

**BIOMECANICA DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA EN LA ACCION  
DEL GESTO TECNICO DE ARRANQUE EN HALTEROFILIA EN UN GRUPO  
DE DEPORTISTAS DE LA LIGA DE PESAS DEL DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA**

**AUTORES:**

**ALEXANDER ARIAS NOREÑA.  
JUAN ALBERTO KLINGER.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BASICA CON ENFASIS EN EDUCACIÓN  
FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTES.**

**2010**

**BIOMECANICA DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA EN LA ACCION  
DEL GESTO TECNICO DE ARRANQUE EN HALTEROFILIA EN UN GRUPO  
DE DEPORTISTAS DE LA LIGA DE PESAS DEL DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA**

**ALEXANDER ARIAS NOREÑA.  
JUAN ALBERTO KLINGER.**

**Trabajo de Grado como requisito para optar el título de Licenciados en  
Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y  
Deportes.  
(Investigación)**

**Director:  
Magister. JANETH MOLANO TOBAR**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS  
EN EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTES  
POPAYÁN**

## INTRODUCCION

En la actualidad, la creciente población que incluye personas de ambos géneros y de diferentes edades se ven involucradas a menudo en el desarrollo de diferentes actividades físicas, donde el deporte ha sido tomado como modelo a practicar dentro de sus diferentes modalidades y ha ido creciendo cada vez más el número de practicantes a nivel competitivo, como ocurre con la halterofilia, deporte que gracias a los campeones nacionales y las medallas obtenidas en los juegos olímpicos ha ganado una mayor acogida en los últimos años.

La halterofilia al igual que muchas otras actividades deportivas acarrea una serie de riesgos contra la integridad física del deportista especialmente en rodilla y columna lumbar (32% y 10% respectivamente) (Cevallos,2005), estos datos fueron corroborados en el estudio sobre la prevalencia de la patología osteomuscular y sintomatología dolorosa en levantadores de pesas participantes de los XVII juegos nacionales en el 2004 realizado por el laboratorio integral de análisis para el movimiento LIAM, de la escuela nacional del deporte; teniendo en cuenta que la secuencia de movimientos desarrollados en cada modalidad de este deporte, se refiere al levantamiento de una barra la cual contiene una serie de discos a cada lado con un peso en kilos. Por lo tanto se hace necesario y de suma importancia tener en cuenta diferentes aspectos en torno a la salud a través del movimiento en este deporte.

Por tal motivo resulta conveniente en el presente estudio la importancia de aplicar la ciencia de la biomecánica dentro de este deporte, más concretamente en la acción del gesto técnico del arranque, con el cual se pretende adquirir información suficiente acerca del comportamiento de la estructura anatómica a

estudiar, en este caso la articulación de la rodilla en dicho gesto técnico ya que es esta articulación la que más incidencia de lesiones presenta según estudios realizados por Cevallos y Gómez en 2005; buscando que esta información pueda ser de gran ayuda para entrenadores y deportistas.

## **1. MARCO TEORICO**

### **1.1 SALUD**

La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) en su carta Magna define la palabra "salud" como "el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo, que no consiste sólo en la ausencia de enfermedad". (1993, p.94) Concepto con el que se está totalmente de acuerdo, pues se debe tener todo un bienestar físico, mental y social para una completa salud, considerando al hombre en todas sus diferentes proyecciones y relaciones dentro del conjunto humano.

En primer lugar la O.M.S describe el bienestar físico, el cual es fácilmente comprensible que corresponde a una buena salud, es el bienestar indefinible e inconsciente. Aquel que mantiene libre de la conciencia y de la percepción obligada de las funciones; nuestros órganos trabajan sin que trascienda su actividad a la conciencia, esto solo acontece cuando todas las funciones se realizan dentro del correcto equilibrio que impone el justo desgaste de las partes, utilizando integralmente la energía y eliminando oportuna y completamente sus desechos. Todo esto es el resultado de la perfecta acción de las fuerzas que actúan constituyendo así lo que se conoce como la naturaleza humana.

En segundo lugar se fija en el bienestar que se consigue a partir de la mente o factor psicológico del individuo, la mente en equilibrio es la proyección adecuada hacia todo lo que lo rodea y percepción correcta de todo lo que

constituye el ambiente. El hombre existe para sus semejantes más que para sí mismo en razón de sus actos afectivos, volitivos, e intelectuales que por su presencia material y actos involuntarios; por lo menos en todo lo que se refiere a su existencia trascendental. Teniendo en cuenta que la mente del hombre lo define, lo sitúa y lo proyecta. Gracias a ella se destaca, brilla o pasa inadvertido en cualquier medio donde esté; además de permitirle escoger un ambiente donde se sienta bien siendo grata al individuo, aceptable y armónico para los demás o por lo menos para un buen número de ellos y no producirle incomodidad; en pocas palabras mantener un bienestar mental.

En tercer lugar la O.M.S considera que el bienestar debe comprender lo social, es decir que el ser humano no sólo se sienta bien en sus funciones, y no será suficiente que su mente capte correctamente y se produzca en relación correcta a todo lo que le rodea, sino que también es necesario que no destruya y no altere el orden ni la armonía de la sociedad.

Así como para la O.M.S. la salud está determinada por el bienestar físico, mental y social; M. Lalonde considera otros factores de gran importancia, en su libro los determinantes del campo de la salud señala: “La salud de una comunidad está determinada por la interacción de cuatro variables: la biología humana, el medio ambiente, la asistencia sanitaria y el estilo de vida. De estos cuatro determinantes, el que más afecta a la salud de las personas es el estilo de vida.” (1996, p.19).

Son razonables y acertados los determinantes propuestos por dicho autor, pues al desarrollar una serie de hábitos saludables y al realizar continuas prácticas o actividades de forma adecuada convirtiéndolas en un estilo de vida propio, hacen que la salud de cada ser humano cuente con grandes beneficios; dentro de esas actividades físicas por qué no incluir al deporte, el cual está

inmerso dentro de los ambientes favorable y preponderantes que hacen parte de la salud, no solo eso sino que se encuentra como eje central y hace parte de la temática general que se pretende desarrollar.

### **1.1.2 PROMOCIÓN Y PREVENCIÓN.**

Se ha tocado el término de la salud como factor determinante en este proyecto y hay que agregar que el ministerio de protección social establece dentro del contexto nacional que la promoción y prevención de la salud desempeñan un rol importante; la promoción de la salud constituye una estrategia fundamental que trata de capacitar al individuo para alcanzar un estado de salud y de bienestar óptimos, a través de actuaciones que mejoren los determinantes de la salud, como son los estilos de vida y entornos saludables esto se generó por una declaración de la organización mundial de la salud, para mejorar los factores de riesgo como la alimentación poco saludable y el sedentarismo, los estilos de vida saludable tienen que ver con actividad física y alimentación para prevenir enfermedades de tipo metabólico, cardiovascular; la promoción actúa informando, formando e implicando a la población sobre los distintos aspectos relacionados con la salud y la enfermedad, contribuyendo a que ésta conserve o mejore su salud y prevenga la enfermedad.

"Siembra un pensamiento y cosecharás un acto, siembra un acto y cosecharás un hábito, siembra un hábito y cosecharás una costumbre, siembra una costumbre y cosecharás un destino" (Desjarlais Robert.1997, p.48)

De la misma manera se considera real para los modos o estilos de vida de cada persona, que se siembren en la familia y se comiencen a moldear desde

la infancia de acuerdo a los comportamientos familiares. Es decir en sus costumbres y actitudes con respecto de la vida diaria en todos los aspectos, de trabajo, de reuniones, actividad física, sociales, espirituales, etc.

Referente a la prevención, el ministerio de protección social lo manifiesta como el esfuerzo destinado a preservar y mejorar la salud desde el punto de vista de los comportamientos nocivos o hábitos de vida negativos. Integrando los siguientes tipos:

- *Prevención primaria: consiste en sensibilizar a la persona antes de que adopte comportamientos perjudiciales. Se trata de evitar conductas no saludables o enfermedades.*
- *Prevención secundaria: se orienta a la interrupción de la degradación del estado de salud de la persona. Se trata de evitar la consolidación de conductas no deseables y el desarrollo de enfermedades.*
- *Prevención terciaria: intenta evitar la fijación del problema o la reproducción de un comportamiento nocivo para la salud. Este tipo de prevención implica la noción de inserción o reinserción a causa de minusvalías o de comportamientos que conducen a la marginación. Se trata de evitar el desarrollo y perpetuación de conductas no saludables y el agravamiento de enfermedades. (1991, p.38).*



Cabe destacar la estrecha relación entre la educación Física y la prevención y promoción de la salud, en donde una nueva perspectiva el profesional, de la Educación Física debe tratar los siguientes aspectos de la salud a través del movimiento: una función acorde para el mantenimiento de la salud, una función preventiva por medio de una seguridad y un mantenimiento o mejora de las capacidades físicas, una función terapéutica indirecta colaborando con equipos sanitarios o aplicando primeros auxilios en actividades deportivas y una actuación en la readaptación al movimiento, que determine una rehabilitación responsable de profesionales, es aquí donde se denota el concepto de actividad física o ejercicio cuyo significado se puede entender como el rol que se desempeña a través del movimiento del cuerpo en su totalidad o a una parte del mismo, de manera armónica y ordenada, en beneficio del desarrollo y conservación de sus funciones proporcionando un aumento en la vitalidad en general y reduciendo la posibilidad de padecer enfermedades.

### **1.1.3 LESIONES DEPORTIVAS.**

Son muchos los beneficios que la actividad física y deportiva ofrece, ya que previene enfermedades cardiovasculares, ayuda al mantenimiento de la condición física, es agente socializador y reporta sensación de bienestar, entre otras de las numerosas contribuciones al mejoramiento de la calidad de vida.

El deporte como agente de bienestar requiere de pautas que deben tenerse en cuenta en el momento de realizarlo, por tanto debe hacerse de forma moderada, progresiva y periódica, no obstante, la práctica excesiva, sin preparación, desordenada e inconsciente se enmarca dentro de los múltiples factores que aumentan el riesgo de lesiones deportivas, tal como lo afirma el Dr. Carlos Benítez Franco (2006), quien describe las características más precisas que se refieren a este tipo de lesiones, como lo son: los tejidos afectados y su gravedad, o el tipo y los mecanismos de la lesión, lo que puede causar limitaciones y deficiencias funcionales para el deportista y por ende restringir el buen desarrollo hacia la práctica deportiva.

Tales características se encuentran presentes de forma variable en las diferentes formas deportivas, por lo cual es necesario resaltar que en unas modalidades deportivas el esfuerzo físico es mayor que en otras y que de igual manera varía su riesgo de lesiones e intensidad según el tipo de resultado que se persiga, ya que son notables las diferencias en las cargas de trabajo que se manejan en los deportes que se realizan buscando únicamente salud o recreación en comparación a las cargas que debe adaptarse y soportar un deportista de alto rendimiento, donde lo que cuenta son los resultados. Es por esta razón que el Dr. Carlos Benítez Franco (2006), considera que el deporte competitivo o de alto rendimiento presenta, la mayoría de las veces, “situaciones límites”, donde el deportista se halla, podríamos decir, al borde de la lesión, en un equilibrio inestable, entre el estado de salud y el de enfermedad.

Estudios realizados por diferentes grupos de investigación han llegado a catalogar los diferentes factores que puedan representar algún tipo de lesión deportiva, es el caso de los investigadores ( Hanson, McCullagh y Tonymon, 1992 ; Heil, 1993; Pargman, 1993; Palmi, Peirau, Sanuy y Biosca, 1994)

citados por Buceta J.M (2002) coinciden en agrupar los 2 factores causantes de las lesiones en dos amplias categorías: (a) factores externos (infraestructura deportiva y conducta de otros) y (b) factores internos (médico-fisiológicos, biomecánicos o psicológicos).

- a. Factores externos: incluyen todas aquellas variables relacionadas con el material o las instalaciones deportivas sobre los que se basa el trabajo del atleta (deficiencias en las condiciones ambientales, el tipo y estado de los pavimentos deportivos, implementos deportivos, temperatura ambiente,...), así como, aquellas que tienen que ver con la conducta de los demás deportistas (agresiones de rivales, juego brusco,...).
  
- b. Factores internos: se refieren a todos aquellos componentes que el deportista presenta, bien por predisposición propia, bien por influencias situacionales, y que hacen más o menos probable que el sujeto sufra traumatismos y lesiones con una cierta constancia. Entre otros, la edad, el deterioro del cuerpo, la historia pasada de lesiones, la falta de preparación física para una determinada tarea, la falta de adherencia a medidas preventivas, una alimentación inadecuada, la fatiga o la realización de conductas de riesgo (agresivas, sobreesfuerzos...), así mismo, diferentes variables psicológicas que bien directa, o indirectamente pueden incrementar la vulnerabilidad de los deportistas a las lesiones, estos son enunciados como algunos de los factores más relevantes.

Continuando con lo referente a las lesiones deportivas, La clasificación médica las ha establecido en dos categorías principales: aguda y crónica. Las lesiones agudas se definen como aquellas "caracterizadas por un inicio repentino, como

resultado de un hecho traumático" (AAOOS. 1991). Las lesiones agudas se asocian normalmente con hechos significativamente traumáticos, seguidos inmediatamente por un conjunto de signos y síntomas tales como dolor, hinchazón y pérdida de la capacidad funcional. En el caso de las lesiones agudas, la fuerza crítica se ha definido como la magnitud de una fuerza única con la cual se daña la estructura anatómica afectada" (Nigg y Bobbert, 1990).

Las lesiones crónicas se definen como aquellas "caracterizadas por un inicio lento e insidioso, que implica un aumento gradual del daño estructural" (AAFP. 1992). Las lesiones deportivas crónicas, en contraste con las de carácter agudo, no dependen de un único episodio traumático, sino que se desarrollan progresivamente. En muchos casos son propias de deportistas que practican actividades que requieren movimientos repetidos y continuos, como correr. En consecuencia, tales lesiones se llaman a veces lesiones por sobrecarga y presuponen que el deportista ha hecho, sencillamente, demasiadas repeticiones de una actividad dada. Las lesiones tendinosas por sobrecarga se producen cuando la sobrecargas superan la capacidad de los tejidos musculotendinosos para recuperarse (Hess y otros. 1989). Así, la actividad provoca un deterioro progresivo del tejido que termina en insuficiencia.

#### **1.1.4 LESIONES DEPORTIVAS- ARTICULACION DE RODILLA.**

Las Dras. Leída H. Góngora García, Cruz M. Rosales García, Isabel González Fuentes y Nayra Pujals Victoria (2003), afirman acerca de la rodilla, que es la articulación más grande del esqueleto humano; en ella se unen 3 huesos: el extremo inferior del fémur, el extremo superior de la tibia y la rótula (aumenta el brazo de palanca del aparato extensor de la rodilla). Constituye una articulación

de suma importancia para la marcha y la carrera, que soporta todo el peso del cuerpo en el despegue y la recepción de saltos.

Su mecánica articular resulta muy compleja, pues por un lado ha de poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso corporal sobre un área relativamente pequeña; pero al mismo tiempo debe estar dotada de la movilidad necesaria para la marcha y la carrera y para orientar eficazmente al pie en relación con las irregularidades del terreno.

#### **1.1.4.1 Anatomía de la rodilla.**

La rodilla se clasifica como biaxial y condílea, en la cual una superficie cóncava se desliza sobre otra convexa alrededor de 2 ejes. Como superficies articulares presenta cóndilos del fémur, superficie rotuliana del fémur, carilla articular de la rótula y meniscos femorales (estructuras cartilaginosas que actúan como cojinetes, amortiguando el choque entre el fémur y la tibia). La cápsula articular es grande y laxa, y se une a los meniscos.

Por otro lado, conviene destacar que otros anatomistas sostienen que la articulación de la rodilla está compuesta, desde el punto de vista morfológico,

por la yuxtaposición de dos articulaciones secundarias: la femorrotuliana (que es troclear) y la femorotibial (que es condílea con meniscos interpuestos), la primera de las cuales constituye una articulación por deslizamiento; protege por delante el conjunto articular y; elevando al mismo tiempo al músculo cuádriceps, permite que las tracciones de este sobre la tibia tengan lugar con un cierto ángulo de inclinación y no en sentido paralelo, pues así aumenta su poder de tracción.

Con respecto a la articulación femorotibial puede decirse que el menisco articular la divide en 2 cámaras: la proximal o superior, que corresponde a la articulación femoromeniscal, responsable de los movimientos de flexión y extensión de la pierna; y la distal o inferior, que corresponde a la articulación meniscotibial y permite los movimientos de rotación de la pierna.

La rodilla humana está construida normalmente con un cierto grado de valgismo. Ello significa que estando extendido el miembro inferior, los ejes del fémur y de la tibia no se continúan en línea recta, sino que forman un ángulo obtuso abierto hacia afuera (ángulo femorotibial).

Este ángulo de divergencia de los 2 huesos que constituyen la articulación mide, como término medio, de 170 a 177°. Conviene distinguir desde el punto de vista de construcción de la rodilla humana, el eje anatómico o diafisario del fémur (línea que une el centro de la escotadura intercondílea con el vértice del trocánter mayor) del llamado eje mecánico o dinámico de este, que es la línea que une el centro de la cabeza femoral con el centro anatómico de la rodilla y el centro de la articulación tibiotarsiana; este último eje representa la línea de apoyo o gravedad de toda la extremidad inferior. En los individuos normales, el eje mecánico o dinámico pasa por el centro de la articulación, o bien un poco por dentro (cóndilo interno), o un poco por fuera (cóndilo externo). No sucede lo

mismo en las desviaciones patológicas conocidas como *genu valgum* y *genu varum* (ver más adelante). En estos casos, la línea pasa completamente por fuera (*genu valgum*) o por dentro de la rodilla (*genu varum*).

Posee un fuerte aparato ligamentoso, cuyos ligamentos son: colateral tibial o interno y fibular o externo, transverso de la rodilla, meniscofemoral anterior y posterior, así como cruzados anterior y posterior.

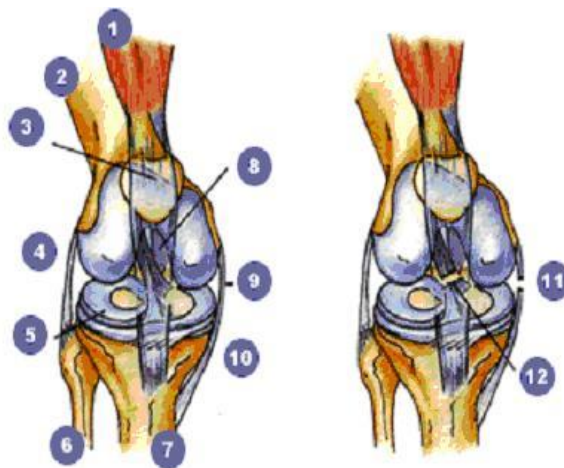


Figura. Vista anterior de la articulación de la rodilla

1.-Cuadriceps (*recto femoral*), 2.-Fémur, 3.-Rótula, 4.-Lig. colateral peroneo, 5.-Menisco lateral, 6.-Peroné, 7.-Tibia, 8.-Lig. cruzado posterior, 9.-Lig. colateral tibial 10.-Lig. cruzado anterior, 11.-Lig. Interno Izquierdo roto, 12.-Lig. cruzado anterior roto

#### **1.1.4.2 Mecánica articular.**

La articulación de la rodilla puede permanecer estable cuando es sometida rápidamente a cambios de carga durante la actividad, lo cual se conoce como estabilidad dinámica de la rodilla y es el resultado de la integración de la geometría articular, restricciones de los tejidos blandos y cargas aplicadas a la articulación a través de la acción muscular y el punto de apoyo que sostiene el peso.

La arquitectura ósea de la rodilla suministra una pequeña estabilidad a la articulación, debido a la incongruencia de los cóndilos tibiales y femorales; sin embargo, la forma, orientación y propiedades funcionales de los meniscos mejora la congruencia de la articulación y puede suministrar alguna estabilidad, que es mínima considerando los grandes pesos transmitidos a través de la articulación. La orientación y propiedades materiales de los ligamentos, cápsula y tejidos musculotendinosos de la rodilla contribuyen significativamente a su estabilidad.

Los ligamentos de la rodilla guían los segmentos esqueléticos adyacentes durante los movimientos articulares y las restricciones primarias para la traslación de la rodilla durante la carga pasiva. Las restricciones de fibras de cada ligamento varían en dependencia del ángulo de la articulación y el plano en el cual la rodilla es cargada. La estabilidad de la rodilla está asegurada por los ligamentos cruzados anterior y posterior y los colaterales interno (tibial) y externo (peroneo). El ligamento cruzado anterior (LCA) tiene la función de evitar el desplazamiento hacia delante de la tibia respecto al fémur; el cruzado posterior (LCP) evita el desplazamiento hacia detrás de la tibia en relación con el fémur, que a 90° de flexión se verticaliza y tensa y por ello es el responsable del deslizamiento hacia atrás de los cóndilos femorales sobre los platillos



tibiales en el momento de la flexión, lo cual proporciona estabilidad en los movimientos de extensión y flexión.

Los ligamentos laterales brindan una estabilidad adicional a la rodilla; así, el colateral externo o peroneo (LLE), situado en el exterior de la rodilla, impide que esta se desvíe hacia adentro, mientras que el colateral interno o tibial (LLI) se sitúa en el interior de la articulación, de forma que impide la desviación hacia afuera.

Consecuentemente, en la mayoría de los casos hay muchos ligamentos que contribuyen sinérgicamente a la estabilidad dinámica de la rodilla; mientras que los esfuerzos combinados de ligamentos y otros tejidos blandos suministran a la rodilla buena estabilidad en condiciones cuando las cargas aplicadas a la articulación son moderadas, la tensión aplicada a estos tejidos durante alguna actividad agresiva (detener o cambiar con rapidez la dirección en ciertos deportes) suele exceder a su fuerza. Por esta razón se requieren fuerzas estabilizadoras adicionales para mantener la rodilla en una posición donde la tensión en los ligamentos permanezca dentro de un rango seguro. Las fuerzas compresivas de la rodilla, resultantes del soporte del peso del cuerpo y las cargas aplicadas a los segmentos articulares por actividad muscular, suministran estas fuerzas estabilizadoras.

La articulación de la rodilla realiza fundamentalmente movimientos en 2 planos perpendiculares entre sí: flexoextensión en el plano sagital (eje transversal) y rotación interna y externa en el plano transverso (eje vertical).

Para los movimientos debe tenerse en cuenta que el espesor y volumen de un ligamento son directamente proporcionales a su resistencia e inversamente proporcionales a sus posibilidades de distensión.

Durante la flexión la cara posterior de la pierna se aproxima a la cara posterior del muslo, sucede lo contrario durante el movimiento de extensión.

A partir de la posición  $0^\circ$  (posición de reposo: cuando el muslo y la pierna se prolongan entre sí en línea recta, formando un ángulo de  $180^\circ$ ), la flexión de la pierna alcanza por término medio  $130^\circ$ ; pero el límite máximo de la amplitud de ese movimiento no es este, pues tomando el pie con una mano puede ampliarse.

La flexoextensión de la rodilla resulta de la suma de 2 movimientos parciales que ejecutan los cóndilos femorales: un movimiento de rodado, similar al que realizan las ruedas de un vehículo sobre el suelo y un movimiento de deslizamiento de aquellos sobre las cavidades glenoideas; este último de mayor amplitud que el primero.

El movimiento de rotación o rodado tiene lugar en la cámara femoromeniscal; y la fase de deslizamiento, en la meniscotibial.

En los movimientos de flexoextensión, la rótula se desplaza en un plano sagital. A partir de su posición de extensión, retrocede y se desplaza a lo largo de un arco de circunferencia, cuyo centro está situado a nivel de la tuberosidad anterior de la tibia y cuyo radio es igual a la longitud del ligamento rotulando. Al

mismo tiempo, se inclina alrededor de  $35^{\circ}$  sobre sí misma, de tal manera que su cara posterior, que miraba hacia atrás, en la flexión máxima está orientada hacia atrás y abajo; por tanto, experimenta un movimiento de traslación circunferencial con respecto a la tibia.

Limitantes de la flexión: a) Distensión de los músculos extensores (cuádriceps crural); b) por la masa de los músculos flexores en el hueco poplíteo; y c) El segmento posterior de los meniscos.

Limitantes de la extensión: a) Distensión de los músculos flexores; b) el segmento anterior de ambos meniscos; c) la distensión de la parte posterior del manguito capsuloligamentoso; d) los 2 ligamentos laterales, que al estar situados por detrás del eje de movimientos, se ponen cada vez más tensos a medida que el movimiento de extensión progresa.

En la fase de postura, la flexión de la rodilla funciona como un amortiguador para ayudar en la aceptación del peso

La función de los ligamentos cruzados en la limitación de los movimientos angulares de la rodilla varía, según la opinión de los diferentes autores.

2. Movimientos de rotación de la rodilla: Consisten en la libre rotación de la pierna, o sea, en que tanto la tibia como el peroné giran alrededor del eje longitudinal o vertical de la primera, en sentido externo o interno.

La rodilla puede realizar solamente estos movimientos de rotación cuando se encuentra en posición de semiflexión, pues se producen en la cámara distal de la articulación y consisten en un movimiento rotatorio de las tuberosidades de la tibia, por debajo del conjunto meniscos-cóndilos femorales.

En la extensión completa de la articulación, los movimientos de rotación no pueden realizarse porque lo impide la gran tensión que adquieren los ligamentos laterales y cruzados.

La máxima movilidad rotatoria activa de la pierna se consigue con la rodilla en semiflexión de 90°. La rotación externa es siempre más amplia que la interna (4 veces mayor, aproximadamente).

En la rotación interna, el fémur gira en rotación externa con respecto a la tibia y arrastra la rótula hacia afuera: el ligamento rotuliano se hace oblicuo hacia abajo y adentro. En la rotación externa sucede lo contrario: el fémur lleva la rótula hacia adentro, de manera que el ligamento rotuliano queda oblicuo hacia abajo y afuera, pero más oblicuo hacia fuera que en posición de rotación indiferente.

La capacidad de rotación de la articulación de la rodilla confiere a la marcha humana mayor poder de adaptación a las desigualdades del terreno y, por consiguiente, mayor seguridad. Los movimientos de rotación desempeñan también una función importante en la flexión de las rodillas,

cuando se pasa de la posición de pie a la de cuclillas. La capacidad de rotación de la rodilla permite otros muchos movimientos, por ejemplo: cambiar la dirección de la marcha, girar sobre sí mismo, trepar por el tronco de un árbol y tomar objetos entre las plantas de los pies.

Por último, existe una rotación axial llamada "automática", porque va unida a los movimientos de flexoextensión de manera involuntaria e inevitable. Cuando la rodilla se extiende, el pie se mueve en rotación externa; a la inversa, al flexionar la rodilla, la pierna gira en rotación interna. En los movimientos de rotación axial, los desplazamientos de la rótula en relación con la tibia tienen lugar en un plano frontal; en posición de rotación indiferente, la dirección del ligamento rotuliano es ligeramente oblicua hacia abajo y afuera.

Los 2 ligamentos cruzados limitan el movimiento de rotación interna, que aumentan su cruzamiento, y deshacen este último cuando la pierna rota internamente, por lo que no pueden restringir este movimiento de manera alguna. El movimiento de rotación externa es limitado por el ligamento lateral externo, que se tuerce sobre sí mismo, y por el tono del músculo poplíteo.

Al igual que sucede en los movimientos de flexoextensión, los meniscos también se desplazan en el curso de los movimientos rotatorios de la pierna; desplazamientos en los cuales reside la causa de su gran vulnerabilidad.

Las lesiones meniscales solamente se pueden producir, según esto, en el curso de los movimientos articulares, y no cuando la rodilla se encuentra bloqueada en extensión.

Combinaciones incoordinadas de los movimientos de rotación (sobre todo la interna), que hundan el menisco en el ángulo condilotibial, punzándole, con los de flexión y extensión, son causantes de tales lesiones meniscales.

#### **1.1.4.3 Desplazamientos en la articulación femorrotuliana.**

El movimiento normal de la rótula sobre el fémur durante la flexión es una traslación vertical a lo largo de la garganta de la tróclea y hasta la escotadura intercondílea. El desplazamiento de la rótula equivale al doble de su longitud (8 cm) y lo efectúa mientras gira en torno a un eje transversal; en efecto, su cara posterior, dirigida directamente hacia atrás en posición de extensión, se orienta hacia arriba cuando la rótula, al final de su recorrido, se aplica en la flexión extrema, debajo de los cóndilos, por lo cual se trata de una traslación circunferencial.

#### **1.1.4.4 Desplazamientos de la rótula sobre la tibia.**

Es posible imaginarse la rótula incorporada a la tibia para formar un olécranon como en el codo; disposición que al impedir todo movimiento de la rótula en

relación con la tibia, limitaría de modo notable su movilidad e inhibiría incluso cualquier movimiento de rotación axial.

La rótula efectúa 2 clases de movimientos con respecto a la tibia, según se considere la flexión-extensión o la rotación axial.

Las fuerzas que actúan sobre la rodilla durante la marcha son: el peso del cuerpo, equilibrado con la fuerza de reacción del suelo y las contracciones de los grupos musculares, que originan un movimiento entre los elementos articulares mediante el desplazamiento de las superficies articulares entre sí, producido por el par de fuerzas generado por el peso del cuerpo y las contracciones musculares. La fuerza resultante que cierra y equilibra al sistema que actúa sobre la articulación, sin producir movimiento, es la fuerza de reacción articular que comprime las superficies articulares entre sí.

Durante las actividades del miembro inferior se generan fuerzas en la rodilla: una de ellas en la articulación femorrotuliana y otra en la femorotibial, que a su vez puede descomponerse en un componente en el compartimento medial y otro en el lateral. Dichas fuerzas son las causantes del daño progresivo de las superficies articulares, al ir lesionando la estructura del cartílago con sus componentes de compresión, fundamentalmente, y de cizallamiento; este último se desprecia en los estudios biomecánicos, por ser prácticamente inexistente, debido al bajísimo coeficiente de fricción cartílago-cartílago que obedece, por un lado, a las propiedades viscoelásticas de este y, por otro, a la lubricación proporcionada por el líquido sinovial.

La articulación femorotibial (FT) posee un movimiento tridimensional y, por tanto, 3 componentes de giro: angulación varovalgo (plano frontal, eje anteroposterior), rotación (plano transversal, eje vertical) y flexoextensión (plano sagital, eje transversal). También tiene 3 componentes de desplazamiento: mediolateral, anteroposterior y compresión-separación, de los cuales solo es trascendente el segundo en un mecanismo combinado con el rodamiento de los cóndilos femorales sobre la tibia, guiado por el ligamento cruzado posterior, que predomina en los primeros grados de flexión y el desplazamiento al final de esta. El desplazamiento mediolateral resulta mínimo, atribuible a la congruencia articular proporcionada por los meniscos y las partes blandas (ligamentos y contracción muscular).

El movimiento de rotación suele ser generalmente automático e involuntario y de un orden de magnitud poco importante (nulo en extensión completa, con máximo de 10 a 90° de flexión); así pues, el movimiento principal es el de flexoextensión.

Conviene señalar que el grado de flexión de la rodilla en un ciclo de marcha, varía a lo largo de dicho ciclo, pero nunca logrará estar completamente extendida. Este movimiento de flexoextensión funciona como un helicoides y no como una bisagra simple, pues existe una combinación de flexoextensión con rotaciones, debida a la mayor dimensión proximodistal del cóndilo medial respecto al lateral.

Asimismo, para el movimiento de flexión, el deslizamiento anteroposterior femorotibial aumenta la potencia del aparato extensor hasta en 30 %, al obtener un momento mecánico más favorable.



Por el mecanismo de rotación automática descrito anteriormente sucede el fenómeno conocido como auto atornillamiento, que produce el bloqueo femorotibial en extensión completa y aumenta la estabilidad articular, entre otras situaciones, en el instante del apoyo del talón en la marcha. Dicho mecanismo tiene lugar mediante la rotación externa progresiva, con la extensión de la rodilla en fase de balanceo, y provoca el bloqueo progresivo en los últimos 15° de extensión.

El centro instantáneo de rotación de la articulación FT para la flexoextensión se encuentra, en condiciones normales, en el fémur, aproximadamente en la inserción de los ligamentos colaterales en la perpendicular al punto de contacto y va desplazándose dorsalmente con la flexión, en una línea curva suave de concavidad craneal; tal desplazamiento es explicable, entre otros factores, por el deslizamiento femoral sobre la tibia durante la flexión. A causa de esta variación, los diferentes grupos musculares van variando su momento en un sentido que favorece su funcionalismo.

Después de describir ampliamente todo lo relacionado con la articulación de rodilla, son varios los especialistas que se encuentran de acuerdo con respecto a la complejidad de esta articulación, y aseguran que es la más expuesta y menos protegida contra las lesiones mecánicas; razón por la cual experimenta numerosos traumatismos.

Dentro de los tantos estudios que se han realizado y que han permitido determinar la vulnerabilidad de la rodilla a las lesiones deportivas se encuentra el grupo suizo Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports (2008)

después de analizar datos estadísticos acerca de las lesiones de 12 deportes con el fin de determinar la frecuencia de los problemas de rodilla y establecer, además, comparaciones entre su incidencia en jóvenes de ambos sexos, concluyeron que de todas las articulaciones del deportista, la rodilla es la que se lesiona con mayor frecuencia, por un lado, se trata de la articulación más grande del organismo y está sometida a un enorme trabajo en la mayoría de los deportes, por otro lado, es en realidad, una zona con estructuras débiles si las comparamos con la potencia de los músculos que la rodean.

De igual forma la rodilla es susceptible de sufrir muchos problemas agudos, como suelen ser las roturas de ligamentos, pero, también, padece lesiones como consecuencia de sobrecargas, que comienzan con un leve dolor pero evolucionan de forma progresiva hasta convertirse en daños crónicos.

Para continuar se presentan los porcentajes de una investigación realizada por el comité olímpico internacional (C.O.I) del año 2000, en donde se demuestra la alta prevalencia de lesión en la articulación de la rodilla y varias estructuras que la componen.

**Tabla 1. Localización anatómica de lesiones en MMII en deporte (Año2000)**

<b>LOCALIZACIÓN</b>	
Muslo	40 (29%)
Rodilla	51 (37%)
Pierna	6 (4%)
Tobillo	37 (27%)
Pie	5 (4%)
Total	139(67%)

**Publicación de la Comisión médica del COI en colaboración con la federación internacional de medicina deportiva.**

**Tabla 2. Lesiones de la rodilla, deporte en general**

LESIONES	INCIDENCIA (PORCENTAJE)
<b>ESGUINCES</b>	
Lesiones en el Ligamento	17 (47%)
Cruzado Anterior	
Lesiones en el Ligamento	10 (28%)
Colateral Medial	
Lesiones en el Ligamento	2 (5%)
Colateral Lateral	
Lesiones en el Ligamento	1 (3%)
Cruzado Posterior	
Otros	6 (17%)
<b>LESIONES DE MENISCO</b>	
Menisco Medial	7 (78%)
Menisco Lateral	2 (22%)
<b>LESIONES MÚSCULO TENDINOSAS</b>	
Contusiones Musculares	6 (12%)
Distensiones Musculares	40 (78%)
Tendinitis	5 (10%)

## 1.2 DEPORTE

Del mismo modo que la actividad física representa aspectos relacionados a la salud y el desempeño del rol social a través del movimiento, se puede incluir al deporte como una amplia y rica gamma de dichos movimientos que de igual forma pueden o no contribuir a la representación de la actividad física; según nuestro contexto el Instituto Colombiano del deporte COLDEPORTES considera el deporte como toda actividad que se caracteriza por tener un requerimiento social, físico o motriz, por estar institucionalizado (federaciones, clubes, ligas), que requieren competición con uno mismo o con los demás y poseen un conjunto de reglas perfectamente definidas, el deporte va más allá de lo que se comprende en relación al desarrollo físico, este representa el desarrollo intelectual y socio afectivo, supera el simple análisis que se refiere al punto de vista biológico, y con mayor razón se debe asumir desde la repercusión que la misma posee sobre todas las dimensiones del ser humano.

Lo anterior corresponde al concepto de deporte en general pero haciendo un enfoque un poco más hacia donde se dirige este proyecto debemos tener muy en cuenta que se trabajará desde un alto rendimiento deportivo, el cual en la actualidad es considerado de interés para cualquier estado, en tanto que constituye un factor esencial en el desarrollo económico, social, político y cultural por el estímulo que supone para el fomento del deporte base, en virtud de las exigencias técnicas y científicas de su preparación y por su función representativa dentro de cada contexto.

Al deporte se le atribuye una serie de beneficios que se dan de forma individual y colectiva, pero de igual manera se han de tener presentes los

aspectos negativos que este acarrea y que afectan a cada deportista, más concretamente lo relacionado con las lesiones, traumas e incapacidades debido a un sin número de factores que acrecientan este tipo de complicaciones que en último requieren la atención médica y tratamiento fisioterapéutico lo que conlleva a una elevada incidencia de las lesiones y traumatismo deportivo, con las secuelas graves sobre la salud de los deportistas.

En tanto se hace necesario promocionar, prevenir y aplicar estrategias o alternativas que permitan a una población específica de personas en este caso deportistas en la disciplina de halterofilia de la liga del departamento del Cauca, dado que su práctica deportiva puede traer posibles alteraciones a corto mediano o largo plazo que generen complicaciones funcionales en los diferentes momentos de su entrenamiento, en este caso particular a nivel osteomuscular en rodillas; por lo cual es conveniente analizar sobre la biomecánica de su articulación en la acción del gesto técnico arranque en halterofilia, ya que además de describir los rangos de movimiento, permita revelar posibles alteraciones anatómicas en esta articulación.

### **b1.2.1 Halterofilia**

Ahora bien, para continuar se precisará acerca de la halterofilia o levantamiento olímpico de pesas es un deporte consistente en el levantamiento de la mayor cantidad de peso posible en una barra, en cuyos extremos se fijan varios discos, los cuales determinan el peso final a levantar. A dicho conjunto se denomina haltera. (*González Rodríguez, 2000, p.6*)

Existen dos modalidades de competición: arranque y dos tiempos. En la primera, se debe elevar, sin interrupción, la barra desde el suelo hasta la total extensión de los brazos sobre la cabeza. En la segunda, se ha de conseguir lo mismo, pero se permite una interrupción del movimiento cuando la barra se encuentra a la altura de los hombros.

Son dos las técnicas utilizadas en la práctica de la halterofilia: arranque y envión, en donde el **arranque** será el objeto de estudio a investigar para su análisis dentro de la biomecánica de la acción del gesto deportivo, esta modalidad consiste en realizar el levantamiento en un solo movimiento, que a su vez está dividido en tres fases, que son la inicial, principal y final (Tosi, Rodrigo N, 2000 p.83).

- **Fase Inicial:** La barra está colocada horizontalmente delante de las piernas del levantador, cuyos pies quedan paralelos entre sus piernas, con una separación similar al ancho de la cadera; las piernas se ubican entre los brazos, inclinadas hacia delante, tocando ligeramente la barra; la espalda recta o ligeramente hiperextendida; la cabeza extiende la línea de la espalda, con la mirada al frente; los brazos están completamente extendidos. Así, la barra se toma colocando el dedo pulgar entre la barra y los dedos índices y medio. Adoptada esta posición empieza la salida, extendiendo las rodillas hasta quedar las tibias perpendiculares al piso, los hombros situados lo más adelante posible, la cabeza algo levantada, los brazos extendidos y la cadera elevada con respecto a la posición inicial. Una vez que la barra pasa la altura de las rodillas, éstas vuelven a flexionarse, adelantándose y colocándose debajo de la barra. La barra se ve bruscamente integrada al centro de gravedad. Se produce una violenta extensión conjunta de

rodillas, caderas y tobillos, los hombros se elevan y los brazos se flexionan con los codos apuntando hacia arriba y las muñecas flexionadas ligeramente hacia adentro, la barra bruscamente acelerada asciende lo más posible junto al cuerpo hasta la altura del esternón.



“Si bien es cierto, que salvo los ejercicios clásicos del levantamiento de pesas, la sentadilla es el ejercicio que más esfuerzo genera en las rodillas” (O'shea, 1984, p.8)

- **Fase Principal.** Mientras que la inercia de la fase anterior hace alcanzar a la barra su altura máxima, el atleta debe descender rápidamente debajo de esta produciéndose así la inversión del movimiento. Sus pies se separan simétricamente hasta casi la altura de los hombros, la cadera descende y se adelanta hasta sentarse casi sobre los talones, la espalda fuertemente contraída e híper extendida y la cabeza recta; así la barra queda ligeramente detrás de la cabeza, en tanto que los brazos están firmemente extendidos sobre la cabeza.



- **Fase Final.** Comprende la extensión de las rodillas y la cadera. Al terminar la acción, el deportista queda de pie con la barra firmemente colocada sobre la cabeza, con los brazos extendidos.



“La sentadilla ha sufrido innumerable cantidad de críticas y se le acusa de producir lesiones en la articulación de la rodilla” (Klein, 1994, p.8).



### 1.2.2 BIOMECANICA

Se puede pensar, que los componentes anatómicos del aparato locomotor son elementos mecánicos de una máquina adaptada al movimiento. Como se demuestra en cada una de las fases de la modalidad de arranque en Halterofilia de esta forma, se equipa cada elemento anatómico a un



componente mecánico responsable de un cometido preciso en el desarrollo del movimiento. A partir de la función que el elemento anatómico cumple y de su forma se puede deducir el equivalente mecánico. Es útil observar como la forma y la función se hayan estrechamente relacionadas, este concepto pone de manifiesto la unión existente entre la física, la anatomía y la fisiología; siendo la estructura a la función de los elementos mecánicos del cuerpo y en la cual los licenciados en educación física logren realizar estudios pertinentes en cuanto al adecuado movimiento del cuerpo ante el deporte.

### **1.2.2 1 Gesto Deportivo**

Hoy en día el deporte ha sido estudiado e investigado desde los más variados enfoques que dan a conocer una serie de elementos indispensables para la realización de este, es así como los elementos mecánicos de las técnicas deportivas, elementos cinéticos, fisiológicos, biomecánicos y todo un sin fin de características y variables de todo tipo y en el mundo del deporte incorporan una conducta deportiva, la cual es ampliada por diferentes investigadores y que se refiere concretamente al gesto deportivo. Siendo la forma expresiva de los gestos deportivos en sus múltiples y variadas modalidades, que hacen del deporte la más rica gama del movimiento humano. Conocida y aceptada esta representación expresiva del gesto, el deportista debe asumirla de manera consciente para así poder usarla en beneficio del rendimiento deportivo y en el control de su propio mundo emocional.

Todo deportista necesita tener un conocimiento de su cuerpo y un control muy preciso de sus movimientos para ejecutar correctamente el gesto deportivo. En el deportista la prevención es básica y su valoración está encaminada a detectar anomalías estructurales o funcionales que podrían derivar en

patologías y a detectar lesiones que se verían agravadas con el esfuerzo. Para llegar a esa prevención se puede recurrir a una valoración que no siempre es fácil pero sí necesaria. Un buen estudio de la postura nos ayuda a valorar los diferentes receptores sensoriales que intervienen en la regulación de la postura acercándose a la causa del problema, siendo una herramienta muy útil en la prevención y tratamiento de lesiones en deportistas.

### **1.2.2.2 Postura**

Realizando un estudio con lo referente a la postura de la que se ha venido hablando; desde el punto de vista de la quinesiología, la postura es un indicador de la eficacia mecánica del equilibrio muscular y de la coordinación neuromuscular.

La postura es la relación de las posiciones de todas las articulaciones del cuerpo y su correlación entre la situación de las extremidades con respecto al tronco y viceversa. O sea, es la posición del cuerpo con respecto al espacio que le rodea y como se relaciona el sujeto con ella y esta influenciada por factores: culturales, hereditarios, profesionales, hábitos (pautas de comportamiento), modas, aspectos psicológicos, fuerza, flexibilidad, etc.

Souchard establece la reeducación postural global estimando que “nuestro cuerpo se encuentra en una oscilación permanente de manera que se hace necesario un ajuste postural continuo a fin de recuperar el equilibrio y mantener nuestro centro de gravedad alineado con el punto situado en medio de nuestros dos pies” (1998, p.2).

La necesidad de mantener un adecuado ajuste postural descrito por Souchard, se puede complementar con una serie de criterios mecánicos existentes para una postura ideal que de cierta forma se expresa como la mínima tensión y rigidez que permite la máxima eficacia y a la vez un gasto de energía mínimo. Es aquella que para desarrollar una función articular eficaz, necesita flexibilidad suficiente en las articulaciones de carga para que la alineación sea buena y esté asociada a una buena coordinación, a los gestos elegantes y a la sensación de bienestar.

Con todo lo anterior se da a entender que los seres humanos aplican unos mecanismos reguladores en contra de la gravedad en los que se emplea o consume muy poca energía para mantener la posición de bipedestación, pues uno de los factores que hace posible esta economía energética, es el papel que desempeñan los ligamentos para sostener y mantener la integridad de las articulaciones. De igual forma el ser humano desarrolla unos músculos capaces de vencer la gravedad denominados músculos de la estática o músculos tónicos. Este sistema nos garantiza totalmente nuestra estabilidad.

Por otra parte, el desplazamiento es posible gracias a la contracción de los músculos dinámicos y también de los estáticos, la contracción de los músculos estáticos es de menor amplitud. Sus fibras se encuentran en un estado de contracción permanente, incluso en estado de reposo; Por el contrario, los músculos de la dinámica no funcionan así ya que cuando cesa su contracción regresan a la posición de relajación por qué no son indispensables para el mantenimiento de la postura.

En tanto al establecer la relación de la postura de tipo dinámica, es decir la que se da al ejercer el movimiento, en este caso el gesto técnico de arranque en Halterofilia en concordancia con el análisis de la biomecánica de la articulación de la rodilla en dicho gesto, se ha de comprobar por medio la información recolectada como es de gran importancia el adquirir y desarrollar una adecuada postura tanto al inicio como al final de dicho movimiento contribuyendo esta a un buen desarrollo deportivo y funcional, de manera que le permita disminuir posibles factores que conllevarían a acarrear alteraciones osteomusculares en la articulación de la rodilla.

En conclusión, el proyecto a desarrollar tiene como intención analizar mediante el estudio del gesto técnico en este caso el arranque en el movimiento de halterofilia, la función que cumplen los elementos anatómicos en relación de un equivalente mecánico en la incorporación de una óptima conducta deportiva, además reflejar aspectos tanto positivos como negativos relacionados con la temática de la salud y el deporte, con propósitos de promoción y prevención que generen bienestar para los deportistas pertenecientes a la liga de halterofilia de Cauca.

## **2. AREA PROBLEMICA**

La halterofilia es un deporte que se ha destacado desde sus inicios en campeonatos mundiales como en olimpiadas, pero de igual forma ha sido materia de discusión entre algunos investigadores, pues la ejecución de sus movimientos y al levantar grandes cantidades de peso representados en kilogramos pueden ocasionar algún tipo de lesión osteomuscular, ya sea por la

mala ejecución del movimiento (error en la técnica) llevando a posturas inadecuadas durante el gesto que pueden generar riesgos al deportista.

De acuerdo a investigaciones relacionadas con el tema y estudios recientes dentro del contexto nacional como los realizados por Cevallos quien afirma que “el levantamiento de pesas es un deporte en el que se presenta una alta prevalencia de lesión osteomuscular especialmente en rodilla y columna lumbar (32% y 30% respectivamente)” (2005, p.61). teniendo en cuenta esta alta incidencia de lesiones debido a los múltiples momentos que se presentan dentro de la práctica del levantamiento de pesas y según lo expuesto por las doctoras Ledia H. Góngora García, Cruz M. Rosales García, Isabel Gonzales Fuentes y Nayra Pujols Victoria quienes manifiestan que:

*“la articulación de la rodilla es la más expuesta y menos protegida contra las lesiones mecánicas; razón por la cual experimenta numerosos traumatismos, con respecto a la mecánica articular, resulta que la rodilla es uno de los elementos más complejos del cuerpo humano, debido a su diseño, y su articulación está dotada de un solo sentido de libertad de movimiento: la flexión-extensión, aunque de manera accesoria posee un segundo sentido de libertad: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que solo aparece cuando la rodilla se encuentra flexionada” (2003, p.7)*

La articulación de la rodilla constituye uno de los elementos más complejos del cuerpo humano, en tanto todas las estructuras que la componen (ligamentos, meniscos, etc.) proporcionan amplia libertad de movimiento y estabilidad, sobre todo en extensión completa; posición en la que soporta grandes presiones, debidas al peso del cuerpo, en tanto a la exposición que se encuentra la rodilla

a lesiones mecánicas el grupo de doctoras destacan que al igual que sucede en los movimientos de flexo extensión, los meniscos se desplazan en el curso de los movimientos rotatorios de la pierna; desplazamientos en los cuales reside la causa de su gran vulnerabilidad.

Las lesiones meniscales solamente se pueden producir, según esto, en el curso de los movimientos articulares, y no cuando la rodilla se encuentra bloqueada en extensión.

Combinaciones incoordinadas de los movimientos de rotación (sobre todo la interna), que hundan el menisco en el ángulo condilotibial, punzándole, con los de flexión y extensión, son causantes de tales lesiones meniscales.

Por otra parte el deportólogo Hermes Romero en su artículo Biomecánica de las Lesiones Articulares en el Entrenamiento con Pesos se refiere a:

*“la rodilla como la más compleja articulación del cuerpo humano, y con respecto con su propensión de causas físico-anatómicas a sufrir una amplia gama de lesiones diversas. Las estructuras limitantes que posee la rodilla, para reducir su acción a un grado de libertad de movimientos (flexión-extensión), son prácticamente los ligamentos por si solos. Los colaterales, que evitan inflexiones en el plano frontal y los cruzados que evitan las posibles torceduras en cualquier dirección, además, la masa corporal recae directamente sobre los meniscos que son estructuras fibrocartilaginosas de amortiguación, los que deben soportar en ocasiones el peso de todo nuestro cuerpo multiplicado varias veces.*

*Todo el peso desde las rodillas hacia arriba y las fuerzas externas relacionadas a él en su efecto dinámico recaen directamente sobre las estructuras que se expusieron anteriormente, sobre todo las fuerzas rotacionales generadas en la mayoría de los complejos movimientos deportivos” (2002, p.8).*

De acuerdo a todo lo anterior se puede entender como las estructuras que posee la articulación de la rodilla están predispuestas a lesión mecánica, aun mas teniendo en cuenta lo expuesto por Hermes Romero al mencionar los movimientos deportivos, por tal motivo resulta importante desarrollar un análisis detallado apoyado por la ciencia de la biomecánica más exactamente en la articulación de la rodilla con respecto al gesto técnico de arranque en halterofilia, ya que dicho gesto implica en un solo movimiento la flexo-extensión de las rodillas en donde el deportista intenta levantar un peso externo representado en kilogramos por una barra y una serie de discos a cada lado. Por todo esto se ve pertinente realizar un estudio que involucre a dichos deportistas y mejor aun dentro del contexto local (liga de pesas del departamento del Cauca), en el que sea posible identificar además de sus rangos de movimiento probables factores de riesgo de lesión deportiva en esta articulación que comprometan el buen desarrollo funcional de los deportistas tanto en su práctica deportiva como en actividades de su vida cotidiana.

### 3. ANTECEDENTES

#### Internacionales.

- “aprendizaje motor de la técnica deportiva a través del entrenamiento” (2002), realizado por el grupo de investigación ciencias del deporte de la Universidad de Extremadura España, se enfatizo en la biomecánica deportiva dentro del deporte de alto rendimiento, como elemento indispensable en el aprendizaje motor de la técnica deportiva a través del entrenamiento deportivo.

- 

Entre los objetivos propuestos, tenían la optimización de la técnica deportiva, la prevención de las lesiones y el diseño de complementos deportivos de altas prestaciones según criterios biomecánicos, con tal de que los deportistas llegaran a su máximo rendimiento lo antes posible.

- “estudio del movimiento de arranque en halterofilia durante ciclos de repeticiones de alta intensidad mediante análisis biomecánico” (2004), realizado por Campos, J.\*; Poletaev, P.\*\*; Cuesta A. \*; Pablos, C.\*; & Tébar, J.\* docentes de la Universidad de Valencia e integrantes de la Federación Española de Halterofilia, este estudio se enfatizo en establecer que las actividades deportivas de carácter acíclico, como es el caso de los movimientos de halterofilia, el nivel de ejecución técnico constituye un elemento determinante de cara a obtener el alto rendimiento deportivo.



## **Nacionales.**

- “prevalencia de las patologías osteomusculares y sintomatología dolorosa en los levantadores de pesas participantes en los XVII juegos deportivos nacionales”. (2004) Realizado por Gómez L, se enfatizo en la alta prevalencia de lesión y sintomatología dolorosa en los levantadores de pesas colombianos, cuyos resultados demostraron que afectaban en mayor proporción el tronco, específicamente columna lumbar con un 38% y la rodilla en el miembro inferior, con un 33%
- “factores de riesgo posturales dinámicos y de la ejecución técnica para lesiones osteomusculares en levantadores de pesas”. Gómez L; Lenis M; Villalba A. (2004), se enfatizo tanto en la parte postural y en la forma de desplazamiento de la barra, en donde era evidente una serie de posturas inadecuadas durante el gesto, junto a otros errores de la técnica que aumentaban de manera significativa el riesgo de lesión osteomuscular.

Como objetivo general se propuso determinar los factores de riesgo posturales dinámicos y de la ejecución técnica, para lesiones osteomusculares de tronco y miembro inferior presentes en los levantadores de pesas participantes de los XVII juegos deportivos nacionales con base en el análisis cinemático.

- “incidencia de lesiones en mujeres que entrenan halterofilia”. (2005), Cevallos. F. tuvo como principal objetivo, el identificar las principales lesiones, que ocurren en el sexo femenino, que practican halterofilia.

A través de los resultados obtenidos, se puede determinar, que existe una mayor incidencia de lesiones en este deporte, por el nivel de intensidad y de fuerza que son sometidos las diferentes estructuras del cuerpo humano; 9 de las 10 seleccionadas evaluadas presentan patologías osteomioarticulares. La columna lumbar (lumbociatalgias) fue la zona más afectada (31,82%), seguida de las capsulitis de las muñecas (22,73%) y las tendinitis de las porciones largas y cortas de los bíceps braquiales, al llegar a los hombros (18,18%). La mayoría de lesiones son de tipo crónico y cerca de 6 deportistas presentaban más de dos lesiones en diferentes regiones de sus cuerpos.

#### **4. CONTEXTO**

##### **CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL DEL LEVANTAMIENTO DE PESAS (HALTEROFILIA)**

El desarrollo deportivo de la halterofilia se dio a partir de la primera Olimpiada moderna, celebrada en Atenas en 1896, esta fue incluida como deporte olímpico en 1928 en Ámsterdam se instituyeron tres modalidades: arranque, envión y fuerza. Actualmente se compite en dos, arranque y envión. En 1987 se celebró el primer campeonato de halterofilia femenina y el Comité Olímpico

Internacional aprobó en 1997 la participación de las mujeres en los Juegos Olímpicos. La halterofilia hace parte de los Juegos Bolivarianos desde el año 1938.

En el plano internacional la primera escuela de levantamiento de pesas fue fundada en Viena por Wilhelm Turk, a partir de este momento la halterofilia se ve respaldada por la organización del primer Campeonato Europeo celebrado en Róterdam en marzo de 1896, en ese mismo año, la halterofilia figuró en el programa de los primeros Juegos Olímpicos modernos de Atenas. El primer campeonato mundial se celebró en Viena en agosto de 1898. Las raíces de este deporte son por consiguiente profundas y la única razón por la que su progreso no haya sido más rápido a finales del pasado siglo (aunque por aquel entonces se celebrasen campeonatos) fue la falta de una organización rectora, lo que no sucedió hasta 1905, cuando fue fundada la Federación Internacional de Halterofilia hasta entonces estaba dirigida por la Federación Internacional de Lucha Libre.

Al ser incluida como deporte olímpico los participantes se dividieron en categorías según su peso: pluma, ligero, medio, semipesado y pesado. En 1928 en Ámsterdam se instituyeron tres modalidades: arrancada, desarrollo y tiempo. Más tarde en Munich 1972 se introdujeron nuevas categorías de peso, mosca y superpesado. Actualmente se compite en dos modalidades: arranque y envión.

En 1905 se fundó en París la Federación Internacional de Halterofilia (IWF), en la que se integraron inicialmente catorce países, a partir de esta fecha se fueron fundando Federaciones Nacionales. Desde la fundación de la IWF en 1920, la halterofilia ha sido transformada en varias ocasiones en busca del estado óptimo, y actualmente, cien años después de su inicio, su organismo

internacional cuenta con un total de 133 federaciones afiliadas, llegando a estar la IWF considerada como una de las seis federaciones deportivas internacionales más grandes del mundo.

Dentro del contexto nacional la federación colombiana de levantamiento de pesas se rige por medio del ente administrativo vinculado al Instituto Colombiano del Deporte COLDEPORTES, siendo la oficina de inspección, vigilancia y control quien por medio de la Ley 181 del 18 de enero de 1995, crea el Sistema Nacional del Deporte, con el fin de permitir el acceso de la comunidad al deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre, la educación extraescolar y la educación física.

Según el artículo 47 de la Ley 181 de 1995, establece como objetivo del Sistema Nacional del Deporte, generar y brindar a la comunidad oportunidades de participación en procesos de iniciación, formación, fomento y práctica del deporte, la recreación y el aprovechamiento del tiempo libre, como contribución al desarrollo integral del individuo y a la creación de una cultura física para el mejoramiento de la calidad de vida de los Colombianos.

El sistema nacional del deporte crea dentro de su estructura las organizaciones deportivas, siendo las federaciones su mayor ente deportivo, estas conformadas por asociaciones, estas por ligas y a su vez las ligas por clubes deportivos; las federaciones deportivas nacionales son organismos de derecho privado, constituidas como asociaciones o corporaciones por un número mínimo de ligas deportivas o asociaciones deportivas departamentales, para fomentar, patrocinar y organizar la práctica de un deporte y sus modalidades deportivas dentro del ámbito nacional e impulsaran programas de interés público y social.

Algo de gran importancia es que las federaciones deportivas adecuaran su estructura orgánica para atender el deporte aficionado y profesional separadamente y tendrán a su cargo el manejo técnico y administrativo de su deporte en el ámbito nacional y la representación internacional del mismo.

Con lo referente a la liga de pesas del departamento del Cauca, la cual fue fundada en el año de 1971, que en ese entonces contaba como presidente al señor Oscar Bonilla, dicho cargo es asumido en 1986 por el señor Silvio Orlando López. La liga ha contado con un gran número de entrenadores, de los cuales se puede destacar al profesor Oscar Guevara quien trabajo hasta 1985 y en su reemplazo asignan al profesor Armando López; en 1988 toma el cargo Claudio López y en el año 1989 hasta la fecha la liga cuenta con Alexander Guzmán Jiménez como entrenador a cargo.

Según la parte legal, se tiene que la liga de levantamiento de pesas cuenta con reconocimiento deportivo hasta el año 2012 asignado hasta la fecha el señor Rodolfo Antonio Jiménez como presidente.

La liga de levantamiento de pesas cuenta con un número promedio de 30 deportistas entre género femenino y masculino con sus respectivas categorías, entre las que se destacan ínter colegiados masculino que va desde 44kg hasta 56kg y femenino de los 62kg hasta más de 67kg en la categoría sub 17 en masculino de 50kg hasta más de 94kg y femenino de 44kg hasta más de 69kg; categoría sub 20 y mayores en hombres de 56kg hasta más de 105kg y en mujeres de 48kg hasta más de 75kg. Con un promedio de sesiones de

entrenamiento de 6 veces por semana y una intensidad de 2 horas y media por sesión.

Además de los aspectos deportivos de este organismo, se tiene que a nivel administrativo la gestión de recursos se da a través de INDEPORTES Cauca en una parte muy mínima, de igual manera se presenta un aporte por parte de padres de familia, debido a esta escasa asignación presupuestal conlleva a que no hay una buena consolidación de la liga a nivel departamental, ya que la implementación es algo costosa por lo tanto se hace difícil crear clubes deportivos en otras áreas regionales del departamento que lleven a promover este deporte y crear un ambiente deportivo que ayude a fortalecer la liga a nivel departamental.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

El deporte de alto rendimiento busca que el deportista obtenga los mejores resultados en su modalidad, en muchas ocasiones desconociendo los riesgos que este pueda traer para su salud, como el exceder su capacidad cardiovascular, el llevar a un desgaste neuromuscular o el realizar movimientos inadecuados anatómicamente para las articulaciones entre otras.; ocasionando no solo daños físicos, sino que se pueden presentar a nivel psicológico según los resultados obtenidos en competencia.

El presente trabajo, surge a partir de la creciente población que cada vez mas busca nuevas alternativas en cuanto al deporte se trata y encuentran en la halterofilia una disciplina que acapara su atención por los altos niveles

competitivos y la gran difusión que promueven los medios de comunicación en campeonatos mundiales y olimpiadas.

En los antecedentes encontrados, algunos investigadores consideran que la ejecución de movimientos en la modalidad de envión y arranque en la halterofilia conducen a posibles alteraciones osteomusculares, por lo cual se hace necesario emplear dentro de este trabajo la ciencia de la biomecánica aplicada al deporte más exactamente en la acción del gesto técnico de arranque.

Por lo tanto este trabajo se hace novedoso y pertinente debido a que en el contexto regional no se ha realizado ningún trabajo de este tipo que involucre a los deportistas de levantamiento de pesas de la liga del departamento del Cauca, además de realizar un aporte significativo mediante el análisis biomecánica el deportista considere el aplicar conductas positivas en su práctica deportiva que le permitan un bienestar deportivo y funcional.

## **6. PREGUNTA**

¿Cuál es la biomecánica de la articulación de la rodilla en la acción del gesto técnico arranque en halterofilia, en un grupo de deportistas de la liga de pesas del departamento del Cauca?

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1 OBJETIVO GENERAL:**

Determinar la biomecánica de la articulación de la rodilla y posibles alteraciones en la acción del gesto técnico arranque en halterofilia, en un grupo de deportistas de la liga de pesas del departamento del Cauca.

### **7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Determinar los rangos de movimiento que se genera durante la acción del gesto técnico.
- Identificar posibles alteraciones en la articulación de la rodilla en la modalidad de arranque en los deportistas de halterofilia.
- Caracterizar demográficamente la población.



## 8. METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo será de tipo Cuantitativo, se refiere a examinar los datos de manera medible, en donde haya claridad entre los elementos del problema de investigación que lo conforman para que sea posible definirlo, limitarlos y saber exactamente donde se inicia el problema, en cual dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos, en cuanto al diseño será transversal y descriptivo, la característica de la investigación transversal recolecta datos de un solo momento y en un tiempo único, el propósito de este método es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, en tanto el método descriptivo se fundamenta en definir y establecer los rasgos de ciertos grupos, la frecuencia de un determinado hecho o suceso, la relación entre dos o más variables, la determinación de predicciones a través de modelos basados en hipótesis. Los diseños transversales descriptivos tienen como mayor objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables.

- **Descripción**

Para realizar el análisis biomecánico de la articulación de rodilla en el gesto técnico de arranque en levantamiento de pesas en siete deportistas pertenecientes a la liga del Cauca, se realizó la filmación con una cámara digital Sony DSC-W 300 y Panasonic lumix DC3, dos tomas en el perfil derecho e izquierdo de cada pesista, el gesto se realizó inicialmente con el solo levantamiento de la barra, cuyo peso es 20kg, luego fue realizado por cada deportista con discos de 20kg a cada lado, es decir un total de 60kg.

Después de contar con las filmaciones, se procesó el video con ayuda del programa Virtual Kinetic player set up, herramienta útil para realizar este análisis biomecánico, ya que permitió un análisis de variables para calcular la cinemática angular en cada uno de los deportistas para cada fase propuesta.

- **Población y muestra:** El universo del estudio son 13 levantadores de pesas pertenecientes a la liga de halterofilia del departamento del Cauca. Del universo se toma una muestra por criterio de 7 levantadores de pesas.
- **Criterios de inclusión:** pertenecer a la liga de halterofilia del departamento del Cauca y tener un tiempo de práctica deportiva mayor a un año.
- **Criterios de exclusión:** presentar algún tipo de patología osteomuscular en articulación de rodilla.
- **Caracterización de la población:** en su totalidad del género masculino entre los 16 y 19 años de edad, una talla promedio de 1.60 mts, todos los deportistas residen en el municipio de Popayán.

**Variables dependientes:** Ángulos obtenidos en la articulación de rodilla en cada uno de las fases del gesto técnico de arranque en halterofilia.

**Variables independientes:** Longitudes aparente y real de miembro inferior izquierdo y derecho.

Angulo 1 fase inicial : corresponde al ángulo formado en la articulación de rodilla en donde La barra está colocada horizontalmente delante de las piernas del levantador, cuyos pies quedan paralelos entre sus piernas, con una separación similar al ancho de la cadera; las piernas se ubican entre los brazos, inclinadas hacia delante, tocando ligeramente la barra; la espalda recta

o ligeramente hiperextendida; la cabeza extiende la línea de la espalda, con la mirada al frente; los brazos están completamente extendidos. Así, la barra se toma colocando el dedo pulgar entre la barra y los dedos índices y medio. Tomando el ángulo formado en miembro inferior derecho e izquierdo.

Angulo 2 fase principal: corresponde al ángulo formado en la articulación de la rodilla en donde sus pies se separan simétricamente hasta casi la altura de los hombros, la cadera desciende y se adelanta hasta sentarse casi sobre los talones, la espalda fuertemente contraída e híper extendida y la cabeza recta; así la barra queda ligeramente detrás de la cabeza. Tomando el ángulo formado en miembro inferior derecho e izquierdo.

Angulo 3 fase final: corresponde al ángulo formado en la articulación de la rodilla la cual comprende la extensión de las rodillas y la cadera. Al terminar la acción, el deportista queda de pie con la barra firmemente colocada sobre la cabeza, con los brazos extendidos. Tomando el ángulo formado en miembro inferior derecho e izquierdo.

Según Roberto Jiménez Leal (2006), precisa acerca de las disimetrías, que consisten en una discrepancia de longitud de los miembros inferiores, y las clasifica en:

- Real: disimetría por acortamiento/alargamiento real de algunos de los segmentos óseos.
- Aparente o falso: disimetría por acortamiento/alargamiento real de algunos de los segmentos óseos. Existe diferencia de altura de la hemipelvis al plano del suelo sin acortamiento óseo.

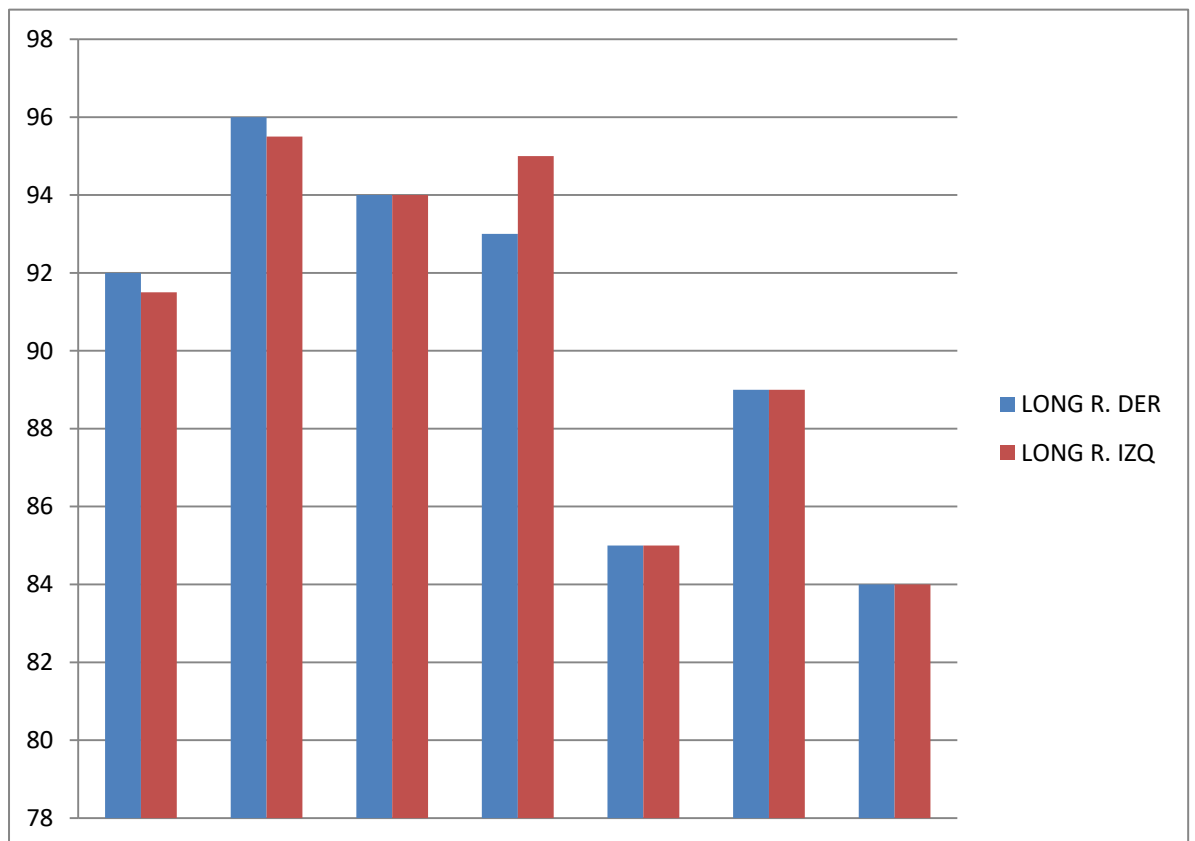
- Mixto: parte de la disimetría es de tipo real y parte aparente.

En lo que respecta a longitud real, se determina desde la cresta iliaca anterosuperior hasta maléolo medial, en tanto la longitud aparente va desde el ombligo hasta maléolo medial.

## 9. RESULTADOS

### GRAFICA 1.

Longitud Real de Miembros Inferiores



Estadísticos descriptivos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.

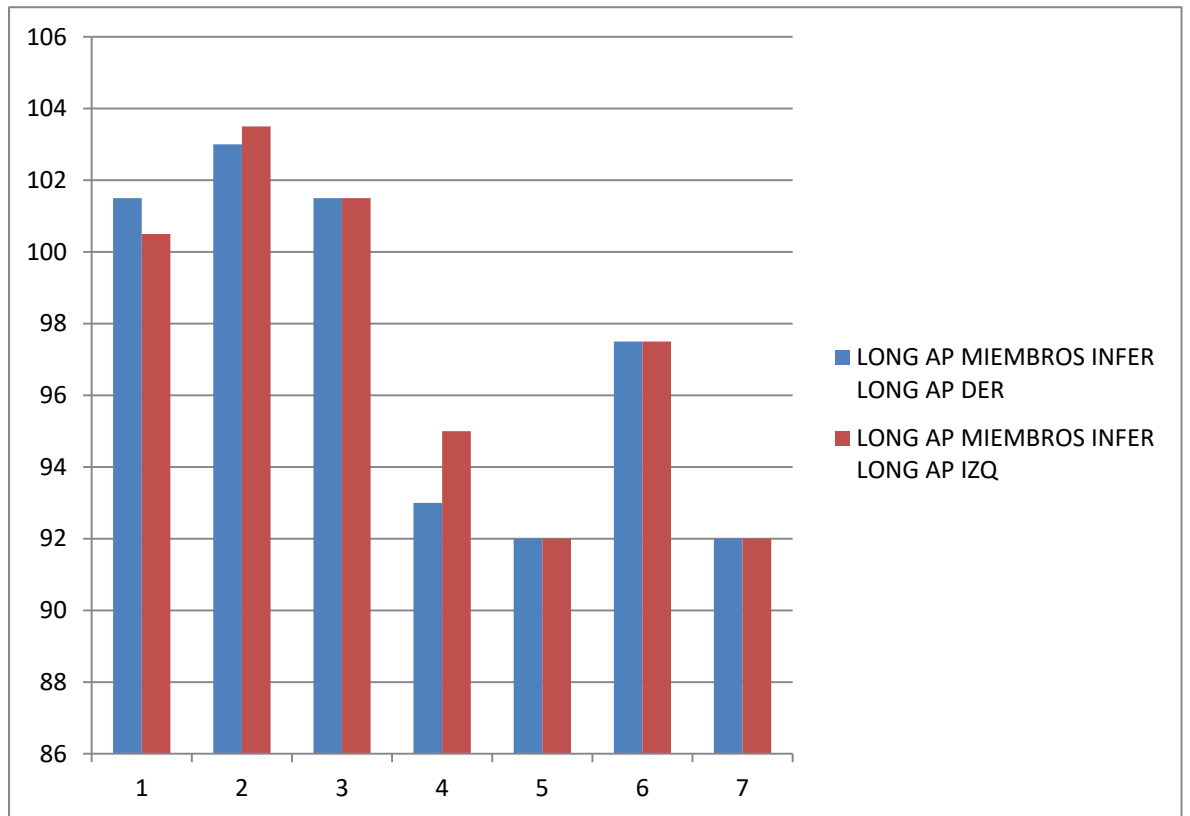
LONG R. DER	7	84,000	96,000	90,429	4,577
LONG R. IZQ	7	84,000	95,500	90,571	4,712

En cuanto a los anteriores datos estadísticos se puede observar la longitud real de miembros inferiores derecho e izquierdo correspondiente a un grupo de 7 deportistas de la liga caucana de halterofilia, en donde los deportistas 1, 2, 3 y 4 poseen una longitud real de miembro inferior derecho (M.I.D) 90,429 y miembro inferior izquierdo (M.I.I) 90,571 por encima de la media general, y los deportistas 5, 6 y 7 poseen una longitud real de miembro inferior derecho e izquierdo por debajo de la media general.

También se puede apreciar que los deportistas 1 y 2 presentan una pequeña diferencia de su longitud real del miembro inferior derecho (M.I.D) con respecto al miembro inferior izquierdo (M.I.I), a diferencia del deportista 4 donde la longitud de su miembro izquierdo es mayor con respecto al derecho, entre tanto los deportistas 3, 5, 6 y 7 la longitud real coincide entre ambos segmentos miembro inferior derecho e izquierdo.

## GRAFICA 2.

Longitud Aparente de Miembros Inferiores



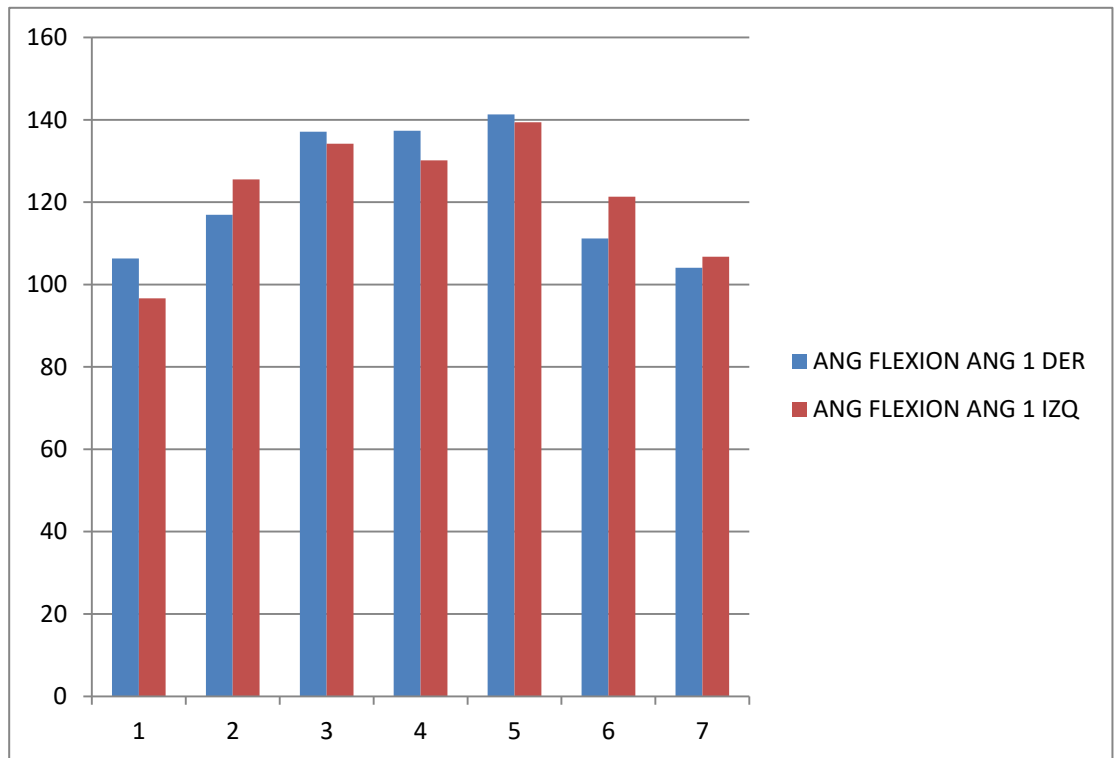
Estadísticos descriptivos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
LONG AP DER	7	92,000	103,000	97,214	4,872
LONG AP IZQ	7	92,000	103,500	97,429	4,614

Los anteriores resultados de la longitud aparente de miembros inferiores derecho e izquierdo correspondiente a un grupo de 7 deportistas de la liga caucana de halterofilia, muestran que el deportista 2 posee la máxima longitud aparente en su miembro inferior izquierdo (M.I. I) de 103,5 cm con una pequeña diferencia a la longitud del miembro inferior derecho (M.I.D) de 103,0 cm y los deportistas 5 y 7 poseen la mínima longitud aparente de 92 cms que coincide para miembro inferior derecho e izquierdo.

También se puede apreciar que la longitud aparente de los deportistas 2 y 4 es mayor en el miembro inferior izquierdo (M.I.I) con respecto al miembro inferior derecho (M.I.D) a diferencia del deportista 1 en donde es mas acentuada hacia el miembro inferior derecho con respecto al izquierdo, en tanto los deportistas 3, 5, 6 y 7 la longitud aparente coincide para ambos miembros derecho e izquierdo.

### GRAFICA 3.

Ángulos de Flexión Primera Fase.



Estadísticos descriptivos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
ANG 1 DER	7	104,060	141,300	122,040	16,050
ANG 1 IZQ	7	96,660	139,400	121,990	15,300

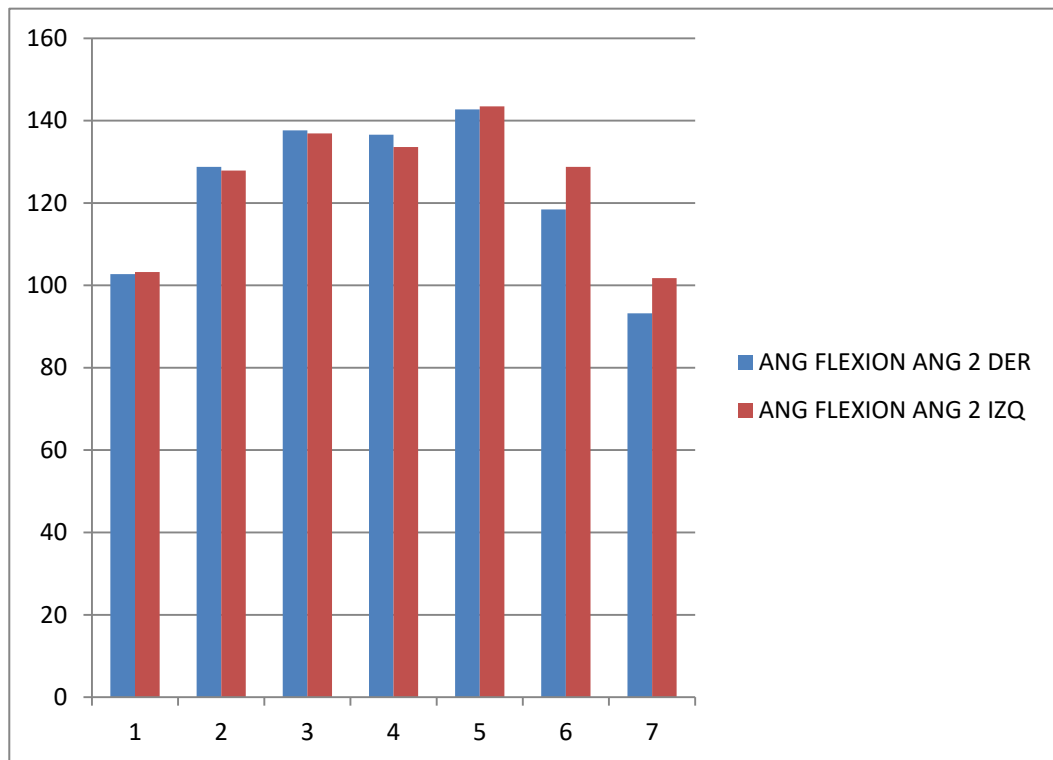


A continuación se tienen los ángulos de flexión de la articulación de la rodilla durante la primera fase del gesto técnico de arranque en 7 deportistas de la liga caucana de halterofilia, donde el deportista 1 posee el mínimo ángulo de flexión que corresponde solo al miembro inferior izquierdo (M.I.I) de 96,66 grados menor al del miembro inferior derecho (M.I.D) de 106,34 grados, en tanto el deportista 5 posee el máximo ángulo de flexión que corresponde solo al (M.I.D) de 141,3 grados, el ángulo del (M.I.I) es un poco menor con 139,4 grados.

También se puede apreciar que los ángulos de flexión de la articulación de la rodilla durante la primera fase del gesto técnico de arranque en los deportistas 1, 3, 4 y 5 es mucho mas acentuado en el miembro inferior derecho (M.I.D) con respecto al miembro inferior izquierdo (M.I.I) y en los deportistas 2, 6 y 7 se encuentra mas acentuado hacia el miembro izquierdo con respecto al derecho.

## GRAFICA 4.

### Ángulos de Flexión Segunda Fase



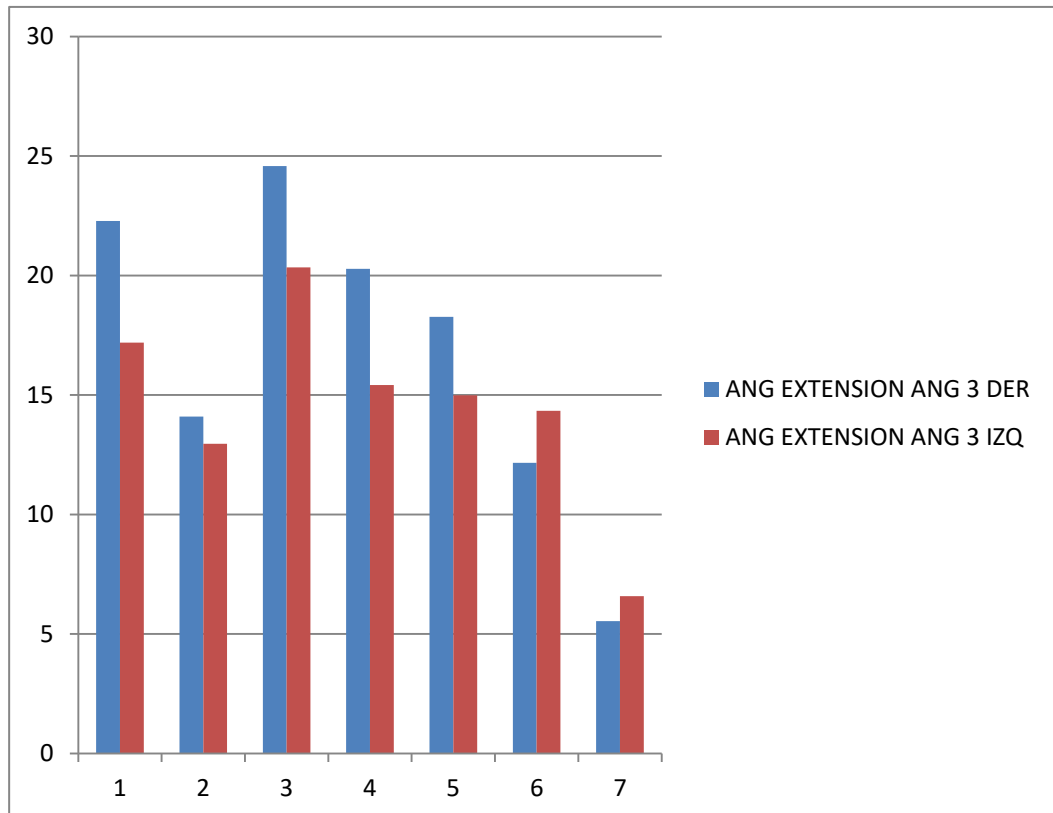
Estadísticos descriptivos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
ANG 2 DER	7	93,200	142,710	122,870	18,890
ANG 2 IZQ	7	101,780	143,450	125,080	16,290

Al considerar los datos relacionados a los ángulos de flexión de la articulación de la rodilla durante la segunda fase del gesto técnico de arranque en 7 deportistas de la liga caucana de halterofilia, se aprecia que el deportista 7 posee el mínimo ángulo de flexión que corresponde solo al miembro inferior derecho (M.I.D) 93,20 grados menos acentuado que en el miembro inferior izquierdo (M.I.I) de 101,78 grados, y el deportista 5 posee el máximo ángulo de flexión que corresponde tanto al (M.I.I) de 143,45 grados como al ángulo del (M.I.D) con 142,71 grados que es un poco menor.

También se puede apreciar en los deportistas 1, 2, 3, 4 y 5 hay un estrecho margen de los ángulos de flexión en la articulación de la rodilla tanto en miembro inferior derecho como izquierdo durante la segunda fase del gesto técnico de arranque, a diferencia de los deportistas 6 y 7, en los cuales se nota un margen mas amplio en el ángulo de flexión articular de la rodilla de un miembro a otro.

## GRAFICA 5.

Ángulos de Extensión Tercera Fase.



Estadísticos descriptivos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
ANG 3 DER	7	24,580	5,540	16,740	6,590
ANG 3 IZQ	7	20,340	6,580	14,550	4,230

Para finalizar se presentan los resultados relacionados con los ángulos de extensión de la articulación de la rodilla durante la tercera fase del gesto técnico de arranque en 7 deportistas de la liga caucana de halterofilia, donde el deportista 7 posee el máximo ángulo de extensión que corresponde para el miembro inferior derecho de 5,54 grados, mas acentuado que en el miembro inferior izquierdo de 6,58 grados, y el deportista 3 posee el mínimo ángulo de extensión que corresponde tanto al miembro inferior derecho de 24,58 grados como al ángulo del miembro izquierdo con 20,34 grados.

También se puede apreciar en el deportista 2 y 7 el estrecho margen en el ángulo de extensión de la articulación de la rodilla entre miembro inferior derecho e izquierdo durante la tercera fase del gesto técnico de arranque, a diferencia de los deportistas 1,3, 4, 5, y 6, en los cuales se nota un margen mas amplio en el ángulo de extensión articular de un miembro a otro.

## 10. DISCUSIÓN

La halterofilia es un deporte Olímpico de los más antiguos que se practican, contiene una serie de normas estudiadas desde la biofísica que construyen una técnica peculiar para cada una de sus dos modalidades (arranque y envión) que facilita el que un individuo levante unos pesos, que según los traumatólogos son excesivos, por cual se le considera altamente exigente para el sistema osteomuscular, debido a las altas cargas manejadas y a las condiciones mecánicas como la sentadilla profunda.

Para el presente estudio se obtuvieron datos correspondientes a la longitud real y aparente de miembros inferiores, los cuales presentaron ciertas diferencias, por lo que es pertinente considerar lo expuesto por Roberto Jiménez Leal (2006), el cual precisa acerca de las disimetrías, que consisten en una discrepancia de longitud de los miembros inferiores, y las clasifica en:

- Real: disimetría por acortamiento/alargamiento real de algunos de los segmentos óseos.
- Aparente o falso: disimetría por acortamiento/alargamiento real de algunos de los segmentos óseos. Existe diferencia de altura de la hemipelvis al plano del suelo sin acortamiento óseo.
- Mixto: parte de la disimetría es de tipo real y parte aparente.

En lo que respecta a longitud real, se determina desde la cresta iliaca anterosuperior hasta maléolo medial, en tanto la longitud aparente va desde el ombligo hasta maléolo medial.

Por lo tanto y de forma general para los resultados relacionados con la longitud real y aparente del miembro inferior, se obtuvo que en el 42.85% presentan disimetrías en cuanto a la longitud, el 28.56% exhibió una discrepancia de 0.5mm en la longitud real mas acentuada hacia el miembro derecho, en tanto el 14,29% presento una discrepancia un poco mayor de 2 cm de la longitud real del miembro izquierdo con respecto al derecho.

En tanto para la longitud aparente, en el 14.29% se evidencio un resultado significativo, ya que la discrepancia presentada inicialmente en la longitud real para uno de los deportistas en su miembro derecho, arrojó diferencia aparente hacia el miembro izquierdo, lo que da a entender que la disimetría se da de tipo mixto.

La presencia de estas discrepancias con respecto a la longitud de miembros inferiores puede determinar ciertas deficiencias en el desarrollo del gesto técnico, “la discrepancia o desigualdad en la longitud de las extremidades, sobre todo en las inferiores, es un problema ortopédico con repercusiones mecánicas que pueden acarrear múltiples padecimientos y lesiones” (Enrique Espinosa Urrutia 2008), mas aun, teniendo en cuenta la exigencia mecánica que representa el gesto de arranque, por lo que la descompensación de un miembro hacia el otro puede generar una alteración mecánica. Sin embargo Urrutia también describe las discrepancias fisiológicas, es decir, discrepancias normales que se pueden compensar en forma espontánea con el tiempo, por lo que se puede afirmar que el 28.56% presenta una disimetría fisiológica leve, teniendo en cuenta lo expuesto por Urrutia, las discrepancias de hasta 1.5 cm de longitud representan normalidad, sin embargo para un 14.29% que se encuentra dentro de 1.5 a 2.5 cm pueden ser compensadas temporal o

definitivamente con ortesis para evitar repercusiones mecánicas (alineación normal del cuerpo) lo que podría desencadenar lesión osteomioarticular en articulación de rodilla durante la practica deportiva de la halterofilia, mas exactamente para el gesto de arranque.

Del mismo modo, para el presente trabajo se obtuvieron datos relacionados a los valores angulares de articulación de rodilla durante el gesto de arranque para cada deportista, se encontró que: para la fase inicial y principal que comprende la doble flexión de rodilla cerca del 71.42% de los deportistas desarrollan ángulos articulares de rodilla que superan los 90° grados de flexión, los cuales son considerados excesivos, mas aún teniendo en cuenta la carga externa que deben soportar, debido a esto, los deportistas podrían estar sujetos a algún posible riesgo de lesión, según Peiró (1991), Miñarro (1997), el ángulo entre el muslo y pierna superior a los 90 grados se considera de alto riesgo, de igual forma, Lopategui (2000) afirma que, la flexión forzada de la rodilla (posición en cuclillas completa), los gastronemios ejercen presión contra el muslo, esto provoca que el centro de rotación de la rodilla se mueva detrás del área de contacto. Esto crea un efecto dislocante en la rodilla (posición abierta de la rodilla). El resultado es un aumento en la tensión sobre los ligamentos y cartílagos de la rodilla flexionada, lo cual puede distender y debilitar los ligamentos (reduce la estabilidad de la articulación) y predispone a una lesión en la rodilla, o incluso ser causa de un desgarro del menisco interno. De acuerdo con lo expuesto por Lopategui, son varias las estructuras que en la articulación se ven comprometidas y que podrían involucrar algún tipo de alteración mecánica, para este caso se hace énfasis en la vulnerabilidad de los meniscos, estos son como cojinetes en forma de C y permiten la estabilidad y congruencia entre las superficies femorales y tibiales de la rodilla. Para la ejecución del gesto técnico de arranque se ven muy comprometidos en los movimientos de flexo extensión, puesto que los ángulos que manejan representan una exigencia mecánica, según lo demostraron Ahmed y Burke



(1983), a través de los meniscos se transmite más del 50% de la carga de compresión que soporta la rodilla en extensión y que a 90° de flexión este valor alcanza el 85%.

De igual forma, el traumatólogo norteamericano Karl Klein, citado por Hegedüs (1989), considera que al superar los 90° de flexión, desde la posición de pie, se genera un aumento de tensión de los ligamentos cruzados medio y anterior. También la tibia alcanza su máxima torsión comprimiendo la parte posterior del menisco medio creando, a largo plazo, dolor e inestabilidad.

También es importante tener en cuenta lo expuesto por Favre (2004), pues considera que la buena ejecución de la técnica desempeña un papel significativo, ya que determina la reducción de posibles riesgos, En lo que se refiere únicamente a la fase inicial, autores como Bartonietz, (1996), y Winchester (2005), afirman que las caderas deben estar colocadas ligeramente más altas que las rodillas, lo que implica una angulación articular de rodilla aproximada a los 90° grados, sin embargo, según los resultados obtenidos por los deportistas, se puede notar que estarían incurriendo en una ejecución inadecuada del gesto para esta fase, pues apenas el 28,57% de los deportistas adquiere una posición inicial acorde a lo ya mencionado, además se evidencian valores más acentuados en un miembro con respecto al otro, lo que da a entender un patrón motor incorrecto que posibilita aun mas la deficiencia en la técnica, esta a la vez incurre en exigencia mecánica puesto que el margen de angulación articular para el 57,14% de los deportistas es mucho mas amplio. En relación a lo anterior, y retomando nuevamente lo expuesto por A.Sabih, Edmon Takla, Nicola Kolev al concluir que el 50% de las lesiones son producidas por deficiencias técnicas, sería determinante el no incurrir en una deficiencia técnica, más aun teniendo en cuenta el inicio del gesto, lo que

podría constituir una exigencia y alteración mecánica para la consecución de este en su totalidad.

En cuanto a la fase principal, el atleta después de llevar la barra a su altura máxima, debe descender rápidamente debajo de esta produciéndose así la inversión del movimiento. Sus pies se separan simétricamente hasta casi la altura de los hombros, la cadera desciende y se adelanta hasta sentarse casi sobre los talones, en tanto que los brazos están firmemente extendidos soportando el peso de la barra por encima de la cabeza; según lo descrito por algunos autores como Winchester (2005), debaten acerca del beneficio de poder entrenar la técnica óptima, ya que se ve involucrada la doble flexión de rodilla después de realizar una violenta extensión conjunta de rodillas, caderas y tobillos de una forma muy rápida, para esta fase se encontraron resultados significativos en relación a los estrechos márgenes de angulación articular para el 71,42% de los deportistas para los dos miembros (derecho, izquierdo), en tanto que el 28,57% el grado de angulación articular en rodilla se acentuaba más hacia el miembro izquierdo con respecto al derecho, se puede mencionar un posible reajuste de la técnica para esta fase, sin embargo, la posibilidad sufrir algún tipo de lesión meniscal como causa de deficiencia técnica, sumado a la exigencia mecánica que representa la doble flexión de rodilla en halterofilia es probable; según las Dras. Ledia Góngora García, Rosales García, Isabel González Fuentes, Nayra Victoria Pujals (2003) se refieren a los movimientos de flexo extensión, en donde los meniscos también se desplazan en el curso de los movimientos rotatorios de la pierna; desplazamientos en los cuales reside la causa de su gran vulnerabilidad, a partir de las combinaciones incoordinadas de los movimientos de rotación (sobre todo la interna), hunden el menisco en el ángulo condilotibial, punzándole, con los de flexión y extensión, son causantes de tales lesiones meniscales.

En tanto para la fase Final, el gesto comprende la extensión de las rodillas, soportando el peso de la barra por encima de la cabeza; en este caso los resultados de angulación articular para el 85,71% de los deportistas arrojan variaciones significativas con respecto al grado de amplitud de un miembro con respecto al otro, lo que se puede corroborar como un patrón motor incorrecto para la realización del gesto; es de gran importancia retomar el gesto de arranque en su totalidad, y recurrir a lo expuesto por el médico Rene Cailliet (1997) en referencia a la mecánica articular de rodilla, el cual afirma, que durante el movimiento de flexoextensión, los meniscos se mueven con la tibia sobre el fémur mediante su mutua coordinación, pero de otra forma, los mecanismos de lesión del menisco se pueden generar durante un movimiento aberrante, el cual involucra en exigencia una flexión y rotación, al igual que la reextensión, los meniscos pueden ser atrapados entre las superficies articulares opuestas con lesión resultante por torque, compresión o tracción.

## 11. CONCLUSIONES

Se puede concluir que los arcos de movimiento que se manejan en los diferentes momentos técnicos dentro de la media general y que corresponden para miembro derecho e izquierdo respectivamente son: 57,9° y 58,1° grados para primera fase, 57,1° y 54,9° grados para la segunda fase, y 164,4° y 165,8° grados para la tercera fase, lo que para una relación armónica de la rodilla podrían representar detrimento de la estabilidad y sostén deseado que puede predisponer a lesión articular de rodilla.

El análisis biomecánico, además de permitir determinar los rangos de movimiento articular de rodilla desarrollados en el gesto de arranque, también permitió establecer posibles factores de riesgo de lesión articular, debido a la aplicación de una técnica inadecuada para la ejecución del gesto, lo que en efecto desencadena exigencias biomecánicas, las cuales pueden representar alteraciones que afectan primordialmente los complejos articulares de rodilla, específicamente los meniscos.

De igual forma, se pudo establecer la vulnerabilidad de los meniscos, no solo se da cuando la rodilla sufre un giro violento, habitualmente porque el cuerpo se mueve respecto a la pierna fija, sino que también al incluir los exigentes movimientos de flexoextensión en el gesto de arranque, pueden generar mecanismo de desgarro de meniscos, durante un movimiento aberrante, el cual involucra en exigencia una flexión y rotación, al igual que en la reextensión, los meniscos pueden ser atrapados entre las superficies articulares opuestas con lesión resultante por torque, compresión o tracción.

## 12. RECOMENDACIONES

- Durante la enseñanza del arranque el entrenador debe hacer uso constante de la corrección de errores, auxiliándose de ejercicios especiales u otros métodos que le permitan llevar a sus atletas al aprendizaje correcto de la técnica, por lo que auxiliarse de otros medios como fotos, láminas, videos, que permitan fijar la representación del movimiento, podría ser de gran ayuda para el entrenador y los deportistas.
  
- Una de las mayores características de la halterofilia tiene que ver con el desarrollo de la fuerza, a lo que se le debería incluir ampliamente y de manera esencial el trabajo al equilibrio muscular, el cual constituye un elemento importante en la prevención de los mecanismos de las lesiones deportivas.
  
- Una de las causas más frecuentes de lesión muscular o articular es el uso excesivo (sobrecarga), si se continúa con el entrenamiento cuando aparece el dolor se puede empeorar la lesión, por lo que debe tenerse muy en cuenta el respetar el tiempo de descanso al menos de 48 horas tras un entrenamiento intenso.
  
- Para próximas investigaciones se recomienda realizar un estudio que involucre más estructuras, puesto que en la halterofilia se

caracteriza por ser un deporte en el cual intervienen numerosos músculos y articulaciones.

- Para entrenadores de diferentes disciplinas deportivas que deseen implementar los gestos de la halterofilia dentro de sus planes de entrenamiento con el objetivo de mejorar la potencia de sus deportistas se les recomienda un buen estudio de la ejecución de los gestos y cargas a utilizar protegiendo así sus estructuras osteomioarticulares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. AGUILERA-ALBERTO. (1981).Federación española de Halterofilia. Boletín informativo de Halterofilia, tomo 35.
2. Aprendizaje motor de la técnica deportiva a través del entrenamiento (2002). Grupo de investigación ciencias del deporte de la Universidad de Extremadura España
- 3.CALAIS-GERMAIN, B. Anatomía para el movimiento. Barcelona, Los libros de la liebre de marzo. (1996).
4. Castillo Sánchez, Mauricio. Guía para la formulación de proyectos de investigación/Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, 2004.
5. CEVALLOS. F. Incidencia de lesiones en mujeres que entrenan halterofilia. En: [www.dkvseguros.com/awa/netdoctornuevo/simple-p1.xml](http://www.dkvseguros.com/awa/netdoctornuevo/simple-p1.xml).octubre de 2005.
6. Concepto de Lesión Deportiva DeLee y Farney. 1992; AAOOS. 1991; Nigg y Bobbert, 1990. Lecturas. <http://www.deporteymedicina.com>.
7. CORVO HERNANDEZ R. (1986) Morfología funcional deportiva. Sistema locomotor.

8. Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Radiología. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca Murcia.

9. Desjarlais Robert. Estilos de Vida Saludables. Septiembre de 1997 - Salud Mental en el Mundo: [www.tabaquismo.freehosting.net/.../estilos\\_de\\_vida\\_saludables.htm](http://www.tabaquismo.freehosting.net/.../estilos_de_vida_saludables.htm).

10. Díaz.P.; Buceta J.M. y Bueno, A.M (2002) Estrés y vulnerabilidad a las lesiones deportivas. Selección, vol 11, nº 2 pp 86-94

11. Dra. Ledia H. Góngora García, Dra. Cruz M. Rosales García, Dra. Isabel González Fuentes y Dra. Nayra Pujals Victoria. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. De LHG – García. 2003

12. El Atleta Elite de Halterofilia y su Preparacion Fisico Mental en: [www.portalfitness.com/articulos/.../halterofilia.htm](http://www.portalfitness.com/articulos/.../halterofilia.htm) –

13. Espinosa Urrutia E. Discrepancia de longitud en las extremidades. Julio – septiembre 2008. Volumen 4 número 3.

14. Estefanía Rodríguez, Santiago Esteban, Angélica Tornero, Daniel Sanguino. HALTEROFILIA. La halterofilia es un deporte que consiste en el levantamiento de la mayor cantidad de peso posible en una barra en cuyos extremos se fijan varios discos. GONZALEZ RUIZ, FCO.JOSE, 1982, MADRID



15. Estudio del movimiento de arranque en halterofilia durante ciclos de repeticiones de alta intensidad mediante análisis biomecánico. (2004). Campos, J.\*; Poletaev, P.\*\*; Cuesta A. \*; Pablos, C.\*; & Tébar, J.\* docentes de la Universidad de Valencia e integrantes de la Federación Española de Halterofilia

16. Factores de riesgo posturales dinámicos y de la ejecución técnica para lesiones osteomusculares en levantadores de pesas”. Gómez L; Lenis M; Villalba A. (2004)

17. FEDA. (2003). Estabilidad y postura. Manual de tonificación. Federación Española. Fitness internacional.

18. Federación Española de Halterofilia. En:

19. Fibromialgia> EL CONCEPTO DE POSTURA. Concepto intuitivo de postura es lo que caracteriza a la “postura estática” o postura instantánea, es decir, la relación de los segmentos en: [www.efisioterapia.net/articulos/fibromialgia/8021.php](http://www.efisioterapia.net/articulos/fibromialgia/8021.php) -

20. Fucci Sergio, Benigni Mario, Fornasori Vittorio. (1990) Biomecánica del aparato locomotor. Mecánica del aparato locomotor. Federación Española.

21. G. Doménech Ratto, M. moreno Cascales, M. A. Fernández – Villacañas Marín, A. Capel Alemán y P. Doménech Asensi. ANATOMIA Y BIOMECANICA DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA. Patología degenerativa de la rodilla.

22. GOMEZ, L. Prevalencia de las patologías osteomusculares y sintomatología dolorosa en los levantadores de pesas participantes en los XVII Juegos Deportivos Nacionales (2004).

23. HALTEROFILIA EN CEUTA. En: [www.ugr.es/~agros/alumnos/haltero.htm](http://www.ugr.es/~agros/alumnos/haltero.htm).

**24** Halterofilia.1896 La halterofilia entra en los primeros Juegos Olímpicos modernos, en Atenas. Había dos categorías: levantamiento con una mano y con dos. En: [www.estaticos03.cache.elmundo.net/jjoo/2004/html/.../halterofilia.swf](http://www.estaticos03.cache.elmundo.net/jjoo/2004/html/.../halterofilia.swf).

25. Hermes Romero. Biomecánica de las lesiones Articulares en el Entrenamiento con Pesos. En: [www.sobreentrenamiento.com/.../Articulo.asp?ida=8](http://www.sobreentrenamiento.com/.../Articulo.asp?ida=8)

26. Incidencia de lesiones en mujeres que entrenan halterofilia. (2005), Cevallos.

27. Instituto Colombiano para el Deporte-Coldeportes en: [www.coldeportes.gov.co/](http://www.coldeportes.gov.co/)

KAPANDJI, A. 1998. Fisiología articular miembro inferior. Tomo 2. Madrid, España: Panamericana.

28. Lesiones Deportivas Factores que influyen en su aparición. Dr. Carlos Benítez Franco - 24/08/2006 - 6926 lecturas.

<http://www.deporteymedicina.com.ar>

29. Lopategui E. Análisis Cinemático Del Movimiento Humano. En: <http://www.saludmed.com/CsEjerci/Biomecan/AnCinema.html>.2004.(Marzo 2006).

30. María Eugenia Carvajal Guerrero, Víctor Cruz, María Lucía Cabal de Posada, Carlos Climent, Álvaro Rivera Concha, Alberto Álzate. (1994) Comportamiento y Salud. Editorial Norma S.A.

31. MINUTOLO, P. Técnica de Levantamiento de Pesas: Arranque y Envión.2004. En: <http://www.deportsalud.com/entrenamiento/entre239.htm>.abril 2006.

32. Organización Mundial de la Salud (OMS). Fue establecido en 1948 para lograr el nivel de salud más alto posible por medio de: La promoción de la cooperación:

33. O'shea, Klein. (1984:P.8) "Culturismo y fitness cinco mitos sobre la sentadilla"

[www.http://es.fitness.com/forum/fitness/](http://es.fitness.com/forum/fitness/).

34. PATOLOGÍA DEGENERATIVA DE LA RODILLA; Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla, G. Doménech Ratto, M. Moreno Cascales, M.A Fernández-Villacañas Marín, A Capel Alemán y P. Doménech Asensi. (2006).

35. Prevalencia de las patologías osteomusculares y sintomatología dolorosa en los levantadores de pesas participantes en los XVII juegos deportivos nacionales (2004). Gómez L.

36. RENE CAILLIET, MD. Síndromes dolorosos: Incapacidad y dolor de tejidos blandos. Escuela de medicina Universidad del sur de California. Los Ángeles California.

37. Sistema Músculo-Esquelético: Columna y Articulaciones. Manual de Semiología edición 2007. Dr. Ricardo Gazitúa, Agosto 2004. Universidad Católica de Chile.

38. Tosi, Rodrigo N. Análisis de dos Tareas Motoras desde distintas Perspectivas. Publice Standard. 01/05/2000. Pid: 83