada a los proteoglicanos). (29)

Los tendones están compuestos de 55 a 70% de agua y la matriz extracelular (MEC) está compuesta principalmente por fibras de colágeno tipo I alineadas (65 a 80% del peso seco) con componentes menores de MEC como elastina, decorina, biglicano y fibromodulina. (30)

### **2.5.7. Inervación**

La inervación de los tendones se origina en los músculos circundantes y en los nervios cutáneos; los nervios se distribuyen en el epitendón y el paratendón. (29)

### **2.5.8. Jerarquía del colágeno**

El colágeno en los tendones se organiza en niveles jerárquicos, comenzando con el tropocolágeno, una cadena de péptidos de triple hélice, que se fusiona en fibrillas, fibras (haces primarios), fascículos (haces secundarios), haces terciarios y el tendón completo. (30)

El endotendón es una red reticular de tejido conectivo que rodea cada fibra. El epitendón es la vaina de tejido conectivo que contiene el suministro vascular, linfático y nervioso del tendón que rodea todo el tendón, mientras que el paratendón es un tejido conectivo areolar laxo que consta de fibrillas de colágeno tipo I y III, algunas fibrillas elásticas y un revestimiento interno de células sinoviales. (30)

### **2.5.9. Categorías de modelos de pato etiología**

Estos modelos de patología del tendón se pueden dividir en tres grupos según el evento principal o clave en la 'cascada' de patología: (1) rotura / desgarro del colágeno, (2) inflamación o (3) respuesta de las células del tendón. Varios otros modelos han intentado integrar el dolor y el sistema nervioso central con la patología. (31)

#### **Modelo de rotura / desgarro del colágeno**

La patología del tendón puede ser impulsada por una subestimulación de la célula del tendón debido a la falta de transmisión de carga a través de las fibras de colágeno desgarradas. Si bien el desgarro del colágeno puede no ser el evento principal en la

patología del tendón, la subestimulación de la célula del tendón puede desempeñar un papel en la patología degenerativa. Las regiones del tendón degenerativo pueden ser mecánicamente silenciosas (es decir, incapaces de transmitir y detectar la carga de tracción) y, por tanto, potencialmente no responden a la carga debido a la desorganización fibrilar. Esta falta de estímulo de las células del tendón puede explicar la limitada reversibilidad de la patología degenerativa del tendón y la falta de remodelación después de las intervenciones basadas en el ejercicio. (31)

### **Modelo inflamatorio**

El papel de la inflamación en la respuesta del tendón al uso excesivo es complejo. Se observa una respuesta inflamatoria clásica en el tendón cuando un tendón (y su irrigación sanguínea) se rompe o lacera. La respuesta tisular a tal agresión es profunda: una gran respuesta de células inmunitarias y tenocitos aumenta la producción de proteínas y el tamaño del tendón. (31)

La elevación de las citocinas inflamatorias observada en la patología del tendón puede reflejar la señalización de las células del tendón en respuesta a estímulos mecánicos que provocan una alteración en la síntesis y degradación del tendón. Un desequilibrio entre síntesis y degradación puede conducir a la desorganización del tendón. (31)

### **Modelo de respuesta de células tendinosas**

El tenocito es el principal responsable de mantener la matriz extracelular en respuesta a su entorno. Por tanto, los cambios en la carga del tendón y el medio bioquímico serán detectados por la célula del tendón y darán como resultado una cascada de respuestas (activación celular, expresión de proteoglicanos y cambios en el tipo de colágeno). Del mismo modo, una respuesta basada en las células del tendón explica lógicamente la adaptación del tendón a las cargas de compresión que se produce en el desarrollo del fibrocartílago dentro de los tendones envolventes, o con una sobrecarga transitoria (golpe directo) o crónica (patología enteseal). (31)

### **2.5.10. Lesiones del tendón**

La mayoría de las lesiones de los tendones se producen por el desgaste gradual y el desgarro de los tejidos del tendón debido al uso excesivo. Estas lesiones suelen observarse en deportes, ejercicio o actividades diarias que implican una gran carga mecánica y soporte de peso. Sin embargo, debido a la falta de celularidad y de vasos sanguíneos en los tendones, el proceso de reparación del tendón es lento e ineficaz. (28)

Los tendones están altamente organizados con una arquitectura jerárquica que es capaz de soportar grandes fuerzas de tracción y desempeñar un sistema de amortiguación eficiente para absorber los golpes y prevenir el daño muscular. Sin embargo, los tendones son altamente susceptibles al daño, microtraumatismo y rotura causados por actividades de carga mecánica constante y alta. (28)

La mayoría de los problemas de tendones ocurren tanto en personas atléticas como en general. La mayoría de las lesiones agudas y crónicas de los tendones ocurren debido al desgaste gradual y al desgarro de los tendones por uso excesivo o envejecimiento. (28)

#### **Fases de reparación del tendón**

La lesión aguda de un tendón va seguida de un rápido inicio del proceso de curación. Este proceso generalmente se subdivide en tres etapas cronológicas: inflamación, proliferación y remodelación. (30)

- **Fase inflamatoria**

La etapa inflamatoria de la curación del tendón comienza inmediatamente después de una lesión aguda con formación de coágulos en el tejido dañado. En esta fase, se forma un coágulo en los vasos dañados, se activan las células inflamatorias y finalmente se reclutan fibroblastos para continuar el proceso de curación. (30)

Las plaquetas y las células dentro del coágulo liberan factor de crecimiento transformante-  $\beta$  (TGF -  $\beta$ ), factor de crecimiento similar a la insulina - I (IGF - I) y

factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), que provocan inflamación local. El coágulo sirve como andamio inicial para las células inflamatorias extrínsecas reclutadas. La elaboración de estos factores de crecimiento recluta neutrófilos, que a su vez activan a los macrófagos para fagocitar los desechos necróticos. (30)

Aproximadamente 2 días después de la lesión, estas citocinas liberadas por los macrófagos y las células intrínsecas del endotendón y el epitendón inician la etapa proliferativa mediante el reclutamiento de fibroblastos. El TGF- $\beta$  es responsable de regular la actividad de las proteinasas, estimular la producción de colágeno y, posteriormente, el reclutamiento de fibroblastos. De manera similar, IGF - I funciona para estimular la producción de MEC y reclutar fibroblastos en el área y el PDGF mejora la síntesis de ADN y proteínas y, por lo tanto, la expresión de otros factores de crecimiento. Estos factores funcionan de forma sinérgica para iniciar el proceso de curación. (30)

- **Fase proliferativa**

La fase proliferativa se caracteriza por la expansión de la MEC, aumento de la celularidad y depósito de cicatriz fibrovascular por fibroblastos. En el sitio de la lesión, los fibroblastos migran y proliferan. Las células intrínsecas del endotendón y el epitendón también comienzan a proliferar. (30)

La expresión de IGF-I y TGF- $\beta$  permanece alta, continúa atrayendo fibroblastos al sitio y aumentando la producción de MEC. En este momento, la expresión del factor de crecimiento de fibroblastos básico (bFGF) de los tenocitos, fibroblastos y células inflamatorias alcanza su punto máximo, lo que promueve la angiogénesis y la proliferación celular. (30)

La expresión del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) también es alta, lo que estimula la angiogénesis para proporcionar células extrínsecas, nutrientes y factores de crecimiento adicionales al área de la lesión. La síntesis de colágeno es un proceso altamente dependiente de oxígeno, que subyace a la importancia de las acciones angiogénicas sinérgicas del bFGF y VEGF en esta etapa de la curación. (30)

- **Fase remodelación**

Aproximadamente 2 semanas después de la lesión, la remodelación del área lesionada comienza con la reorganización del colágeno recién depositado. Este proceso se superpone con la fase proliferativa, lo que conduce a una disminución gradual de la celularidad y al aumento de una matriz fibrosa. (30)

Los tenocitos y las fibras de colágeno se alinean en la dirección del estrés, con una disminución correspondiente en el colágeno tipo III, vascularización, celularidad y contenido de agua en la cicatriz en formación. El aumento de la acción de las colagenasas ayuda a la reabsorción del colágeno tipo III y al reemplazo por colágeno tipo I, que tiene más reticulaciones y resistencia a la tracción. Este proceso continúa durante meses y años después de la lesión; sin embargo, el tejido recién formado carece de las propiedades biomecánicas, bioquímicas y ultraestructurales nativas del tendón. Si bien la mayoría de los tendones y ligamentos vascularizados tienen al menos alguna capacidad de curación y la capacidad de formar cicatrices que se remodelan con el tiempo, los tendones avasculares, como el manguito rotador y los ligamentos intraarticulares, generalmente no tienen capacidad de curación. (30)

## **2.6. Músculo**

### **2.6.1. Definición**

Los músculos, son tejidos especializados para la contracción, son un componente esencial del cuerpo de los eumetazoos (todos los animales excepto las esponjas y los plazoos). Están involucrados en varias funciones del cuerpo y están bien caracterizados en varios modelos vertebrados y principales no vertebrados. (32)

### **2.6.2. Estructura del musculo**

Todos los músculos tienen un origen en el que se produce su inserción en el hueso habitualmente a través de un tendón. Tienen una cabeza, un vientre y; en el extremo contrario, se insertan a través de otro tendón en una zona más distal del hueso. Este anclaje se llama inserción. (20)

### 2.6.3. Tipos de tejidos musculares

Se distinguen 3 tipos de tejido musculares:

- **El musculo estriado:** son músculos del aparato locomotor y de algunos órganos como la faringe y de la laringe; se pueden contraer de forma voluntaria. (12)  
El músculo estriado en su conjunto puede considerarse el órgano más grande del cuerpo. Representa aproximadamente el 25 a 30% del peso corporal en mujeres y el 40 a 50% en hombres. Está formado por dos componentes: las fibras musculares y el tejido conjuntivo estromal. (33)
- **El musculo liso:** del tubo digestivo (desde el esófago al ano) y de todos los demás órganos y estructuras vasculares se contrae de forma involuntaria y no está sometido a deseo voluntario. A diferencia del musculo estriado, no sufre fatiga. (20)
- **El musculo cardiaco:** representa una variante intermedia, porque es estriado, pero no voluntario. (20)

### 2.6.4. Tipos de músculos

Tenemos diferentes tipos de músculos que los podemos clasificar según:

- La forma: planos, fusiformes, anulares o esfinterianos u orbiculares.
- Número de cabezas: una, dos o tres cabezas y uno o dos vientres. (20)

#### Tipo de fibras musculares

Los músculos esqueléticos humanos se pueden clasificar en dos tipos principales:

Las fibras de tipo I, las denominadas fibras musculares de contracción lenta, son bien conocidas por ser difíciles de fatigar y por tener una tensión de aparición débil. Estas fibras son muy adecuadas para la contracción persistente necesaria para permanecer erguidas durante mucho tiempo. (34)



Las fibras de tipo II, llamadas fibras musculares de contracción rápida, pueden emitir la máxima contractilidad en contraste con las fibras de tipo I, pero se fatigan fácilmente. (34)

### **2.6.5. Anatomía y funcionalidad de los músculos isquiotibiales**

#### **El semitendinoso**

Origen: se localiza en la tuberosidad isquiática

Inserción: parte superior de la cara medial de la tibia cerca de la tuberosidad tibial.

Inervación: porción tibial del nervio ciático (L5, S1 y S2)

Funciones: flexión y rota la pierna medialmente y extiende el muslo. (35)

#### **El bíceps femoral:**

- **Cabeza larga**

Origen: tuberosidad isquiática. (junto con el musculo semitendinoso)

Inserción: cabeza del peroné y cóndilo lateral de la tibia.

Inervación: porción tibial del nervio ciático.

Función: Extensión y rotación lateral de la pierna y extensión del muslo. (35)

- **Cabeza corta**

Origen: mitad de la línea áspera del fémur y segunda cresta supracondílea del fémur.

Inserción: cabeza del peroné y cóndilo lateral de la tibia.

Inervación: porción peronea común del nervio ciático (L5, S1 y S2)

Función: Extensión y rotación lateral de la pierna y extensión del muslo. (35)

- **Semimembranoso**

Origen: porción lateral de la tuberosidad isquiática.

Inserción: cóndilo medial de la tibia y ligamento poplíteo oblicuo.

Inervación: porción tibial del nervio ciático (L5, S1 y S2)

Función: flexión de la rodilla, rotación interna de la rodilla, extensión de la cadera, rotación interna de la cadera (accesorio). (35)

#### **2.6.6. Función biomecánica de los músculos isquiotibiales**

El complejo muscular de los isquiotibiales tiene una gran importancia en la cadena cinemática humana, ya que influye directamente en la función de la extremidad inferior y sostiene una postura corporal erguida. La particularidad de los isquiotibiales reside en el hecho de que su función puede considerarse tanto como un trabajo sinérgico de todo el grupo muscular, pero también individualmente para cada músculo. (36)

#### **Funcionamiento de los músculos isquiotibiales como grupo**

Las funciones principales de los músculos isquiotibiales, derivadas de su disposición biarticular, son la flexión de la rodilla la extensión de la cadera y la ligera abducción del miembro inferior. La contracción simultánea de los músculos isquiotibiales influye tanto en la rodilla como en la cadera, por lo que su función no puede limitarse a una sola articulación. La mayor parte de la actividad de los isquiotibiales como grupo es excéntrica. (36)

Durante el ciclo de la marcha, los isquiotibiales desempeñan un papel principal en la fase de balanceo. Mediante su contracción, coordinan la extensión de la cadera y evitan la extensión excesiva de la rodilla. En la fase de balanceo terminal, también realizan una cantidad significativa trabajo negativo (absorción de energía). (36)

Los músculos isquiotibiales son los principales antagonistas del músculo cuádriceps femoral (QF). Su coactivación durante la durante la contracción del QF equilibra la extremidad inferior. Al mismo tiempo, los músculos isquiotibiales trabajan junto con

el ligamento cruzado anterior (LCA) desacelerando la traslación hacia delante de la tibia durante la extensión de la rodilla (músculos ACL agonistas). (36)

A través de su fijación proximal en la tuberosidad isquiática, los músculos isquiotibiales tienen una influencia directa en la posición de la pelvis. La postura puede verse influida por las fuerzas transportadas por el STB entre la columna vertebral y las piernas que pueden modificar el ángulo del eje de la pelvis. (36)

### **Función individual de los músculos isquiotibiales**

El análisis biomecánico de los músculos isquiotibiales indica algunas diferencias entre cada uno de los músculos individuales. Según su anatomía, cada músculo genera contracciones en un plano y una dirección ligeramente diferentes. Los principales resultados -la flexión de la rodilla y la extensión de la cadera- son la fuerza neta de estos componentes. Los análisis demuestran que la carga biomecánica, la actividad metabólica y la actividad EMG de cada músculo isquiotibial difieren. (36)

El BF, con su inserción distal en la cara lateral del peroné y la tibia proximales, influye en la estabilidad de la esquina posterolateral de la rodilla. La contracción del BF rota la tibia y el peroné externamente. En consecuencia, impide la rotación interna de la tibia en relación con el fémur. El BF es el músculo isquiotibial más eficaz para reducir el componente de carga del LCA producido por el QF mediante la disminución de la traslación anterior de la tibia. Debido a su inserción distal en la parte medial de la tibia proximal, la contracción del ST y del SM induce una rotación interna de la tibia. Estos músculos son antagonistas de la rotación externa generada por el BF. (36)

El antagonismo entre el ST y el lhBF se pone de manifiesto durante una disección en cadáver. La aplicación de una fuerza de tracción orientada proximalmente sobre el ST y el lhBF demuestra muy bien sus respectivas funciones como rotadores internos y externos de la tibia. Curiosamente, la tracción proximal del SM no afecta significativamente a la rotación interna, lo que ilustra la función estática del músculo en la rotación interna de la tibia mediante la prevención de la rotación externa. (36)

La resistencia mecánica de las uniones en los isquiotibiales parece ser menor que la estructura del tendón o del tejido muscular real. (36)

### **2.6.7. Lesiones musculares**

Las partes del cuerpo que se lesionan con mayor frecuencia son el muslo (25%), la rodilla (18%) y la cadera y / o la ingle (14%). (37)

#### **Tipos de lesiones musculares deportivas**

Según su mecanismo se han clasificado en:

##### **A. Lesiones intrínsecas o indirectas**

- **Desgarros**

Corresponden a un espectro de lesiones que van desde la lesión fibrilar microscópica mínima, en que no se identifica un defecto macroscópico, hasta la rotura completa de un vientre muscular. (33)

Ocurren por estiramiento excesivo o simultáneo a una contracción excéntrica brusca. Hay daño estructural del tejido muscular, rotura de fibras y/o fascículos. El mecanismo más frecuente es una elongación brusca al momento de la contracción excéntrica, que es común en deportes que implican aceleración-desaceleración o cambios súbitos de dirección. (33)

##### **Clasificación de los desgarros**

- **Desgarro “fibrilar”**

Corresponde a la lesión fibrilar mínima. Produce leve disconfort al momento de la lesión. Hay dolor a la elongación pasiva del músculo y dolor focal a la palpación. No hay un defecto en el músculo. Produce distorsión de la arquitectura, edema y/o hemorragia en la zona de la lesión, en áreas de transición anatómica. (33)

- **Desgarro parcial “fascicular”**

Corresponde a la lesión parcial con compromiso de fascículos musculares que son visibles macroscópicamente. Produce dolor intenso al momento de la lesión, dolor local a la palpación y a la elongación pasiva. El deportista debe detener la actividad. Se pierde la contractilidad local. Hay compromiso de fascículos y del tejido conectivo adyacente (endomysio y perimysio), lo que ayuda a diferenciarlas de la lesión fibrilar. Se visualizará interrupción de fibras, posible retracción de ellas y hematoma. (33)

- **Desgarro total-subtotal**

La rotura completa de un vientre muscular es rara. Las roturas subtotales, que comprometen más del 50% y las avulsiones son más frecuentes. La experiencia clínica ha demostrado que el tiempo de curación de las roturas subtotales y de las totales es similar. Se incluyen en esta categoría las avulsiones, ya que biomecánicamente corresponden a una rotura completa del origen de inserción. Los sitios más frecuentes son la inserción proximal del recto femoral, isquiotibiales, aductor largo e inserción distal del semitendinoso. El paciente se presenta con severo dolor y pérdida de la función, con un defecto palpable y equimosis. (33)

- **DOMS (Tipo 1B en acuerdo de Munich)**

De la sigla en inglés Delayed Onset Muscle Soreness<sup>16</sup>, el “dolor muscular de comienzo tardío” fue descrito a comienzos de siglo y su definición inicial no se ha modificado significativamente. Su etiopatogenia no ha sido aclarada. Se estima que prácticamente toda persona adulta ha experimentado alguna vez dolor muscular de aparición tardía. (33)

## **B. Lesiones extrínsecas o directas**

- **Contusión**

La contusión muscular corresponde a una compresión del músculo por un traumatismo directo. Resulta del choque de la masa muscular contra una superficie dura y el hueso, son frecuentes en deportes de contacto como el rugby, fútbol, etc. Su severidad depende de la fuerza de contacto y la situación de contracción del músculo al momento

del trauma. Afecta generalmente a músculos en situación profunda, vecinos al plano óseo, como el vasto intermedio en el muslo. Provoca sangrado que precozmente produce un aspecto hiperecogénico difuso de la zona, transformándose en el tiempo en un área mixta hipoeecogénica con progresiva mejor delimitación. Se pierde el patrón fibrilar normal. Puede afectar a más de un músculo. (33)

- **Laceración**

La laceración resulta de lesiones penetrantes y se ve en deportes como ski acuático, motociclismo, etc. Se acompaña de solución de continuidad en la piel y afecta más frecuentemente a músculos superficiales. (33)

### **Lesión del músculo isquiotibial**

La lesión del músculo isquiotibial suele producirse en la unión musculotendinosa. El bíceps femoral es el músculo isquiotibial que más se lesiona. El semitendinoso es el segundo músculo más lesionado, seguido del semimembranoso. (38)

Las características arquitectónicas del complejo muscular de los isquiotibiales pueden desempeñar un papel en la lesión de los mismos. Si bien los autores se fijan en la longitud de los distintos tendones y la unión musculotendinosa, el ángulo de origen de los isquiotibiales no se ha examinado previamente. (38)

La mayoría de las lesiones en el fútbol y el atletismo se producen en la porción media del complejo musculotendinoso de los isquiotibiales. Las avulsiones de la zona de inserción proximal difieren de las anteriores. Tienen un mecanismo de lesión diferente y suelen estar causadas por una hiperextensión forzada. Los tendones de los isquiotibiales también se encuentran entre los injertos más frecuentemente recogidos para las reconstrucciones de ligamentos. Aunque tienen una gran capacidad de regeneración, siguen siendo frecuentes los déficits funcionales tras la extracción de tendones isquiotibiales. (36)

### **Cronología de la reparación de la lesión muscular**

El tratamiento se establece en 3 fases fundamentales a contar desde el día de la producción de la lesión muscular. (39)

- La primera fase de lesión aguda corresponde al periodo comprendido desde el instante de la producción de la lesión hasta las primeras 24 o 48 h.
- La segunda fase de regeneración se extiende entre las primeras 24 h y los 14 días desde la lesión.
- La tercera fase de fibrogénesis desde la segunda semana hasta la cuarta semana. (39)

### **Fase aguda**

Durante las primeras 24-48 h tras una lesión muscular se produce hematoma por extravasación de sangre de los vasos sanguíneos rotos, inflamación, liberación de citocinas que van a activar las células satélites y de fibroblastos, estimulación de macrófagos, neutrófilos y linfocitos. El reclutamiento de macrófagos que se produce provoca el inicio de los fenómenos degenerativos. La inflamación va a producir degeneración fibrilar de las proteínas miofibrilares, la actina y miosina, que son los objetivos fundamentales de la degeneración fibrilar y celular. La vasodilatación y la angiogénesis son promovidas por el platelet-derived growth factor-D (PDGF-D) y por el vascular endothelial growth factor-E (VEGF-E). (39)

Se considera básico, para una buena respuesta biológica, el aumento de la vascularización en la zona de lesión, la mejora del estado metabólico celular y el incremento del suministro de oxígeno en el lugar de la lesión. (39)

- **Fase de regeneración**

En esta fase es fundamental la activación y estimulación de las células satélites musculares por la mediación de los factores de crecimiento y otras sustancias químicas. Destaca por su efecto mediador el fibroblast growth factor basic (bFGF or FGF-2), que es un componente básico en la cascada de la regeneración muscular,

además, al igual que el PDGF-B, es un componente importante para promover la arteriogénesis y miogénesis en el músculo dañado. (39)

La diferenciación de las células satélites depende de los distintos factores de crecimiento. Pueden diferenciarse en 3 líneas celulares fundamentalmente: fibroblastos, que en el lugar de la lesión se sumarán a otros fibroblastos que proceden de otras zonas del organismo; miofibroblastos, células situadas entre la fibra muscular y el fibroblasto; o mioblastos, precursores de la fibra muscular propiamente dicha. Este punto tiene una importancia crucial ya que, dependiendo del tratamiento aplicado, es posible favorecer una reparación fibrótica (fibrosis o cicatriz) o una regeneración muscular. (39)

Mención especial requiere el transforming growth factor beta 1 (TGF-beta 1) por su implicación en la generación de fibrosis. El TGF-beta 1 es un potente inductor de la síntesis de colágeno, productor de citocinas y transdiferenciación de miofibroblastos implicados en la fibrosis. Aumenta la proliferación de fibroblastos, la migración, adhesión y formación de la matriz extracelular. Asimismo, es primordial para la transformación de la célula satélite en fibroblasto y, en menor medida, en miofibroblasto; de aquí se deduce la necesidad del bloqueo de este factor. (39)

- **Fase de fibrogénesis**

En esta fase (14-28 días) se produce mayor actividad celular en todas las líneas celulares comentadas y disminuye la diferenciación de las células. Algunos agentes terapéuticos han mostrado la capacidad de inhibir la fibrogénesis y mejorar la regeneración muscular por medio de la inhibición del TGF-beta 1 (decorina, relaxina, curcúmina, suramina, gammainterferón) aunque muchos de ellos se encuentran todavía en fase de estudio. (39)

La inhibición de la fibrogénesis lo que realmente permite es disponer de más tiempo para permitir la correcta diferenciación de las células precursoras de la fibra muscular. (39)



## **2.7. Condición física**

### **2.7.1. Definición**

En una definición amplia “condición física” se utiliza como un concepto que agrupa todos los factores físicos, psíquicos, técnicos-tácticos, cognitivos y sociales, en el sentido de la palabra latina “conditio” (requisito para alguna cosa). (40)

En una definición más concreta utilizada mayoritariamente en la metodología del deporte y el entrenamiento características de la condición física se limita a los factores “físicos”; resistencia, fuerza, velocidad y movilidad. (40)

Para evaluar las variables de la condición física, por lo general los preparadores físicos utilizan una batería de test en la que incluyen la resistencia aeróbica, la velocidad, la fuerza muscular y la composición corporal. (40)

La elección de los test incluidos en la batería depende de varios factores;

- formación del preparador físico
  - nivel económico del club
  - instalaciones de entrenamiento
  - edad de los jugadores
  - categoría en la que compite el club (amateur, semiprofesional y profesional).
- (40)

### **2.7.2. Capacidades físicas**

Las capacidades físicas son los componentes básicos de la condición física y por lo tanto elementos esenciales para la prestación motriz y deportiva, por ello para mejorar el rendimiento físico el trabajo a desarrollar se debe basar en el entrenamiento de las diferentes capacidades. (41)

Las capacidades físicas son: condicionales y coordinativas, las primeras dependen fundamentalmente de la ejercitación y las reservas energéticas del organismo, mientras la segunda, depende de la actividad neuromuscular. (41)

### **Capacidades condicionales**

Las capacidades físicas motoras se clasifican en dos: Capacidades Condicionales y Capacidades coordinativas, es denominada por algunos autores como capacidad básica, por estar presente en todo movimiento del hombre, y que no se basa fundamentalmente en requerimientos de tipo energético, que es la denominada movilidad o flexibilidad. (42)

Con lo anteriormente mencionado, estas capacidades condicionales se dividen en: Fuerza, Resistencia, Flexibilidad y Velocidad. Estas capacidades son muy útiles en todos los deportes y para el alto rendimiento deportivo. (42)

- Resistencia: capacidad del deportista para soportar durante el mayor tiempo posible un estímulo que invita a interrumpir la carga, y la resistencia física, como la capacidad para soportar la fatiga que posee el organismo en su conjunto o algunos de sus sistemas parciales. (43)
- Fuerza: capacidad de un grupo muscular para desarrollar una fuerza contráctil máxima otra una resistencia en una sola contracción. (44)
- Flexibilidad: capacidad de una articulación para moverse en la amplitud total de su arco de movimiento, lo cual, en realidad, simplemente detalla el significado de la amplitud máxima del movimiento. Grado de movilidad (ROM) de las partes del cuerpo sobre sus articulaciones, sin tensión excesiva en ella o en sus tendones y ligamentos. (45)
- Velocidad: es la capacidad para efectuar acciones motoras en un tiempo mínimo, determinado por las condiciones dadas, sobre una base doble: la movilidad de los procesos en el sistema neuromuscular y la capacidad de la musculatura para desarrollar fuerza. La velocidad es una capacidad psicofísica, que sólo se

manifiesta por completo en aquellas acciones motrices, donde el rendimiento máximo no quede limitado por el cansancio. (42)

### **2.7.3. Clasificación de las capacidades físicas**

Presentan una clasificación en la que atribuyen mucha importancia a la coordinación, como interconexión de todas las capacidades físico-deportivas. Señalan por un lado unas bases físicas del rendimiento (lo que serían las capacidades físicas básicas) y por otro, cualidades motrices. (41)

- Bases físicas del rendimiento: fuerza –velocidad -resistencia.
- Cualidades motrices: habilidad -agilidad -movilidad.
- Coordinación: nexo de unión para todas. (41)

#### **Fuerza**

La fuerza, mediante sus diversas manifestaciones, juega un papel esencial en una gran cantidad de disciplinas deportivas. Desde un punto de vista deportivo, puede definir la fuerza como una manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos en un tiempo determinado. (46)

#### **Clasificación**

- **Fuerza máxima**

Es la fuerza más elevada que el sistema neuromuscular es capaz de desarrollar mediante una contracción muscular voluntaria. Es la capacidad neuromuscular en donde los nervios y los músculos efectúan una contracción máxima de forma voluntaria. Es decir, es la máxima fuerza que puede hacer una persona en una contracción determinada. (46)

- **Fuerza explosiva**

Es la capacidad de ejercer la mayor cantidad de fuerza posible en el mínimo tiempo posible, por lo que manifiesta en acciones lo más rápida y potentes posibles, partiendo desde una posición de inmovilidad de los segmentos propulsores. La fuerza explosiva puede definirse como el resultado de la relación entre la fuerza producida y el tiempo necesario para ello. Es la capacidad expresar una fuerza en el mínimo tiempo posible. Es una explosión. (46)

- **Fuerza resistencia**

Es la capacidad que tiene una persona a resistir la fatiga muscular durante esfuerzos prolongados. Se caracteriza por la capacidad motriz de mantener las contracciones musculares durante un tiempo prolongado y, a su vez, sin una disminución del rendimiento de trabajo. (47)

Se utiliza un entrenamiento basado en la repetición, con una carga del 25-50% de la fuerza máxima a un ritmo medio (60-120 veces por minuto.) (47)

### **Tipos de fuerza requerida en el fútbol**

La cuestión del tipo de fuerza que necesita el futbolista para su modalidad deportiva se ha planteado una y otra vez. Existen 3 tipos de fuerzas: (40)

- **Fuerza-velocidad**

En los desarrollos de movimientos específicos del fútbol dominan las formas de manifestación de la fuerza aceleración (dinámica positiva=concéntrica) o la fuerza frenada (dinámica negativa=excéntrica). Los ejemplos de la fuerza aceleración son saltos, tiros, salidas en cuanto a los tipos de fuerza frenado se encuentran: las rápidas paradas, los cambios de dirección se incluye los pases, también las fases de frenado al correr y saltar. (40)

- **Fuerza-máxima**

Una definición completa es aquella que considera la fuerza máxima el valor de fuerza más elevado que el sistema neuromuscular consigue ejercer en una contracción máxima voluntaria. (48)

Según el tipo de contracción el régimen máximo de fuerza será variable. De este modo, la fuerza máxima que el musculo puede desarrollar es posible solo en contracciones excéntricas, seguidas por aquellas isométricas y en último lugar, las isotónicas. Se respeta la ley de biomecánica que explica la velocidad inversamente proporcional a la fuerza. (48)

- **Fuerza-resistencia**

El entrenamiento de la fuerza-resistencia juega un papel muy importante sobre todo para la condición física general del futbolista, pero especialmente dentro del ámbito de la musculatura de apoyo. (40)

## **Velocidad**

La velocidad es la capacidad que posee cada sujeto para realizar uno o varios movimientos en el menor tiempo posible, siendo la relación entre la distancia y el tiempo que se demora en recorrerlo. (49)

En muchos deportes, la velocidad es un factor importante para lograr el éxito. La velocidad en sí misma hace referencia a la rapidez del movimiento de una extremidad, como las piernas de un esprintero o los brazos de un boxeador. La velocidad la capacidad de ejecutar movimientos en el menos tiempo posible. (49)

### **Tipos de velocidad.**

Schiffer distingue a la velocidad en formas puras y complejas. (43)

### **Formas de la velocidad pura**

- Velocidad de reacción: capacidad para reaccionar ante un estímulo en el tiempo mínimo.
- Velocidad de acción: capacidad para efectuar movimientos acíclicos, esto es, únicos, con velocidad máxima y contra resistencias ligeras.
- Velocidad de frecuencia: capacidad para efectuar movimientos cíclicos, esto es, iguales y repetidos, con velocidad máxima y contra resistencias ligeras. (43)

### **Formas complejas de velocidad**

- Velocidad de la fuerza: capacidad para imprimir a las resistencias el mayor impulso de fuerza posible en un tiempo establecido.
- Resistencia de la fuerza rápida: capacidad de resistencia contra una pérdida de velocidad debida a la fatiga, con velocidades de contracción máximas, movimientos acíclicos y resistencias elevadas.
- Resistencia de la velocidad máxima: capacidad de resistencia frente una pérdida de velocidad debida a la fatiga, con velocidades de contracción máximas y movimientos cíclicos. (43)

### **Resistencia**

La resistencia aeróbica está considerada como la capacidad física de resistir la fatiga en trabajos de prolongada duración, caracterizándose por la máxima economía de las funciones energéticas. (50)

La resistencia física incluye también la capacidad del jugador para poder resistir el mayor tiempo posible un estímulo que provoca la disminución de la intensidad o interrumpir el esfuerzo. (40)

### **Tipos de resistencia**

La resistencia puede dividirse, según sus manifestaciones y dependiendo de la forma en que se observe, en diferentes tipos. (40)

- Según la clasificación:

Resistencia general y local.

- Según la clasificación de la especificidad del tipo de deporte:

Separaremos la resistencia general de la especial.

- Según la clasificación de la utilización de la energía:

Resistencia aeróbica y anaeróbica.

- Según la clasificación del tipo de trabajo de la musculatura:

Resistencia dinámica y estática.

- Según la clasificación del principal esfuerzo motor:

Fuerza, velocidad y resistencia en los desplazamientos.

- Según la clasificación de la duración temporal:

Resistencia de corta, media y larga

duración. (40)

## **2.8. Ejercicio Nórdico (N)**

El ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) es un ejercicio de entrenamiento de resistencia eficaz para mejorar selectivamente la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y el equilibrio de los músculos del muslo (relación de fuerza de los extensores y flexores de la rodilla) al plantear cargas excéntricas supramáximas en los músculos posteriores del muslo del atleta. (51)

El NHE es un ejercicio asistido por un compañero, realizado sin equipo adicional o carga externa. En posición de rodillas (90° de flexión de rodilla), un compañero fija los tobillos para asegurar el contacto constante entre la parte inferior de las piernas y el suelo durante todo el movimiento. (6)

Posteriormente, la persona se inclina hacia delante lo más lentamente posible, mientras intenta resistir el movimiento hacia delante activando al máximo los músculos isquiotibiales en la fase excéntrica. (6)

Se pidió a los participantes que utilizaran las manos para amortiguar la caída después de "soltarse" y que se empujaran con fuerza hacia la posición inicial con las manos para minimizar la producción de fuerza de los isquiotibiales en la correspondiente fase de contracción concéntrica. (6)

Se pidió a los participantes que mantuvieran el torso recto y las caderas ligeramente flexionadas durante todo el rango de movimiento. (6)

### 2.8.1. Protocolo del ejercicio nórdico

El protocolo nórdico de isquiotibiales de forma aislada aumenta la fuerza excéntrica de los isquiotibiales, que se considera esencial para el rendimiento del esprint, y los estudios que utilizan otros medios para aumentar la fuerza excéntrica de los isquiotibiales también han informado mejoras en el rendimiento en salto y sprint. (52)

En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad. Este proceso fue realizado durante siete semanas de protocolo. (53)

Semanas	Número de entrenamiento	Series/repeticiones	Comentarios
1	1	2/5	<p>Parte superior del cuerpo recta (con una ligera flexión de la cadera) durante todo el movimiento.</p> <p>Resista las caídas el mayor tiempo posible.</p>



			<p>Tírese sobre sus brazos, deje que el pecho toque la superficie y empuje hacia arriba inmediatamente, hasta que sus músculos isquiotibiales puedan asumir el movimiento.</p>
2	2	2/6	<p>Intente reducir más la velocidad de descenso</p>
3	3	3/6-8	<p>Carga aumentada gradualmente.</p> <p>Puede resistir las caídas aún más tiempo y para un número creciente de repeticiones.</p>
4	3	3/8-12	<p>Programa completo: 12, 10 y 8 repeticiones.</p>
5	3	3/8-12	<p>Cuando puede controlar el movimiento en todas las repeticiones, puede aumentar la carga permitiendo más velocidad en la fase de inicio.</p> <p>Además, puede pedirle a un compañero que le dé un pequeño empujón a sus hombros para aumentar la resistencia.</p>

## **2.9. Fútbol**

El fútbol es el deporte más popular del mundo, con la participación superior a 265 millones de personas, es un deporte que alberga numerosas emociones tanto por parte del espectador como del jugador, hablar de fútbol es un componente muy importante de la vida cotidiana, es uno de los modos en los cuales se expresa el afecto, la pasión y los vínculos. (54)

En la actualidad el futbol es uno de los deportes más practicados a nivel mundial ha tomado gran influencia en los jóvenes, este deporte es realizado por hombres y mujeres en donde se ha dado una gran aceptación a los clubes de género femenino. (54)

### **2.9.1. Rendimiento en el futbol**

El rendimiento en el fútbol es el resultado de las capacidades fisiológicas y psicológicas de los jugadores, factores sociales y habilidades técnicas y tácticas. Actualmente, este juego demanda altas intensidades, con el fin de ejecutar un rendimiento dinámico y rápido. Las demandas exigidas en este deporte conllevan a que los esfuerzos de alta intensidad se entremezclan con periodos de carga de baja intensidad requiriendo entonces que el personal profesional de campo mejore sus metodologías durante el entrenamiento, con el propósito de lograr adaptaciones fisiológicas y de desempeño requeridos para los cambios en la dinámica del juego. (55)

De acuerdo con la dinámica del futbol, demanda diversas exigencias tanto técnicas, físicas como emocionales, por lo cual que requiere que el deportista se encuentre en constante movimiento durante su práctica, dando como resultado colisiones y lesiones durante su práctica. (55)

### **2.9.2. Aspectos condicionales y antropométricos en el fútbol**

El fútbol es un deporte multifacético que comprende de aspectos condicionales y antropométricos son prerequisites necesarios para competir en el fútbol de alto nivel. Entre ellos, la velocidad, aceleración y la agilidad, esta última relacionada con componentes condicionales (fuerza y potencia), técnicos y cognitivos son importantes

manifestaciones del potencial atlético, necesarios para alcanzar el rendimiento en muchos deportes y particularmente en el fútbol. (56)

Tanto la táctica como la posición del jugador en el campo de fútbol son fundamentales para la organización de un partido de fútbol y para mejorar los resultados exitosos de los partidos. Específicamente, el rol de campo determina el plan de acción y las estrategias de juego. (57)

Las predisposiciones genéticas influyen en la selección de roles potenciales: las características antropométricas indican que, por ejemplo, los jugadores más altos son los más adecuados para posiciones centrales y para ciertas posiciones "objetivo" entre los delanteros, donde el tamaño corporal proporciona una ventaja. No obstante, en estudios previos no se han reportado diferencias posicionales en futbolistas jóvenes, en cuanto a sus características antropométricas, capacidad física o confianza mental. (57)

- **Aceleración**

La capacidad de aceleración es una habilidad que se manifiesta en distancias cortas y que también ha sido descrita como un prerrequisito de éxito en jugadores de fútbol de categoría profesional, presentando mejores valores en jugadores profesionales comparados con jugadores amateur. (56)

- **Cambios de dirección**

La capacidad de cambio de dirección (CODA) es una componente atlética que combina varias cualidades físicas (fuerza, velocidad, potencia, balance muscular) y cognitivas (toma de decisión), las cuales son determinantes para el éxito del rendimiento en deportes individuales y de equipo. (56)

- **Agilidad**

La agilidad es un componente esencial en la mayoría de los deportes de campo y de equipo y se cumple mediante cambios de dirección cada 2 a 4 segundos, con 1200 a 1400 cambios de dirección a lo largo de un juego. (57)

### **2.9.3. Epidemiología de las lesiones según la posición de juego**

En cuanto a una posible correlación entre la posición de juego y la incidencia de lesiones, existe una falta de consenso en la literatura. La posición del jugador (portero, defensores, mediocampista o delantero) puede afectar el riesgo de lesiones, ya que diferentes roles se asocian a diferentes intensidades durante el partido y experimentan diferentes combinaciones de patrones de movimiento anticipados o no anticipados. (58)

El fútbol es un complejo deporte de contacto que conlleva riesgos e índices de lesiones relativamente elevados. La exposición constante a acciones repetitivas pone en riesgo la integridad de las estructuras corporales, especialmente en los casos en los que el crecimiento y la maduración aún no están completamente desarrollados, como en la infancia y la adolescencia. Además de la edad y la madurez, existen otros factores de riesgo como el sexo, la carga de ejercicio, las lesiones previas, el nivel de condición física, el nivel de juego y el nivel de entrenamiento que se asocian a las lesiones en el fútbol. (59)

Estas diversas solicitudes se han asociado con cambios antropométricos entre las diferentes posiciones de los jugadores de fútbol; los delanteros han mostrado menor peso corporal y adiposidad en comparación con los porteros y mariscales de campo. Sin embargo, las relaciones entre la posición del jugador de fútbol y las lesiones deportivas son inconsistentes y no están aclaradas. (60)

Aunque en estudios se mencionó que la posición del fútbol no afectó el inicio de lesiones deportivas, se dice que una mayor existe prevalencia de lesiones en el mediocampo de un equipo de fútbol. Otros autores confirman que los delanteros son los jugadores lesionados con mayor frecuencia entre todos los deportistas de fútbol. (60)

Con respecto a las características de las lesiones deportivas, aunque numerosos estudios han revelado que los miembros inferiores son las principales localizaciones anatómicas para la aparición de las lesiones deportivas, existen divergencias en relación con su tipo. (60)

Los delanteros sufrieron una incidencia de lesiones significativamente mayor en comparación con los porteros, defensas centrales, defensas laterales y centrocampistas externos. (59)

Aparte de las diferentes exigencias fisiológicas entre las posiciones de juego, se ha informado de que los jugadores de fútbol profesionales presentan diferencias posicionales con respecto a incidencia de las lesiones. (59)

## **2.10. Evaluación de la fuerza explosiva de miembros inferiores.**

### **Salto horizontal**

El objetivo era medir la fuerza explosiva a la hora de realizar un salto de longitud, con ayuda de miembros inferiores y superiores. (61)

Consiste en colocar al sujeto atrás de la línea de salto, con los pies juntos o ligeramente separados. A la señal, el ejecutante realizaba un salto hacia adelante, con una caída equilibrada. Se anotaba el número de centímetros avanzados, entre la línea de salto y el borde más cercano. Se disponía de dos intentos y se registró la mayor distancia alcanzada en los dos intentos. (61)

### **Squat Jump test (SJ)**

Se encarga de medir la manifestación explosiva de miembros inferiores, la cuál es típica en aquellas acciones que se producen de la manera más rápida y potente posible. (76)

El SJ comienza desde una posición estacionaria, semi en cuclillas y proporciona información sobre el rendimiento de potencia de las piernas. Se realiza desde una posición de media sentadilla con las rodillas dobladas a 90 °, el torso recto y ambas manos en la cintura. (62)

### **Counter Movement Jump (CMJ):**

El salto con contramovimiento (CMJ) es una de las pruebas más populares para controlar la potencia muscular de las extremidades inferiores de un atleta. (77)

El CMJ se caracteriza por un contramovimiento inicial (CM) antes de la fase de despegue, y el CMJ proporciona información sobre la fuerza reactiva de las extremidades inferiores. De acuerdo con las instrucciones de este protocolo, los participantes deben permanecer en posición erguida antes de la ejecución del VJ, que comienza con un CM hasta que las piernas se doblan hacia abajo a 90 °. (62)

## **2.11. Marco Legal y Ético**

### **2.11.1. Constitución del Ecuador**

El siguiente artículo hace referencia al derecho de salud en todos sus ámbitos, que garantiza el ministerio de salud Pública.

#### *Sección séptima Salud*

*Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. (63)*

### **2.11.2. Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida”**

#### *Objetivos del Desarrollo Sostenible*

##### *Objetivo 3: Salud y Bienestar*

*Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas; esto incluye garantizar el derecho a la salud, la educación y al cuidado integral durante el ciclo de vida, bajo criterios de accesibilidad, calidad y pertinencia territorial y cultural. (64)*

### **2.11.3. Ministerio del Deporte**

La siguiente ley hace énfasis a los derechos de los y las deportistas de acceder todos los servicios incluido el de salud.

Ley Orgánica De Cultura Física Título I Preceptos Fundamentales

*Art. 9.- De los derechos de las y los deportistas de nivel formativo y de alto rendimiento. - En esta Ley prevalece el interés prioritario de las y los deportistas, siendo sus derechos los siguientes: (65)*

*a) Recibir los beneficios que esta Ley prevé de manera personal en caso de no poder afiliarse a una organización deportiva;*

*b) Ser obligatoriamente afiliado a la seguridad social; así como contar con seguro de salud, vida y contra accidentes, si participa en el deporte profesional;*

*c) Los deportistas de nivel formativo gozarán obligatoriamente de un seguro de salud, vida y accidentes que cubra el período que comienza 30 días antes y termina 30 días después de las competencias oficiales nacionales y/o internacionales en las que participen;*

*d) Acceder a preparación técnica de alto nivel, incluyendo dotación para entrenamientos, competencias y asesoría jurídica, de acuerdo al análisis técnico correspondiente;*

*e) Acceder a los servicios gratuitos de salud integral y educación formal que garanticen su bienestar;*

*f) Gozar de libre tránsito a nivel nacional entre cualquier organismo del sistema deportivo. Las y los deportistas podrán afiliarse en la Federación Deportiva Provincial de su lugar de domicilio o residencia; y, en la Federación Ecuatoriana que corresponda al deporte que practica, de acuerdo al reglamento que esta Ley prevea para tal efecto;*

*g) Acceder de acuerdo a su condición socioeconómica a los planes y proyectos de vivienda del Ministerio Sectorial competente, y demás beneficios; y,*

*h) Acceder a los programas de becas y estímulos económicos con base a los resultados obtenidos. (65)*



## CAPÍTULO III

### 3. Metodología

#### 3.1. Diseño de Investigación

**Cuasiexperimental:** En este tipo de estudios, se evalúa de forma especial, el efecto de una o más intervenciones de forma comparativa con otra intervención, o un placebo, no se selecciona aleatoriamente. (66)

**Cohorte Longitudinal:** son estudios que obtienen datos en diferentes puntos del tiempo, recaban datos de la evaluación de la fuerza inicial, se aplica un protocolo y se hace un seguimiento como esta la fuerza al final de la intervención. (67)

**Prospectivo:** es un estudio longitudinal, comienza a realizarse en el presente, pero los datos se analizan transcurrido un determinado tiempo, en el futuro, los datos se recogen a medida que se van sucediendo. (67)

#### 3.2. Tipo de Estudio

**Cuantitativo:** Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (67)

**Descriptivo:** Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (67)

#### 3.3. Localización y ubicación del estudio

La investigación se realizará en la escuela de fútbol “Juan Yépez” ubicada en Atuntaqui, Cantón Antonio Ante en el sector Santa Rosa de Atuntaqui.

#### 3.4. Población

La población en estudio la conforma todos los deportistas de la escuela de fútbol “Juan Yépez Granda” de la ciudad de Atuntaqui, que equivale a 30.

### **3.4.1. Muestra**

La muestra fue de 27 deportistas y se seleccionó de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión.

### **3.4.2. Criterios de inclusión**

- Participantes que tenga la predisposición de ayudar en el estudio.
- Deportistas en edades comprendidas entre los 12 y 19 años.
- Futbolistas que pertenezcan a la escuela de fútbol “Juan Yépez”
- Futbolistas que firmen el consentimiento informado.

### **3.4.3. Criterios de exclusión**

- Deportistas que no se encuentren entra las edades establecidas
- Participantes que no firmen en consentimiento informado.
- Futbolistas que no pertenezcan a la escuela de fútbol “Juan Yépez” profesionales de otras categorías.

### **3.4.4. Criterios de salida**

- Paciente que sufre lesiones durante el proceso de intervención
- Deportista que no asiste con frecuencia a los entrenamientos

### 3.5. Operacionalización de variables

#### 3.5.1. Caracterización de la muestra de estudio

Variable	Tipo	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento	Definición
Edad	Cuantitativa Discreta	Grupos de edad	Edad	13 a 19 años	Ficha de datos	Tiempo que ha vivido una persona. Es un concepto lineal y que implica cambios continuos en las personas. (68)

Etnia	Cualitativa Nominal Politómica	Etnia	Etnia	Afro ecuatoriano Mestizo Indígena	Ficha de datos	Agrupación natural de hombres y mujeres con características comunes o similares presentes en la lengua, la cultura o la formación social y que, habitualmente conviven en un territorio geográfico determinado. (69)
-------	--------------------------------------	-------	-------	---	----------------	--

### 3.5.2. Identificador de la fuerza explosiva

Variable	T. Variable	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento	Definición
<b>Fuerza explosiva</b>	Cualitativa Ordinal		Excelente Bueno Medio Bajo Muy bajo	257cm y más. 239 a 256 cm 202 a 238 cm 184 a 201 cm 183 y menos	Test del salto horizontal	Capacidad de desarrollar rápidamente una fuerza contra resistencias superiores al 50% de la máxima fuerza actual. (70)
	Cuantitativas Continuas	Altura del salto Velocidad del salto	Centímetros Segundos		Squat Jump test Countermovement Jump test	

### **3.6. Método de recolección de información**

#### **3.6.1. Método Científico**

El método se basa en la observación cuidadosa de los fenómenos, la generación de hipótesis, la implementación de una estrategia experimental y, en su caso, en el establecimiento de una teoría científica, un paradigma científico. (75)

#### **3.6.2. Método bibliográfico**

Consideramos que el método biográfico-narrativo nos lleva a captar ese conocimiento genuino que un sujeto construye desde su experiencia vivida en diversos espacios y tiempos, permitiéndonos comprender la verdadera esencia de la educación. (71)

#### **3.6.3. Método Analítico**

Entendiendo el análisis como un procedimiento para llegar a la comprensión mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos. (74)

#### **3.6.4. Método teórico**

Los métodos teóricos permiten revelar las relaciones esenciales del objeto de investigación no observables directamente, cumpliendo así una función gnoseológica importante al posibilitar la interpretación conceptual de los datos empíricos encontrados, la construcción y desarrollo de teorías, creando las condiciones para la caracterización de los fenómenos. (72)

#### **3.6.5. Método estadístico**

Es la ciencia que recopila, organiza y analiza e interpretación de datos numéricos con el fin de tomar decisiones efectivas y pertinentes. Los métodos estadísticos que se emplean en investigaciones en salud varían de acuerdo con los propósitos de las mismas o de cada una de sus etapas. Para el análisis de datos de esta investigación se utilizó el programa "IBM SPSS Statistic 25". (73)

### **3.7. Instrumentos y técnicas**

#### **3.7.1. Técnicas**

##### **Observación**

Implica adentrarnos profundamente en situaciones sociales y mantener un papel activo, así como una reflexión permanente. Estar atento a los detalles, sucesos, eventos e interacciones. (67)

##### **Encuesta**

Se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados). (67)

#### **3.7.2. Instrumentos**

Los instrumentos que se utilizaron para recopilar datos de la información son:

##### **Salto horizontal**

El objetivo era medir la fuerza explosiva a la hora de realizar un salto de longitud, con ayuda de miembros inferiores y superiores. (61)

**Validación:** esta prueba tiene una confiabilidad de 0.96 y una validez de entre 0.88 y 0.94. (61)

##### **Squat jump**

Se encarga de medir la manifestación explosiva de miembros inferiores, la cuál es típica en aquellas acciones que se producen de la manera más rápida y potente posible, el sujeto debe iniciar desde la posición semiflexionada con rodillas a 90°, con el tronco recto y las manos a la cintura. (76)

**Validación:** en cuanto a la confiabilidad, los CCI fueron de 0,11 a 0,49 y los CV fueron de 16,8 a 51,0%. (76)

### **Counter Movement Jump (CMJ):**

El salto con contramovimiento (CMJ) es una de las pruebas más populares para controlar la potencia muscular de las extremidades inferiores de un atleta. (77)

**Validación:** la confiabilidad intra-evaluador de MyJump tanto para CMJ como para DJ fue casi perfecta (los valores de ICC oscilan entre 0,997 para CMJ y 0,998 para DJ); sin embargo, la altura media de salto de CMJ y DJ para el día 1 fue significativamente mayor que el día 2 (CMJ: 0,43 cm, IC del 95%: 0,23–0,62 cm); (DJ: 0,38 cm, IC del 95%: 0,23–0,53 cm). (78)



### **3.8. Plan de Intervención**

El protocolo de ejercicios nórdicos se los llevó a cabo por los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez Granda” de la ciudad de Atuntaqui durante 7 semanas con una frecuencia de 3 veces por semana con una duración de 30 minutos aproximadamente, los ejercicios se realizaron tomando las medidas de bioseguridad con una distancia de 2 metros entre cada pareja que realizaba los ejercicios debido a la situación actual que atraviesa el país.

### **3.9. Análisis de datos**

Se estableció una base de datos en Microsoft Excel 2010 y a través del programa estadístico IBM SPSS STATISTICS 25 se logró realizar lo siguiente: las variables cuantitativas en valores promedios, máximo, mínimo y desviación estándar y las variables cualitativas se describieron en frecuencias y porcentajes.

Para analizar la diferencia significativa entre el antes y después se empleó el T student, con un valor de  $P < 0,05$ .

## CAPÍTULO IV

### 4. Discusión de Resultados

#### 4.1. Análisis y discusión de resultados

**Tabla 1.** *Distribución de los deportistas de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda según la edad.*

Edad	N° 27
Medio	17
D.E	1,91
Máximo	19
Mínimo	12

La edad promedio de los deportistas fue de una media de 17 años. Estos datos se asemejan a la investigación realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) sobre las prácticas deportivas y los hábitos de costumbres, en la población ecuatoriana, en donde la práctica deportiva se encuentra en un rango de edad de 12 años y 24 años. (79)

**Tabla 2.** *Caracterización de los deportistas de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda según etnia.*

Etnia	Frecuencia	Porcentaje
Mestizo	24	88,9
Blanco	2	7,4
Indígena	1	3,7
Total	27	100,0

Los resultados en cuanto a la caracterización de los deportistas de estudio según la etnia se observan que el grupo de mayor porcentaje es mestizo con un 88,9%; seguido de la etnia blanca correspondiente al 7,4 y finalmente con un menor porcentaje tenemos a la etnia indígena con un 3,7%.

Los datos se asemejan de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) 2010, la población se identifica en su mayoría como mestizo con 71.93%, seguido de los montubios con un 7,39%, afroecuatorianos 7,19%, indígenas 7,03%, y finalmente blancos con un 6.09%, el porcentaje restante 0,37% como otro/a. (80)

**Tabla 3.** *Evaluación de la distancia alcanzada en los sujetos de estudio.*

Salto horizontal	Inicial (cm)	Final (cm)	P
Medio	179	195	0,0
D.E	22,152	12,860	
Máximo	194	215	
Mínimo	128	170	

P= <0,05

Al evaluar la fuerza explosiva con el test de salto horizontal, se observó que en la fase inicial los deportistas recorrieron una distancia de 179 centímetros y después del protocolo de intervención aumentaron a 195 centímetros en cuanto a la media; el valor de P es < 0,05 nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre el antes y después de la intervención.

Datos que se relacionan con el estudio “Rendimiento de sprint y salto en futbolistas masculinos de élite tras un protocolo de ejercicios nórdicos de isquiotibiales de 10 semanas: un estudio piloto aleatorizado” en donde el protocolo nórdico de isquiotibiales de forma aislada aumenta la fuerza excéntrica de los isquiotibiales, que se considera esencial para el rendimiento del esprint, y los estudios que utilizan otros medios para aumentar la fuerza excéntrica de los isquiotibiales también han reportado mejoras en el rendimiento en salto y sprint. (52)

**Tabla 4.** *Evaluación de la altura del salto inicial y final en la muestra de estudio.*

Squat Jump test (Altura)	Inicial (cm)	Final (cm)	P
Medio	34,9	38,8	0,0
D.E	5,4	4,9	
Máximo	38,8	46,07	
Mínimo	20,00	24,83	

P= <0,05

Al evaluar la fuerza explosiva con el test Squat Jump, resultó que en la fase inicial los deportistas alcanzaron una altura 34,9 cm y después de la intervención aumentaron a 38,8 en cuanto a la media; el valor de P es < 0,05 nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre el antes y después de la intervención.

Datos que se asemejan con el estudio “Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros” en donde los resultados de este salto mostraron que el Grupo de investigación obtuvo mayores resultados y una tendencia a mejorar los componentes de la fuerza explosiva por encima del Grupo de control. (53)

**Tabla 5.** *Evaluación de la velocidad del salto inicial y final en los deportistas.*

	Inicial	Final	P
Squat Jump test (Velocidad)	(s)	(s)	
Medio	1,31	1,38	0,0
D.E	0,101	0,09	
Máximo	1,38	1,51	
Mínimo	1,03	1,11	

P= <0,05

Al evaluar la fuerza explosiva con el test Squat Jump, se pudo observar un aumento de velocidad en los deportistas, los deportistas inicialmente tienen una media de 1,31 segundos y después del entrenamiento una media de 1,38 segundos; el valor de P es < 0,05 nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre el antes y después de la intervención.

Los datos se asimilan con el estudio “Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros” en donde la media inicial es de 2,54 segundos y la final de 2,63 segundos, también menciona que al participar el bíceps femoral como antagonista en el gesto del salto y estar relacionado con la propulsión del mismo, se favorece la velocidad de despegue en la fase inicial. Cuando se evidencia una mejora en la velocidad de respuesta en el músculo, relacionada con la conducción nerviosa, es probable que haya una mejora en la fuerza explosiva. (53)

**Tabla 6.** Evaluación de la altura del salto inicial y final en los sujetos de estudio.

Countermovement Jump test (altura)	Inicial (cm)	Final (cm)	p
Medio	38,28	43,59	0,0
D.E	5,38	4,69	
Máximo	42,38	47,33	
Mínimo	25,29	30,15	

P= <0,05

Al evaluar la fuerza explosiva con el test Countermovement Jump, se pudo observar un aumento en cuanto a la altura en los deportistas, los deportistas inicialmente tienen una media de 38,28 centímetros y después del entrenamiento una media de 43,59 centímetros; el valor de P es < 0,05 nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre el antes y después de la intervención.

Datos que se asemejan con el estudio “Rendimiento de sprint y salto en futbolistas masculinos de élite tras un protocolo de ejercicios nórdicos de isquiotibiales de 10 semanas: un estudio piloto aleatorizado” en donde después de la aplicación del plan de intervención la altura del CMJ mejoró principalmente en ambos grupos: en el primer grupo, los sujetos de estudio 6 de 9 mejoraron, hubo un aumento de +2,1 cm; en el segundo grupo 4 de 8 mejoraron, dándonos un aumento de cambio de + 0,55 cm. (52)

**Tabla 7.** Evaluación de la velocidad del salto inicial y final en los sujetos de estudio.

Countermovement Jump test (velocidad)	Inicial (s)	Final (s)	P
Medio	1,37	1,46	0,0
D.E	0,104	0,084	
Máximo	1,44	1,55	
Mínimo	1,11	1,22	

P= <0,05

Al evaluar la fuerza explosiva con el test Countermovement Jump, se pudo observar un aumento los deportistas inicialmente tienen una media de 1,37 segundos y después del entrenamiento una media de 1,46 segundos; el valor de P es < 0,05 nos indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre el antes y después de la intervención.

Datos que son parejos con el estudio “Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros” en donde se observó un aumento significativo de la velocidad distancia en el grupo de Intervención, en donde en la post intervención hubo mejoras con respecto a la pre intervención. (53)



## **4.2. Respuestas a las preguntas de investigación**

### **¿Cuáles son las características según edad y etnia en los sujetos de estudio?**

Las características sociodemográficas de los jugadores que acuden a la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda de la ciudad de Atuntaqui se encuentran en un rango de edad de 12 a 19 años, con una media de 17 años, un máximo de 19 años, un mínimo de 12 años y una desviación estándar de 1,91, en cuanto a la etnia se observan que el grupo que predomina con un mayor porcentaje es mestizo con un 88,9%; seguido de la etnia blanca correspondiente al 7,4 y finalmente con un menor porcentaje tenemos a la etnia indígena con un 3,7%.

### **¿Cuál es el protocolo de ejercicios nórdicos para la intervención en los deportistas?**

El entrenamiento nórdico está centrado en mejorar la fuerza explosiva de miembros inferiores en futbolistas, estos ejercicios ayudaran a mejorar las cualidades físicas requeridas para un óptimo desempeño en el fútbol, en donde se encuentra la fuerza explosiva, que determina los cambios de velocidad, de dirección, de aceleración, de salto y de otros movimientos característicos de este deporte.

El NHE es un ejercicio asistido por un compañero, realizado sin equipo adicional o carga externa. En posición de rodillas (90° de flexión de rodilla), un compañero fija los tobillos para asegurar un contacto constante entre la parte inferior de las piernas y el suelo durante todo el movimiento. Posteriormente, la persona se inclina hacia delante lo más lentamente posible mientras intenta resistir el movimiento hacia delante activando al máximo los músculos isquiotibiales en la fase excéntrica.

### **¿Cuál es resultado de la evaluación pre y post intervención?**

Gracias a la implementación del protocolo de ejercicios nórdicos los jugadores de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez Granda tras la aplicación de del protocolo de ejercicios nórdicos durante 7 semanas se obtuvo los siguientes resultados:

En el salto horizontal en la evaluación inicial los deportistas recorrieron una distancia de 179 centímetros, después del protocolo de intervención aumentaron a 195 centímetros en cuanto a la media, con un mínimo de 128 centímetros en la evaluación inicial y 170 centímetros en la evaluación final y con un valor máximo de 194 centímetros en la evaluación inicial y 215 en la evaluación final.

En el test Squat Jump (Altura) en la evaluación inicial se obtuvo los siguientes valores: con una media de 34 centímetros, un valor mínimo de 20 centímetros y un valor máximo de 38,8 centímetros; en cuanto a la evaluación final se obtuvo los siguientes resultados: con una media de 38 centímetros, un valor mínimo de 24 centímetros y un valor máximo de 46 centímetros.

En el test Squat Jump (Velocidad) en la evaluación inicial se obtuvo los siguientes valores: con una media de 1,31 segundos, un valor mínimo de 1,03 segundos y un valor máximo de 1,38 segundos; en cuanto a la evaluación final se obtuvo los siguientes resultados: con una media de 1,38 segundos, un valor mínimo de 1,11 segundos y un valor máximo de 1,51 segundos.

En el test Countermovement Jump (Altura) en la evaluación inicial se obtuvo los siguientes valores: con una media de 38 centímetros, un valor mínimo de 25 centímetros y un valor máximo de 42 centímetros; en cuanto a la evaluación final se obtuvo los siguientes resultados: con una media de 43 centímetros, un valor mínimo de 30 centímetros y un valor máximo de 47 centímetros.

En el test Countermovement Jump (Velocidad) en la evaluación inicial se obtuvo los siguientes valores: con una media de 1,37 segundos, un valor mínimo de 1,11 segundos y un valor máximo de 1,44 segundos; en cuanto a la evaluación final se obtuvo los siguientes resultados: con una media de 1,46 segundos, un valor mínimo de 1,22 segundos y un valor máximo de 1,55 segundos.

Mejoraron las capacidades físicas que se encuentran dentro de la fuerza explosiva necesarias dentro del deporte fútbol como ya se sabe, estas capacidades son fundamentales mejorarlas para lograr anotar los goles, obtener los 3 puntos y ganar el partido.

## **CAPÍTULO V**

### **5. Conclusiones y recomendaciones**

#### **5.1. Conclusiones**

- De los datos obtenidos se evidencia que la edad promedio fue de 17 años y la etnia que predominó fue la mestiza.
- Tras la aplicación del protocolo de ejercicios nórdicos a los deportistas durante 7 semanas, 3 veces al día, mejoraron las capacidades físicas que se requieren en el fútbol como son las acciones explosivas: aceleración, saltos, cambios de dirección, sprint, entre otros
- Se evidenció una mejoría al evaluar la fuerza explosiva post intervención de miembros inferiores comparándole con una evaluación inicial en donde se observó que la distancia alcanzando, altura de salto y velocidad del salto mejoraron.

## **5.2. Recomendaciones**

- Dar un seguimiento a los deportistas durante todo el proceso de evaluación y aplicación del programa de intervención de los ejercicios nórdicos para fortalecer la musculatura de los isquiotibiales.
- Se recomienda a los entrenadores de los diferentes clubes o escuelas formativas de fútbol implementar este protocolo de ejercicios nórdicos para isquiotibiales teniendo en cuenta la correcta dosificación de cada ejercicio, dentro de su plan de entrenamiento, se debe seguir el modelo descrito por Mjølsnes.
- Se debe realizar más estudios a nivel nacional sobre los beneficios que nos ofrecen la aplicación de los ejercicios nórdicos dentro de la planificación de los entrenadores deportivo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Al Attar W, Soomro N, Sinclair P, Pappas E, Sanders R. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ*. mayo de 2017;47(5):907-16.
2. Freeman B, Young W, Talpey S, Smyth A, Pane C, Carlon T. The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. julio de 2019;59(7):1119-25.
3. Freitas T, Martinez A, Calleja J, Alcaraz P. Short-term adaptations following Complex Training in team-sports: A meta-analysis. *PloS One*. 2017;12(6):e0180223.
4. Suarez L, Lara P, Rodriguez, P, Lazaro J, Di V, Guitart M, et al. Dissociation between changes in sprinting performance and Nordic hamstring strength in professional male football players. *PLoS ONE* [Internet]. 14 de marzo de 2019 [citado 17 de mayo de 2021];14(3). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6417736/>
5. Šarabon N, Marušič J, Marković G, Kozinc Ž. Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. *PLoS ONE* [Internet]. 23 de octubre de 2019 [citado 17 de mayo de 2021];14(10). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6808554/>
6. Ishøi L, Hölmich P, Aagaard P, Thorborg K, Bandholm T, Serner A. Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *J Sports Sci*. julio de 2018;36(14):1663-72.
7. Hasebe Y, Akasaka K, Otsudo T, Tachibana Y, Hall T, Yamamoto M. Effects of Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in High School Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Int J Sports Med*. marzo de 2020;41(3):154-60.

8. Valdez G. Effects of disease-afflicted and aging neurons on the musculoskeletal system. *Bone*. mayo de 2019;122:31-7.
9. Li G, Niu W. Challenges toward musculoskeletal injuries and diseases. En: *Nanoengineering in Musculoskeletal Regeneration* [Internet]. Elsevier; 2020 [citado 17 de mayo de 2021]. p. 1-41. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128202623000013>
10. Lowe J, Anderson P. Musculoskeletal System. En: *Stevens Lowes Human Histology* [Internet]. Elsevier; 2015 [citado 17 de mayo de 2021]. p. 239-62. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780723435020000139>
11. Singh S, Bray T, Hall M. Quantifying bone structure, micro-architecture, and pathophysiology with MRI. *Clin Radiol*. marzo de 2018;73(3):221-30.
12. Elsevier. Los 7 tipos de huesos del cuerpo humano [Internet]. Elsevier Connect. [citado 17 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/los-7-tipos-de-huesos-del-cuerpo-humano>
13. Alzate Ó, Giraldo N, Alvarán L. Recuento de los huesos del esqueleto humano. *Rev Fac Med*. 14 de julio de 2016;64(2):331.
14. Kenkre J, Bassett J. The bone remodelling cycle. *Ann Clin Biochem*. mayo de 2018;55(3):308-27.
15. Rowe P, Koller A, Sharma S. *Physiology, Bone Remodeling* [Internet]. StatPearls Publishing; 2021 [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499863/>
16. Myneni V, Mezey E. Regulation of bone remodeling by vitamin K2. *Oral Dis*. noviembre de 2017;23(8):1021-8.
17. Williams S, Alkhatib B, Serra R. Development of the axial skeleton and intervertebral disc. En: *Current Topics in Developmental Biology* [Internet].

- Elsevier; 2019 [citado 18 de mayo de 2021]. p. 49-90. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0070215318300978>
18. Montilla M, Blanco J, Nastar R, Muñoz L. Descripción Anatómica de *Bradypus variegatus* en la Amazonia Colombiana (Estudio Preliminar). *Rev Fac Cienc Vet.* junio de 2016;57(1):3-14.
  19. Anderson B, Ekblad J, Bordoni B. Anatomy, Appendicular Skeleton. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535397/>
  20. Sobotta. Texto de anatomía - 1st Edition [Internet]. [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/sobotta-texto-de-anatomia/waschke/978-84-9113-226-4>
  21. Krishnan Y, Grodzinsky Alan. Cartilage Diseases. *Matrix Biol J Int Soc Matrix Biol.* octubre de 2018;71-72:51-69.
  22. Vaca J, Gutiérrez M, Garzón D. Cartílago articular: estructura, patologías y campos eléctricos como alternativa terapéutica. Revisión de conceptos actuales. *Rev Colomb Ortop Traumatol.* 1 de diciembre de 2017;31(4):202-10.
  23. Juneja P, Munjal A, Hubbard J. Anatomy, Joints [Internet]. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; 2020 [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507893/>
  24. Howell K, Chien C, Bell R, Laudier D, Tufa S, Keene D, et al. Novel Model of Tendon Regeneration Reveals Distinct Cell Mechanisms Underlying Regenerative and Fibrotic Tendon Healing. *Sci Rep* [Internet]. 23 de marzo de 2017 [citado 18 de mayo de 2021];7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5362908/>
  25. Elsevier. Apuntes de Anatomía. Tipos de articulaciones: sinoviales y sólidas [Internet]. Elsevier Connect. [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en:

<https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/anatomia-tipos-articulaciones-sinoviales-y-solidas>

26. Pacheco R. Reparación aguda de los tendones flexores. *Cir Plástica Ibero-Latinoam.* septiembre de 2017;43:s27-36.
27. Sarver D, Kharaz Y, Sugg K, Gumucio J, Comerford E, Mendias C. Sex differences in tendon structure and function. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* octubre de 2017;35(10):2117-26.
28. Kim S, Kim J, Park K. Biomaterials for the Treatment of Tendon Injury. *Tissue Eng Regen Med.* 1 de octubre de 2019;16(5):467-77.
29. Zabrzyński J, Łapaj Ł, Paczesny Ł, Zabrzyńska A, Grzanka D. Tendon - function-related structure, simple healing process and mysterious ageing. *Folia Morphol.* 2018;77(3):416-27.
30. Leong N, Kator J, Clemens T, James A, Enamoto M, Jiang J. Tendon and Ligament Healing and Current Approaches to Tendon and Ligament Regeneration. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* enero de 2020;38(1):7-12.
31. Cook J, Rio E, Purdam C, Docking S. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? *Br J Sports Med.* octubre de 2016;50(19):1187-91.
32. Leclere L, Röttinger E. Diversity of cnidarian muscles: function, anatomy, development and regeneration. *Front Cell Dev Biol [Internet].* 2017 [citado 21 de mayo de 2021];4. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcell.2016.00157/full>
33. Muñoz S, Astudillo C, Miranda E, Albarracín J. Lesiones musculares deportivas: Correlación entre anatomía y estudio por imágenes. *Rev Chil Radiol.* marzo de 2018;24(1):22-33.



34. Kobayashi H, Takano Y, Yuri T, Yoshida S, Suzuki K, Kiyoshige Y, et al. Morphological Analysis of Articularis Genus and Involvement in Muscle Synchronicity with Vastus Intermedius. *Int J Morphol.* septiembre de 2018;36(3):859-63.
35. June L, Melloni I, Dox H, Melloni B. Mellonis Secretos de Anatomía [Internet]. [citado 18 de mayo de 2021]. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Dropbox/Mi%20PC%20\(LAPTOP-NTHS711I\)/Desktop/univeersidad/5%20semestre/Anatomia.%20Mellonis%20Secretos%20de%20Anatomia.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Dropbox/Mi%20PC%20(LAPTOP-NTHS711I)/Desktop/univeersidad/5%20semestre/Anatomia.%20Mellonis%20Secretos%20de%20Anatomia.pdf)
36. Stępień K, Śmigielski R, Mouton C, Ciszek B, Engelhardt M, Seil R. Anatomy of proximal attachment, course, and innervation of hamstring muscles: a pictorial essay. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* marzo de 2019;27(3):673-84.
37. Sherman B, Chahla J, Hutchinson W, Gerhardt M. Hip and Core Muscle Injuries in Soccer. *Am J Orthop Belle Mead NJ.* octubre de 2018;47(10).
38. Azzopardi C, Almeer G, Kho J, Beale D, James S, Botchu R. Hamstring origin-anatomy, angle of origin and its possible clinical implications. *J Clin Orthop Trauma.* febrero de 2021;13:50-2.
39. Pedret C, Balius R. Lesiones musculares en el deporte. Actualización de un artículo del Dr. Cabot, publicado en *Apuntes de Medicina Deportiva* en 1965. *Apunts Sports Med.* 1 de julio de 2015;50(187):111-20.
40. Weineck J. Fútbol total: Entrenamiento físico del futbolista (2 Vol.). 4ta ed. Paidotribo; 2019. 812 p.
41. Mendoza W. Acercamiento teórico-metodológico sobre las capacidades coordinativas de los futbolistas categoría 10 - 12 años de la escuela formativa de la EPUNEMI (Original). *Rev Científica Olimp.* 1 de septiembre de 2019;16(56):48-57.

42. Barreras F, Gracia Á. Mejorar las capacidades condicionales de los jugadores del club puma's categoría sub 16, a través de trabajos de fuerza y velocidad. Revista digital: Actividad Física y Deporte [Internet]. [citado 20 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/343/1599>
43. Weineck J. Entrenamiento total. 1ra ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2005. 696 p.
44. Heyward Vivian. Evaluacion De La Aptitud Fisica Y Prescripcion Del Ejercicio. 5ta ed. Ed. Médica Panamericana; 2008. 444 p.
45. Araújo C. Flexitest. El método de evaluación de la flexibilidad. Editorial Paidotribo; 2005. 236 p.
46. Medina K. Influencia de la fuerza máxima en la fuerza explosiva [Internet]. [citado 20 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd204/influencia-de-la-fuerza-maxima-en-la-fuerza-explosiva.htm>
47. Mirella R. Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. 1ra ed. Editorial Paidotribo; 2006. 268 p.
48. Dieguez J, Papí J. Entrenamiento funcional en programas de fitness. Volumen I. 1ra ed. INDE; 2007. 312 p.
49. Collins P. Entrenamiento de la velocidad en el deporte (bicolor). Paidotribo; 2016. 273 p.
50. Carrillo A, Montoro R, Lincango P, Mon D, Romero E, Pérez M. Efectos del método continuo-extensivo para potenciar la resistencia aeróbica en trail running y fondo. Rev Cuba Investig Bioméd. septiembre de 2018;37(3):1-9.
51. Alt T, Severin J, Komnik I, Nodler Y, Benker R, Knicker A, et al. Nordic Hamstring Exercise training induces improved lower-limb swing phase

mechanics and sustained strength preservation in sprinters. *Scand J Med Sci Sports*. abril de 2021;31(4):826-38.

52. Krommes K, Petersen J, Nielsen M, Aagaard P, Hölmich P, Thorborg K. Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: a randomised pilot study. *BMC Res Notes* [Internet]. 4 de diciembre de 2017 [citado 20 de mayo de 2021];10. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5716363/>
53. Mancera É, Páez A, Meneses M, Avellaneda P, Cortés S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. *Rev Fac Med*. diciembre de 2016;64:17-24.
54. Tobar N, Tobar D. Fútbol: identidad, pasión, dolor y lesión deportiva. *Mov Científico*. 31 de diciembre de 2015;9(2):23-32.
55. Montoya J, Gutiérrez R, Rojas D, Morera M. Demandas cinemáticas en dos tipos de espacios reducidos en jugadores universitarios de fútbol de Costa Rica. *Pensar En Mov Rev Cienc Ejerc Salud*. junio de 2017;15(1):66-76.
56. Calleja J, Los Arcos A, Gaizka M, Casamichana D, San Román J, Yanci J. Reproducibilidad de test de aceleración y cambio de dirección en fútbol. [Reproducibility of test acceleration and change of direction in football]. *RICYDE Rev Int Cienc Deporte*. 1 de abril de 2015;11(40):104-15.
57. Fiorilli G, Iuliano E, Mitrotasios M, Pistone Eugenio, Aquino G, Calcagno G, et al. Are Change of Direction Speed and Reactive Agility Useful for Determining the Optimal Field Position for Young Soccer Players? *J Sports Sci Med*. junio de 2017;16(2):247-53.
58. Della F, Mandelbaum Bert, Lemak Lawrence. The Effect of Playing Position on Injury Risk in Male Soccer Players: Systematic Review of the Literature and Risk Considerations for Each Playing Position. *Am J Orthop Belle Mead NJ*. octubre de 2018;47(10).

59. Sinovas M, Hernández M, Cerezal A. Epidemiology of injuries in young Spanish soccer players according to the playing positions (Epidemiología de las lesiones en futbolistas jóvenes españoles según la demarcación). *Retos*. 2 de marzo de 2020;38:459-64.
60. Onaka G, Gaspar J, Graças D, Barbosa F, Martinez P, Oliveira S. Sports injuries in soccer according to tactical position: a retrospective survey. *Fisioter Em Mov*. 2017;30:249-57.
61. Chamor M, Barquero M, Borbón O, Ulate F. Comparación de los componentes de la aptitud física y composición corporal en practicantes de parkour según los años de entrenamiento. *MHSalud [Internet]*. [citado 27 de mayo de 2021];14(1). Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2370/237051548006/html/index.html>
62. Petrigna L, Karsten B, Marcolin G, Paoli A, D'Antona G, Palma A, et al. A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Front Physiol [Internet]*. 2019 [citado 1 de junio de 2021];10. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01384/full>
63. OEA/MLA :: Países: Introducción al Sistema Jurídico [Internet]. Red hemisférica de Cooperación Jurídica en Material Penal. 2017 [citado 21 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://web.oas.org/mla/es/paginas/countries.aspx?ISO=ECU>
64. Examen Nacional Voluntario 2020 – Secretaría Técnica Planifica Ecuador [Internet]. [citado 20 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/examen-nacional-voluntario/>
65. Ley del Deporte.pdf [Internet]. [citado 20 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Ley%20del%20Deporte.pdf>

66. Manterola C, Otzen T. Estudios Experimentales 2ª Parte. Estudios Cuasi-Experimentales. :6.
67. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. México: McGraw Hill Interamericana; 2014.
68. Rodríguez N, Rodríguez N. Envejecimiento: Edad, Salud y Sociedad. Horiz Sanit. abril de 2018;17(2):87-8.
69. Egaña I. Diccionario histórico-político de Euskal Herria. Txalaparta; 1996. 756 p.
70. Badillo J, Ayestarán E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. 3ra ed. España: INDE; 2002. 334 p.
71. Landín M, Sánchez S. El método biográfico-narrativo: una herramienta para la investigación educativa. Educación. marzo de 2019;28(54):227-42.
72. Del Sol L, Tejeda E, Mirabal J. Los métodos teóricos: una necesidad de conocimiento en la investigación científico-pedagógica. EDUMECENTRO. diciembre de 2017;9(4):250-3.
73. Martínez J, Soler S, Benet M, González V, Iglesias M. Consideraciones acerca los métodos estadísticos y la investigación en salud. Rev Médica Electrónica. octubre de 2015;37(5):514-22.
74. Patino J, Arbelaz I. Gestion humana de orientación analítica: un camino para la responsabilización. Rev Adm Empres. febrero de 2016;56(1):101-13.
75. Torre L. El método científico: la mejor herramienta clínica [Internet]. [citado 27 de mayo de 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0028-37462016000300205](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462016000300205)
76. Altmann S, Ringhof S, Neumann R, Woll A, Rumpf M. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. PLoS ONE [Internet]. 14 de

agosto de 2019 [citado 27 de mayo de 2021];14(8). Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6693781/>

77. Rago V, Brito J, Figueiredo P, Carvalho T, Fernandes T, Fonseca P, et al. Countermovement Jump Analysis Using Different Portable Devices: Implications for Field Testing. *Sports* [Internet]. 31 de agosto de 2018 [citado 27 de mayo de 2021];6(3). Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6162675/>
78. Stanton R, Wintour S, Kean C. Validity and intra-rater reliability of MyJump app on iPhone 6s in jump performance. *J Sci Med Sport*. 1 de mayo de 2017;20(5):518-23.
79. Guerrero J, Niquinga C, Andrade J, Ortiz M, Páez C, Cordero R, et al. INEC Costumbres y Prácticas Deportivas en la Población Ecuatoriana [Internet]. 2010. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Estudios/Estudios\\_Socio-demograficos/CostumPracticasDeportivas.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Estudios/Estudios_Socio-demograficos/CostumPracticasDeportivas.pdf)
80. INEC Revista digital 'POSTDATA' del Instituto Nacional de Estadística y Censos [Internet]. [citado 27 de mayo de 2021]. Disponible en:  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Revistas/revista\\_postdata\\_n3\\_inec.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Revistas/revista_postdata_n3_inec.pdf)

## Anexos

### Anexo 1.- Aprobación



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador  
**CONSEJO DIRECTIVO**

Resolución N. 414-CD  
Ibarra, 27 de agosto de 2020

Msc.  
Marcela Baquero  
**COORDINADORA CARRERA DE TERAPIA FISICA MEDICA**

Señor/ita Coordinadora:

El H. Consejo Directivo de la Facultad Ciencias de la Salud, en sesión ordinaria realizada el 27 de agosto de 2020, conoció oficios N. 770-D suscrito por magister Rocío Castillo Decana, y oficio N. 034-CA-TFM suscrito por magister Marcela Baquero Coordinadora carrera de Terapia Física Médica, en el que se pone a consideración para la aprobación correspondiente de los Anteproyectos de Trabajo de Grado de los estudiante de la carrera, y amparados en el Art. 38 numeral 11 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica del Norte, **RESUELVE**.- Aprobar los Anteproyectos de la estudiante de la carrera de Terapia Física Médica; de acuerdo al siguiente detalle:

12	POMASQUI CHIRÁN CINTHYA YESENIA.	ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EXPLOSIVA EN FUTBOLISTAS DE LA ESCUELA "JUAN YEPEZ" DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI 2020-2021."	MSC. RONNIE PAREDES
13	POMASQUI CHIRÁN LADY MISHELL.	RESULTADOS DEL ENTRENAMIENTO CORE EN FUTBOLISTAS DEL CLUB "LEONES DEL NORTE" DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI 2020-2021.	MSC. VERÓNICA POTOSÍ
14	TOBAR AYALA DANY ALEJANDRO	INCAPACIDAD LUMBAR Y SU RELACIÓN EN LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES COTIDIANAS DE LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE CULTIVO DE LA FLORÍCOLA BLANCA FLOWERS EN EL PERIODO 2020-2021	MSC. JUAN VÁSQUEZ


Atentamente,  
**"CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO"**

Msc. Rocío Castillo  
**DECANA**

Dr. Jorge Guevara E.  
**SECRETARIO JURIDICO**

Copia: Decanato

## Anexo 2. Asignación de tribunal



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
**UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-**  
**2013-13**  
Ibarra-Ecuador  
**CONSEJO DIRECTIVO**

---

Resolución N. 244-HCD  
Ibarra, 14 de junio de 2021

Msc.  
Ronnie Paredes  
**DIRECTOR/A DE TRABAJO DE GRADO**

Señor/ta Docente:

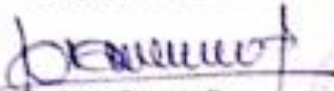
El H. Consejo Directivo de la Facultad Ciencias de la Salud, en sesión ordinaria realizada el 10 de junio de 2021, conoció oficio N. 627-D suscrito por magister Rocio Castillo Decana y oficio suscrito por usted como Director/a del Trabajo de Grado "APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE EJERCICIOS NORDICOS PARA MEJORAR LA FUERZA EXPLOSIVA EN DEPORTISTAS DE LA ESCUELA FORMATIVA DE FUTBOL JUAN YEPEZ GRANDA DE LA CIUDAD DE ATUNTAQUI 2020-2021" de autoría del señor/ta POMASQUI CHIRAN CINTHYA YESENIA al respecto este organismo, resolvió: acoger la nota consignada y DESIGNAR el tribunal de grado integrado por ella magister Daniela Zurita, magister Cristian Torres y magister Verónica Potosí, a los que se entregará un ejemplar del documento (tesis en digital), para su análisis y posterior calificación.

Se establece la reunión de Calificación del Trabajo de Grado para el 22 de junio de 2021 a las 13.h00 horas. Luego de la sustentación en la defensa del trabajo de grado, el tribunal remitirá la calificación en la escala de 1 a 10 puntos, en números enteros y en sobre cerrado al Secretario Jurídico, si la calificación por parte del tribunal es sobre los 7 puntos, el tribunal se autoconvocará para la defensa final el 29 de junio 2021 a las 13.h00 horas;


En virtud de los acontecimientos de conocimiento público y de acuerdo al protocolo de defensas de grado aprobado por el Consejo Directivo de la Facultad Ciencias de la Salud se dispone la realización de la defensa final virtual en Microsoft Teams, misma que se creará por parte de ella coordinadora de la carrera. Se recuerda que la asistencia de todos los miembros del tribunal es obligatoria y de manera puntual, su inasistencia deberá ser justificada con anterioridad.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,  
**"CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO"**



Dr. Jorge Guevara E.  
**SECRETARIO JURIDICO**



Copia: magister Daniela Zurita, magister Cristian Torres y magister Verónica Potosí.  
Estudiante



### Anexo 3.- Cambio de tema



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NR° 001-079- CEAACES-2013-13

#### CARRERA FISIOTERAPIA

Ibarra, 13 de abril del 2021  
Oficio 20-CA-TFM-UTN

Magister.  
Rocío Castillo A.  
**DECANA FCCSS**  
Presente. -

De mi consideración

En atención a oficio 334-D-FCSS-UTN en el que solicita modificación del tema de investigación "Entrenamiento de la fuerza explosiva en futbolistas de la Escuela Juan Yépez de la Ciudad de Atuntaqui 2020 - 2021" de la Srta. **Pomasqui Chirán Cinthya Yesenia**, la comisión asesora en reunión mantenida el día 13 de marzo, analizó la propuesta, por lo que sugiere se apruebe el tema "**Aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de fútbol Juan Yépez de la Ciudad de Atuntaqui 2020 - 2021**", bajo la tutoría de la **MSc. Ronnie Paredes**.

Atentamente,

"CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO"



Firmado digitalmente por:  
SILVIA MARCELA  
BAQUERO CADENA

Lic. Marcela Baquero MSc.

**COORDINADORA CARRERA FISIOTERAPIA / TERAPIA FISICA**

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
COORDINACIÓN  
CARRERA  
TERAPIA FÍSICA MÉDICA

## Anexo 4.- Consentimiento Informado



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
TERAPIA FÍSICA MÉDICA**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo..... con numero de cedula ....., en forma voluntaria consiento a que la ..... estudiante de la carrera de Terapia Física Médica, realice una evaluación y aplicación de un protocolo de ejercicios nórdico en deportistas de futbol, los cuales estarán documentados mediante videos y fotos que posteriormente serán publicados en el proyecto Aplicación de un protocolo de ejercicios Nórdicos para mejorar la fuerza explosiva en deportistas de la escuela formativa de futbol Juan Yépez Granda de la ciudad de Atuntaqui.

No existe riesgo de ningún tipo de lesión física durante el plan de intervención garantizando una evaluación segura para el paciente.

Se me ha explicado y entiendo de forma clara el procedimiento a realizarse, he entiendo las condiciones y objetivos de la evaluación física que se va a practicar, estoy satisfecha con la información recibida de la profesional quien lo ha hecho en un lenguaje claro y sencillo, y me ha dado la oportunidad de preguntar y resolver las dudas a satisfacción, además comprendo que la información podrá ser usada con el fin de explicar de forma clara las herramientas evaluativas, en tales condiciones consiento que se realice la valoración de la fuerza explosiva.

Atentamente

Firma.....

Nombre.....

Cedula.....



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE TERAPIA FÍSICA MÉDICA

Yo.....  
.... en forma voluntaria consiento a que la Srta. Pomasqui Chirán Cinthya Yesenia estudiante de la carrera de Terapia Física Médica, realice una evaluación y entrenamiento de fuerza explosiva los cuales serán documentados con fotografías y videos y posteriormente publicados en el proyecto de "Entrenamiento de la fuerza explosiva en futbolistas de la escuela "Juan Yépez" de la ciudad de Atuntaqui, 2020- 2021."

No existe riesgo de ningún tipo de lesión física durante el proceso garantizado una evaluación segura para el paciente.

Se me ha explicado y entiendo de forma clara el procedimiento a realizarse, he entendido las condiciones y objetivos de la evaluación física que se va a practicar, estoy satisfecho/a con la información recibida de la profesional quien lo ha hecho en un lenguaje claro y sencillo, además comprendo que la información podrá ser usada con el fin de explicar de forma clara las herramientas evaluativas, en tales condiciones consiento que se realice el entrenamiento de fuerza explosiva.


Atentamente

\_\_\_\_\_  
Firma

Nombre:.....

Cedula.....


## Anexo 5.- Ficha de Evaluación de la fuerza explosiva


Ficha de evaluación Datos personales						
Nombre:			Fecha:			
Edad:	Etnia:	Genero:		F	M	
Talla:	Peso:	Lugar de residencia:				
Fecha de nacimiento:	Ocupación:					
Fr. Cardíaca:	Fr. Respiratoria:					

Fuerza explosiva				
	Resultado inicial		Resultado final	
<b>Salto Horizontal</b>				
<b>Squat Jump</b>	Tiempo de vuelo (ms)		Tiempo de vuelo (ms)	
	Fuerza (N)		Fuerza (N)	
	Velocidad (m/s)		Velocidad (m/s)	
	Potencia (W)		Potencia (W)	
<b>Countermovement Jump</b>	Tiempo de vuelo (ms)		Tiempo de vuelo (ms)	
	Fuerza (N)		Fuerza (N)	
	Velocidad (m/s)		Velocidad (m/s)	
	Potencia (W)		Potencia (W)	

## Anexo 6.- Planificación del entrenamiento


<b>TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO</b>	
<b>Duración del tratamiento:</b> 7 semanas	
<b>Número de sesiones:</b> 21	
<b>Frecuencia a la semana:</b> 3 sesiones	
<b>Tiempo por sesión:</b> 30 minutos	
Entrenamiento en grupo de 5-10 jugadores.	
Distanciamiento de 1 metro cada pareja de jugadores.	
<b>Objetivo General</b>	
Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”	
<b>Objetivos Específicos 1 semana</b>	<b>Evidencia</b>

<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>	<p><b>Método</b></p> <p>Ejercicio nórdico de isquiotibiales</p> 	<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>
	<p><b>Modalidad</b></p> <p>Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.</p>	
	<p><b>Prescripción</b></p> <p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta</p>	

		<p>donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.</p> <p><b>Series 2</b></p> <p><b>Repeticiones 5</b></p>	
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”</p>			
<p><b>Objetivos Específicos 2 semana</b></p>			<p><b>Evidencia</b></p>
<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>	<p><b>Método</b></p>	<p>Ejercicio nórdico de isquiotibiales</p> 	<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>


	<b>Modalidad</b>	Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.	
	<b>Prescripción</b>	<p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.</p> <p><b>Series 2</b></p> <p><b>Repeticiones 6</b></p>	
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”</p>			




<b>Objetivos Específicos 3 semana</b>		<b>Evidencia</b>
<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>	<p><b>Método</b></p> <p>Ejercicio nórdico de isquiotibiales</p> 	<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>
	<p><b>Modalidad</b></p> <p>Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.</p>	
	<p><b>Prescripción</b></p> <p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento</p>	

		(contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.  <b>Series 3</b>  <b>Repeticiones 6</b>	
<b>Objetivo General</b>			
Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”			
<b>Objetivos Específicos 4 semana</b>			<b>Evidencia</b>
	<b>Método</b>	Ejercicio nórdico de isquiotibiales	

<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>			<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>
<p><b>Modalidad</b></p>	<p>Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.</p>		
<p><b>Prescripción</b></p>	<p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta</p>		

		<p>donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.</p> <p><b>Series 3</b></p> <p><b>Repeticiones 8</b></p>	
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”</p>			
<p><b>Objetivos Específicos 5 semana</b></p>			<p><b>Evidencia</b></p>
<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>	<p><b>Método</b></p>	<p>Ejercicio nórdico de isquiotibiales</p> 	<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>

	<b>Modalidad</b>	Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.	
	<b>Prescripción</b>	<p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.</p> <p><b>Series 3</b></p> <p><b>Repeticiones 8</b></p>	
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”</p>			

<b>Objetivos Específicos 6 semana</b>		<b>Evidencia</b>
<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>	<p><b>Método</b></p> <p>Ejercicio nórdico de isquiotibiales</p> 	<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>
	<p><b>Modalidad</b></p> <p>Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.</p>	
	<p><b>Prescripción</b></p> <p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le</p>	

		<p>hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.</p> <p><b>Series 3</b></p> <p><b>Repeticiones 10</b></p>	
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Mejorar la fuerza explosiva en los deportistas de la escuela formativa de fútbol “Juan Yépez”</p>			
<p><b>Objetivos Específicos 7 semana</b></p>			<p><b>Evidencia</b></p>
	<p><b>Método</b></p>	<p>Ejercicio nórdico de isquiotibiales</p>	

<p>Realizar a la velocidad más lenta posible para maximizar la carga muscular en la fase excéntrica.</p>			<p>Mancera E, Páez M, Meneses M, Avellaneda A, Leonardo S, Quiceno C, et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016; 64.</p>
	<p><b>Modalidad</b></p>	<p>Protocolo de ejercicios nórdicos en las canchas después del calentamiento.</p>	
	<p><b>Prescripción</b></p>	<p>En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad.</p>	



		<b>Series 3</b> <b>Repeticiones 12</b>	
--	--	---	--

## Anexo 7.- Aprobación del Abstract



### ABSTRACT

APPLICATION OF A NORDIC EXERCISE PROTOCOL TO IMPROVE EXPLOSIVE STRENGTH IN ATHLETES OF THE JUAN YÉPEZ GRANDA SOCCER TRAINING SCHOOL IN THE CITY OF ATUNTAQUI, 2020-2021.

Author: Cinthya Yesenia Pomasqui Chirán.

Email: cypomasquic@utn.edu.ec

Soccer is a high-impact competitive sport, its objective is to score goals, win the match, it is preceded by explosive actions such as sprinting, jumping, and changes of direction. This sport requires certain physical capacities to face the competition and the training loads, among the most important physical qualities are: muscular strength since some skills like acceleration, deceleration, changes of direction, speed, and jumping are subdivided from this. The objective of the research was to apply the training with Nordic exercises to develop explosive strength in soccer players of the "Juan Yopez" school in the city of Atuntaqui, 2020-2021 and to observe the effects after the application of this protocol, how it benefits the sports performance of the players. It was a quasi-experimental design of longitudinal cut; of quantitative and descriptive type. The techniques used were: clinical history and the instruments: Squat Jump test, horizontal jump test, countermovement Jump, sprint test. The study was carried out in a sample of 30 players aged 12 to 19 years. The results obtained were as follows: the predominant ethnicity was mestizo, with an average age of 17 years, within the male athletes are occupying different positions on the playing field comprised of: forwards, midfielder, goalkeepers, defenders, right-back, left-back, right midfielder, left midfielder, striker, among others. In conclusion, the study population improved in explosive strength after applying the intervention plan for seven weeks.

Keywords: explosive strength, Nordic exercises, soccer, sports performance, strength.

*PAIK RODRIGUEZ*

## Anexo 8.- Urkund



### Document Information

---

Analyzed document	Marco Final.docx (D105910313)
Submitted	5/21/2021 4:05:00 PM
Submitted by	
Submitter email	cypomasquic@utn.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	kgesparza.utn@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

---

<b>W</b>	URL: <a href="https://www.studocu.com/co/document/universidad-libre-de-colombia/semiologia-clini...">https://www.studocu.com/co/document/universidad-libre-de-colombia/semiologia-clini...</a> Fetched: 7/19/2020 5:09:49 AM		<b>6</b>
<b>SA</b>	<b>Solo introduccion_00-15.docx</b> Document Solo introduccion_00-15.docx (D83366908)		<b>5</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://artrosisaldia.com/articulaciones-funciones-y-clasificacion/">https://artrosisaldia.com/articulaciones-funciones-y-clasificacion/</a> Fetched: 9/25/2019 5:52:04 AM		<b>2</b>
<b>SA</b>	<b>FORMACIÓN ÓSEA - 1E.docx</b> Document FORMACIÓN ÓSEA - 1E.docx (D63604553)		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://de.slideshare.net/aythamilopez7/anatoma-del-cuerpo-humano-47045508">https://de.slideshare.net/aythamilopez7/anatoma-del-cuerpo-humano-47045508</a> Fetched: 6/2/2020 3:10:12 AM		<b>1</b>

Msc. Ronnie Paredes

C.I.: 1003637822

## Anexo 9.- Evidencia Fotográfica

Fotografía N° 1.- Llenando la ficha de evaluación



Fotografía N° 2.- Evaluación inicial del salto horizontal



Fotografia N° 3.- Evaluacion inicial del Squat Jump Test



Fotografia N° 4.- Evaluacion inicial del Countermovent Jump Test



Fotografía N° 5.- Aplicación del protocolo de ejercicios nordicos



Fotografía N° 6.- Evaluación final del salto horizontal

