

**ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS,
COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN
COLUMNA EN PERSONAS QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO
HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**

**ADELINA MARITZA GUERRERO QUINTERO
ZULLY FERNANDA CÓRDOBA BECERRA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES
PALMIRA – VALLE**

2019

**ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS,
COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN
COLUMNA EN PERSONAS QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO
HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**

**ADELINA MARITZA GUERRERO QUINTERO
ZULLY FERNANDA CÓRDOBA BECERRA**

**Trabajo de grado para optar por el título de
LICENCIADA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES**

**Directora del trabajo de grado
ESP. MARÍA ELENA RONDÓN GONZÁLEZ
Licenciada en educación física y salud**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES
PALMIRA – VALLE**

2019

ACEPTACIÓN

NOTA DE ACEPTACIÓN

	JURADO:
	JURADO:
	JURADO:

PALMIRA, _____

AGRADECIMIENTOS

La voluntad, es lo que te hace invulnerable (Carlos Castañeda, 1974).

Por esta razón, quiero darle infinitas gracias a Dios, por haberme otorgado la voluntad suficiente de seguir luchando, por perseguir un sueño y alcanzar las metas tanto académicas como personales. A mi madre con amor, le agradezco por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por realizar diferentes sacrificios, por la comprensión, el apoyo y la dedicación que con amor de madre la hace inigualable.

A mis compañeros por vivir conmigo de una manera inolvidable esta experiencia. Por seguir el mismo sueño, por los momentos de risa y tristezas. Agradezco a la vida que me regaló la oportunidad de conocer muchas más personas.

Agradezco especialmente a la licenciada María Elena Rondón González, quien me brindó todo su apoyo, confianza, exigencia y motivación a lo largo de este proceso; por compartir conmigo sus conocimientos, orientaciones y consejos, las cuales se han convertido en un pilar fundamental en mi formación profesional, pero ante todo personal.

También, a la profesora María del Carmen Góngora Chávez, quien me ha brindado su amistad, confianza, consejos y orientaciones en el ámbito profesional pero ligado a lo personal. Le agradezco el ver en mí una persona con gran potencial.

A mi padre que me enseñó a luchar incansablemente por lo que más deseo y que desde el cielo cuidando de mí, a él y a mi familia en total, gracias por el apoyo brindado.

Finalmente, a todas las personas y amigos que hicieron posible que yo este hoy en día aquí, los cuales aportaron sus conocimientos y enseñanzas para mi vida profesional y personal.

Adelina Guerrero Quintero.

DEDICATORIA

A mis amados padres

María Eugenia Quintero Balcázar y Alfredo Guerrero Alegría.

Querido Padre...

Tú me enseñaste a cumplir las promesas y como tal, aún y ahora que no estás aquí, me haces falta. Pero quiero decirte con alegría que pude cumplir lo que te prometí.

Gracias por protegerme, librarme de las adversidades y aconsejarme, por la educación personal y emocional, tu apoyo y comprensión fueron los pilares de lo que hoy me hace quien soy: lo mejor de ti.

Papá, me enseñaste a mirar al frente sin temor. Descansa en paz mi gran guerrero.

Querida Madre...

Eres uno de los pilares importantes en mi formación personal, pues me has enseñado a luchar y nunca rendirme, tu gran ejemplo de lucha te convierte en mi más grande admiración.

Con este trabajo de grado que te dedico, quiero demostrarte mi más profundo agradecimiento y amor. He aprendido mucho de tu sabiduría y de tus ganas de vivir las cuales, me han hecho levantarme con más fuerza ante las dificultades.

Mamá Te Amo.

Adelina Guerrero Quintero.

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente, quiero agradecer a mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por todo el amor y sacrificio que han hecho por mí y por el apoyo incondicional que me han brindado siempre.

A mis hermanos por motivarme cada día a no desistir y superarme a pesar de los obstáculos que podamos enfrentar y por el amor que me expresan a pesar de la distancia.

Por otra parte, quiero agradecerles a mis amigos, los cuales ayudaron que la vida universitaria no fuera monótona, especialmente a los practicantes del deporte de voleibol, no solo en la universidad, sino también en el municipio de Pradera, en donde he aprendido tanto en lo personal como en lo profesional.

A la licenciada María Elena Rondón González, desde que la conocí en el aspecto académico, brindo todos sus conocimientos y consejos para que se lograra llegar a este punto de la mejor manera, además de ser una persona de la cual se puede aprender en el ámbito personal, es una mujer digna de admirar.

Finalmente, a todos los docentes que brindaron sus conocimientos para que se pudiera formar un profesional diferente para la sociedad en general, por sus diversas metodologías de enseñanza y aprendizaje, y por modelarnos en todos los ámbitos posibles.

Zully Fernanda Córdoba Becerra.

DEDICATORIA

A mis padres, María Fernanda Becerra Arboleda y Diógenes Córdoba Moreno, por el gran esfuerzo que hicieron para que pudiera terminar la carrera, para que se sientan orgullosos de lo que he podido lograr hasta ahora.

A mis compañeros, los que continúan y los que ya no están, especialmente a Luis Fernando Osorio, que por circunstancias de la vida ya no se encuentra con nosotros, pero fue una gran persona que me hizo aprender que en la universidad encontramos personas maravillosas por sus distintas formas de ser.

A mis amigos de la universidad, Ana María Gonzales, Erika Daniela Cortes, Isabella Berdugo, Brayan Campo y en mención especial a Jonathan Ávila que se encuentra en una fuerte lucha, pero con fe y perseverancia sé que va a salir adelante. Los quiero mucho y ojalá al terminar la carrera, sigamos siendo amigos.

Al licenciado Daniel Payán, que gracias a una larga charla de experiencias y conocimientos sobre la idea original que se tenía, logramos minimizarla y concretarla en un solo concepto ideal.

Zully Fernanda Córdoba Becerra.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
TITULO	13
PRESENTACIÓN	14
INTRODUCCIÓN.....	15
TEMA	17
1. ANTECEDENTES	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
2.1. CONTEXTO	22
3. OBJETIVOS	24
3.1. OBJETIVO GENERAL	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	25
4.1. ENFOQUE Y MÉTODO	25
4.2. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	25
4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
5. MARCO DE REFERENCIA.....	28
5.1. REFERENTE LEGAL	28
5.2. REFERENTE CONCEPTUAL.....	29
5.2.1. BIOMECÁNICA.....	29
5.2.1.3. EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA	31
5.2.1.4. CARGA	35
5.3. SENTADILLA	38
5.4. LESIONES	42
5.1. COLUMNA.....	46
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
7. CONCLUSIONES.....	66
8. RECOMENDACIONES	68
REFERENTE BIBLIOGRÁFICO.....	69
ANEXOS.....	74

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Sujeto 0 vista lateral	49
Foto 2. Sujeto 0 vista posterior	50
Foto 3. Sujeto 0, acercamiento de ángulos y trayectoria de movimiento.	51
Foto 4. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista lateral en descenso.	52
Foto 5. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista lateral en ascenso.	53
Foto 6. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista posterior en descenso.	53
Foto 7. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista posterior en ascenso.	54
Foto 8. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista lateral en descenso.	55
Foto 9. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista lateral en ascenso.	55
Foto 10. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista posterior en descenso.	56
Foto 11. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista posterior en ascenso.	56
Foto 12. . Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista lateral en descenso.	57
Foto 13. Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista lateral en ascenso.	57
Foto 14. Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista posterior en descenso.	58
Foto 15. Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista posterior en ascenso.	58
Foto 16. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista lateral en descenso	59
Foto 17. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista lateral en ascenso	59
Foto 18. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista posterior en descenso	60
Foto 19. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista posterior en ascenso	60
Foto 20. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista lateral en descenso	61
Foto 21. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista lateral en ascenso	62
Foto 22. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista posterior en descenso	62
Foto 23. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista posterior en ascenso	63

Foto 24. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista lateral en descenso64

Foto 25. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista lateral en ascenso64

Foto 26. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista posterior en descenso65

Foto 27. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista posterior en ascenso65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de encuesta de valoración previa.26

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuestas y consentimiento escrito.....74

Anexo 2. Fotografías de los sujetos de prueba.75

RESUMEN

El presente trabajo de grado, se desarrolló a partir de la observación de factores biomecánicos en el gesto técnico de la sentadilla con cargas submáximas, el cual consiste en identificar errores técnicos durante la ejecución de la sentadilla con el fin de identificar las posibles lesiones en la columna vertebral de individuos que realizan actividad física en el gimnasio Humbert Gym en la ciudad de Palmira. La población estuvo conformada por sujetos físicamente activos y la muestra estuvo compuesta por 3 hombres y tres mujeres respectivamente. Para realizar el análisis biomecánico de la sentadilla se usó el programa Kinovea versión 0.8.15 realizando tomas desde una perspectiva lateral y posterior. Los resultados determinaron que hay una mayor predominancia de movimientos que implican empujes de palancas asimétricos, compensaciones derivadas de lo anterior e inclinaciones muy pronunciadas de inclinación del torso que, a corto o mediano plazo, podrían generar desgaste en los discos intervertebrales, esguinces en la zona lumbar, osteoartritis, etc. Como recomendación, se considera pertinente que este tipo de establecimientos comerciales cuenten con personal calificado que pueda orientar mejor la ejecución de este tipo de estímulos.

Palabras clave: Sentadilla; Cadena cinética; Cargas Sub Máximas; Biomecánica.

ABSTRACT

The present work of degree, is seen from the observation of biomechanical factors in the technical gesture of the load with the immediate loads, which consists in identifying the technical errors during the execution of the squat in order to identify the possible injuries in the backbone of individuals who perform physical activity in the gym Humbert Gym in the city of Palmira. The population consisted of physically active subjects and the sample consisted of 3 men and 3 women respectively. To perform the biomechanical analysis of the communication, the Kinovea program version 0.8.15 was used, taking from a lateral and posterior perspective. The results determined that there is a greater predominance of movements that imply asymmetric lever thrusts, compensations derived from the above and very steep inclinations of the torso inclination that, in the short or medium term, in favor of the clients in the intervertebral discs, sprains in the lumbar area, osteoarthritis, etc. As a recommendation, it is considered that this is the type of commercial commercials with qualified personnel as the best oriented to the execution of this type of stimulus.

Keywords: Squat; Kinetic chain; Submaximal loads; Biomechanics.

TITULO

Análisis biomecánico de la sentadilla con cargas sub-máximas, como elemento identificador de posibles lesiones deportivas en columna en personas que asisten regularmente al gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de grado se lleva a cabo en las instalaciones del gimnasio Humbert Gym de la ciudad de Palmira, se escogieron como muestra a 6 sujetos con el propósito de analizar la ejecución de una sentadilla con intensidades submáximas para determinar qué factores durante la técnica inducen a futuras lesiones en la columna vertebral. Este trabajo de grado cuantitativo descriptivo pretende analizar el desarrollo del gesto técnico de la sentadilla con ayuda del programa kinovea versión 0.8.15. Para los resultados, se realizó una búsqueda enfocada a el modelo ideal en cuanto a la ejecución del gesto técnico de la sentadilla y, se contrarresto con el gesto técnico de los sujetos observados. Se determinó que la mayoría de sujetos en comparación con el deportista modelo, efectúan unas retracciones y compensaciones musculares que indican una mala ejecución de la técnica por lo que, se pudo observar que las trayectorias de inicio y final en la ejecución de la flexo-extensión de cadera y rodilla oscilan y, no son estables en cuanto a la alineación y verticalidad de la columna vertebral.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado cuenta con 8 capítulos a través se configura la base para analizar biomecánicamente el gesto técnico de la sentadilla.

El capítulo número uno cuenta con los antecedentes, que corresponden a investigaciones previas realizadas en Ecuador, Argentina, y España como principal potencia en investigación, en ellas, se obtiene el fundamento para dictaminar un análisis en profundidad en lo que respecta al movimiento.

Se prosigue con el planteamiento del problema, en este se evidencia la participación de 6 sujetos de prueba de los cuales 3 eran varones y 3 mujeres; las edades oscilaban entre los 23 y 42 años. También, se determina el lugar en donde entrenan, el cual es el gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Posteriormente, el tercer capítulo cuenta con los objetivos, de los cuales, el principal es observar el gesto técnico de la flexo-extensión de cadera y rodilla, para estudiar la postura durante la sentadilla y mirar la posibilidad e identificar posibles lesiones en la columna vertebral durante la ejecución de un ejercicio.

El cuarto capítulo se centra en la estrategia metodológica, este describe que el criterio de selección que se llevó a cabo fue mediante un muestreo aleatorio simple con sujetos que llevan entrenando entre 2 y 5 años. A su vez, muestra que se realizó una encuesta de valoración previa y, se empleó el programa Kinovea versión 0.8.15 con el fin de analizar el recorrido de determinados segmentos corporales, ejes de movimiento, ángulos, trayectorias y demás que permitieron realizar una observación objetiva en lo que respecta a la ejecución de la sentadilla.

Por otra parte, en el quinto capítulo se desarrolla el marco de referencia, el cual está compuesto por el referente legal que contiene las normas que rigen sobre las leyes 181 de enero 18 de 1995, la constitución política, entre otras. A su vez, en el referente conceptual se conceptualizan tres aspectos relevantes del trabajo los cuales son: la biomecánica, sentadilla y carga, se indaga sobre la columna y sus posibles lesiones.

En el sexto capítulo se encuentran los análisis de resultados. Donde los principales resultados demostraron que, a pesar de que en la mayoría de los casos se presentan buenos ángulos de flexión y mantienen un normal rango articular, siguen existiendo falencias en lo que respecta a la simetría, bien sea durante la extensión o la flexión durante la ejecución del gesto técnico de la sentadilla.

Ahora bien, dentro del séptimo y octavo capítulo están las conclusiones y recomendaciones. Se concluyó que las compensaciones de otros segmentos corporales, desplazamientos nocivos y curvaturas en el plano coronal y sagital forzadas, ejercen mucha presión lumbo-sacra que afectan en gran manera a la columna vertebral. Por otra parte, en las recomendaciones es pertinente, continuar investigando la ejecución de este movimiento con cámaras de más alta resolución que permiten tener una imagen mucho más fidedigna para un análisis más óptimo de los segmentos corporales involucrados en la acción mecánica.

Finalmente, se encuentra el referente bibliográfico y los anexos, donde se localiza la responsabilidad de derechos de autor en cuanto a la construcción teórica del pertinente trabajo de grado, a su vez, las encuestas, consentimientos y fotografías de los sujetos de prueba.

TEMA

Biomecánica.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad, los estudios biomecánicos tienen el propósito de analizar los gestos técnicos en diferentes disciplinas deportivas con el fin de aportar ventajas significativas en el mejoramiento de las capacidades condicionales y coordinativas, por lo tanto, existen acciones motrices y un sinnúmero de cualidades inmersas en el movimiento anatómico del ser humano que valen la pena ser estudiadas. En la mayoría de los casos el análisis y aprendizaje. Se enfoca en mejorar el rendimiento del atleta, a su vez, ver las deficiencias y atacar estos puntos de acción para llegar a la perfección del movimiento.

Por lo anterior, se proporcionarán referencias que inciden en la técnica y ejecución de la sentadilla, y se presentarán diversos estudios donde se evidencia el manejo de la fuerza muscular en la sentadilla, el aporte biomecánico y los efectos colaterales.

Es por esto que resulta oportuno mencionar el estudio de Chato., Mora., y Santiago (2018), debido a que realizaron un análisis biomecánico de la técnica de sentadilla en los fisicoculturistas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. El objetivo principal era describir la técnica de la sentadilla en los fisicoculturistas amateurs de la Universidad, para ello, el análisis fue llevado a cabo con el software Kinovea versión 0.80.15. Este estudio es de tipo descriptivo, transversal, observacional, por lo que se recabaron datos a través de un cuestionario en donde los ítems usados correlacionaban demografía, entrenamiento, dolor y lesiones recientes o pasadas. En los principales resultados obtenidos mencionan que no hay una relación correcta entre las posiciones angulares del gesto sentadilla, la frecuencia de la realización del gesto, posición y ángulo de la cadera. Por tanto, mientras que en la frecuencia semanal de entrenamiento se alineaban moderadamente los

ángulos, en comparación con los parámetros de literatura de ejecución en la sentadilla, se concluye que los fisiculturistas no cumplen con una correcta ejecución del gesto técnico.

Seguidamente, el artículo expuesto por Lavorato y Pereira (2009), llevado a cabo en Buenos Aires Argentina, expresa mediante una exhaustiva revisión bibliográfica que el ejercicio de sentadilla siendo de un uso importante por profesionales de la salud, preparadores físicos, entrenadores y demás, por ser uno de los ejercicios más completos para el desarrollo de la fuerza en deportistas, genera polémica en cuanto a los efectos colaterales del gesto técnico. Por ello, profesionales de la salud hacen mención sobre el riesgo en potencia de lesión en la columna y rodillas. Recomiendan al ejecutante que mantenga la espalda lo más recta posible durante la ejecución de la sentadilla. Luego de analizar la causa de los errores más frecuentes, el estudio concluyo que, para lograr una correcta ejecución técnica, el sujeto debe tener un equilibrio mecánico en la musculatura del tren inferior y, de no ser así, este producirá movimientos compensatorios durante el desarrollo del ejercicio que desviarán la ejecución correcta de la técnica, generándole lesiones. Por lo tanto, en el caso de las personas que no reúnan las condiciones mínimas para la ejecución de la sentadilla, deben optar por ejercicios sustitutos donde el peso no sobrecargue a la columna lumbar para tener un excelente desempeño al realizar la sentadilla.

Por otra parte, Heredia., Chulvi., Isidro., Marín., y Ramón (2007), realizaron un estudio crítico y análisis de ejercicios saludables de acciones articulares con potencial riesgo lesivo en España, para determinar si la controversia que se lleva a cabo durante décadas es ficticia o real. El ejercicio más discutido es la sentadilla, la cual es una flexo-extensión de rodilla y cadera en todo el rango articular. Así pues, mencionan que el ejercicio en sí no es lesivo, sino la utilización de un rango de movimiento en la acción de flexión de rodilla donde exista una situación desfavorable para la integridad articular.

Además de incluir una serie de mecanismos que incrementan la magnitud de la potencialidad ejercida en tal acción, se desenvuelven en factores que son: la capacidad biológica de las estructuras anatómicas para soportar y adaptarse a niveles tensión, la intensidad de la acción articular, la cual está relacionada con la resistencia a vencer en aspectos biomecánicos de la ejecución de torque, la repetitividad-densidad a la que es referida el volumen en cuestión de repeticiones por sesión con fases de recuperación. A su vez, los factores intrínsecos que se relacionan principalmente con aspectos de las estructuras anatómicas, la edad, la capacidad de adaptación y umbrales de fatiga; así como los factores ambientales los cuales pueden incidir de manera determinante sobre la potencialidad lesiva de una acción, por ejemplo, el estado de material implicado en el ejercicio, incomodidad y sobre entrenamiento.

Por lo anterior, el resultado de este análisis concluye que determinadas acciones articulares poseen un alto potencial lesivo en alguna de las situaciones anteriormente expuestas, bien sean por el mal uso de las metodologías de entrenamiento propuestas o porque sujetos incurran en violaciones a las normas de ejecución y que el material a disposición no tenga las normas de seguridad mínimas para su uso.

Es pertinente mencionar el estudio realizado por Arnal (2018), en este se analizó la asimetría rotuliana como marcador de riesgo del dolor femoro-patelar, a través de elementos finitos como la presión en la sentadilla mediante la implementación de técnicas de computación, a partir de pruebas de imagen tridimensionales en el Hospital Gregorio Marañón de Madrid España. Metodológicamente, es un estudio analítico experimental en el cual se correlaciona la anatomía rotuliana según el tamaño relativo de las dos facetas posteriores con la magnitud de fuerzas que la rótula soporta.

Por otra parte, en la simulación de la sentadilla, se analizaron rótulas tipo I, II y III; en distintos ángulos, los resultados fueron de: 30°, 60° y 90° de flexión de la rodilla, su objetivo principal fue averiguar las causas potenciales del dolor generado en una vista anterior de la articulación. El dolor generado se presenta primordialmente en mujeres y adultos jóvenes, esto debido a el dolor de origen femoro-patelar es una de las causas más frecuentes en la rodilla. Durante el estudio se utilizaron fuentes matemáticas y de estadística; arrojando como resultado que el 95% muestran una diferencia en las fuerzas causantes del dolor de rodilla en vista anterior en función del tipo de rótula, localizando un grupo muy reducido de mecano-receptores y aumento del stress en una agrupación mayor de receptores en un área. Lo que conlleva aceptar la existencia de que un tipo de rótula concreta es un marcador de riesgo independiente por el aumento de presión y tensión en la articulación femoro-patelar.

Para esclarecer, es pertinente abordar la investigación realizada por Quishpe (2017), en la ciudad de Quito, Ecuador, donde por medio de un análisis biomecánico con el software Kinovea se estudió la efectividad del uso de la faja lumbar en los levantamientos de peso en personas que realizan la sentadilla media en el Gimnasio Guerra. Esto tuvo como objetivo principal resolver si el uso de la faja lumbar para el levantamiento con cargas, representa un cambio significativo en el gesto de la persona. Metodológicamente, se hizo una comparativa entre dos grupos de personas, aquellos que no usan faja lumbar y aquellas personas que si utilizaban faja lumbar al momento de realizar ejercicio. Los resultados obtenidos de cada persona mediante el software utilizado fueron: por todas las variables verificadas, no se obtuvo un cambio significativo en ambos grupos con respecto al gesto realizado, demostrando así, que no existe diferencia con respecto a la faja en el momento de realizar el ejercicio. Asimismo, su propiocepción manifiesta facilidad al realizar el gesto técnico en los que utilizan la faja lumbar.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. CONTEXTO

En la actualidad, Colombia posee una población de 49'992.940 habitantes, de estos el 51,4% corresponde a personas de género femenino y 48,6% a individuos de género masculino (DANE, 2018). Tomando en cuenta lo anterior y de acuerdo a Gonzalez, S., Sarmiento, O., Lozano, O., Ramirez, A., y Grijalba, C, (2014) el promedio de edad de la población adulta corresponde a 37,7 años y existe una gran diferencia entre la cantidad de hombres que realizan actividad física en comparación de las mujeres, puesto que estos poseen más tiempo libre, caminan y tienden a usar más la bicicleta como medio de transporte. Además, esta situación es similar en aquellas personas que pertenecen a un bajo nivel socio económico, ya que en contraste con los individuos que tienen sisben nivel 4, 5 y 6, presentan una menor disponibilidad para la práctica de algún tipo de actividad física y/o deporte.

Ahora bien, en este país existen alrededor de 1752 centros de acondicionamiento físico, lo que ubica a Colombia como la quinta nación con más establecimientos de este tipo en Latinoamérica (Cubillos, 2018). Lo anterior se debe en gran medida a que estos han estado involucrados en el constructo sociocultural; en ellos, las personas tienen la pretensión de mejorar su calidad de vida, optimizar sus capacidades físicas, modelar estéticamente su imagen corporal y, en última instancia, competir. Dicho de otro modo, los gimnasios convencionales y/o tradicionales ofrecen servicios relacionados con la práctica de actividad física y gozan de gran aceptación porque, además de ser una creciente tendencia, sus costos no son muy elevado; es común hallar uno cerca del hogar de residencia de un individuo corriente y son lugares que poseen un horario de atención promedio de 15 horas.

En el municipio de Palmira se encuentran alrededor de 35 gimnasios ubicados en distintos sectores de la ciudad, algunos de los más reconocidos a nivel nacional e incluso a nivel latinoamericano son el SmartFit y el BodyTech, seguidos por gimnasios reconocidos a nivel nacional y que aún permanecen en la cabecera municipal como el Humbert Gym y sus sedes; luego existen otros que no tienen mucho reconocimiento como los gimnasios Ángel, Hollywood, Sabrina, entre otros. Además, el municipio cuenta con 308.671 habitantes, de los cuales, el 51,71% corresponde a la población femenina y el 48,29% a la masculina. La actual administración municipal ha realizado una importante inversión social en lo que respecta a generar espacios que propicien la práctica de la actividad física y del deporte como medios para adquirir hábitos de vida saludables.

De lo anterior, el abordaje que se quiere tener en este tipo de trabajo es dedicar tiempo al cuidado de la salud, eficacia de movimiento e higiene postural, para mejorar la calidad de entrenamiento de las posibles personas que empiecen un programa de acondicionamiento y, a su vez, encaminar a los individuos a observar, corregir, reevaluar y mejorar la técnica de ejecución de la sentadilla para evitar posibles lesiones.

FORMULACIÓN

Al abordar el problema de investigación, surge el siguiente interrogante: ¿Es posible identificar lesiones deportivas en columna a través de un análisis biomecánico de la sentadilla con cargas sub-máximas?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Observar biomecánicamente el gesto técnico de la flexo-extensión de cadera y rodilla -*sentadilla*- con cargas sub-máximas, como elemento identificador de lesiones deportivas en columna en personas que asisten regularmente al gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la postura del gesto técnico de la flexo-extensión de cadera y rodilla -*sentadilla*- con cargas sub-máximas, en personas que asisten regularmente al gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.
- Analizar mediante el software Kinovea versión 0.8.15, el gesto técnico de la flexo-extensión de cadera y rodilla -*sentadilla*- con cargas sub-máximas, en personas que asisten regularmente al gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.
- Identificar mediante los ángulos y trayectorias que el software Kinovea versión 0.8.15, arroja de la flexo-extensión de cadera y rodilla -*sentadilla*- con cargas sub-máximas, las posibles lesiones deportivas en columna en personas que asisten regularmente al gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

4.1. ENFOQUE Y MÉTODO

La investigación tiene como enfoque tipo cuantitativo de método descriptivo transversal, ya que permite aplicar y estudiar los fenómenos desde la perspectiva praxiológica, esta estrategia contribuye abordar aún más sobre los factores que pueden influir en las posibles lesiones por una ejecución poco idónea de la sentadilla.

4.2. UNIDAD DE ANÁLISIS

Esta investigación se desarrolló con sujetos que entrenan en el gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira, la muestra contiene 6 individuos, 3 hombres y 3 mujeres. El criterio de selección para los deportistas de prueba se obtuvo mediante un muestreo aleatorio simple en sujetos que llevaban mínimo dos años de entrenamiento y máximo cinco.

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizaron técnicas de recolección de datos tales como: encuestas, fotos y videos. Por su parte, el software Kinovea versión 0.8.15 es para este trabajo de grado una de las fuentes primarias porque ofrece una visualización más detallada de los ejes de movimientos, ángulos, trayectorias y demás lo que permite una observación en cuanto al gesto técnico de la sentadilla.

Además, y como complemento, las consultas bibliográficas, asesoramientos y diarios de campos, permitirán un abordaje mayor debido al movimiento osteoarticular y muscular en la flexo-extensión de cadera y rodilla, lo que permitirá un análisis biomecánico en cuanto al gesto técnico de la sentadilla.

Instrumentos:

Tabla 1.

Formato de encuesta de valoración previa.

ENCUESTA			
FECHA / / /			
Datos socio demográficos:			
Nombre:	Edad:	Sexo: Hombre () Femenino ()	
1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio?	6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión?		
	() Más de 6 meses		
2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día?	() De 3 a 6 meses		
() 30 minutos	() De 1 a 6 meses		
() 60 minutos	() Lesión actual		
() 90 minutos	7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio?		
() 120 minutos	() No () Si		
() Más de 120 minutos	8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio?		
3. ¿Cuál es su frecuencia semanal?			
() 1 a 2 veces	() Sí, siempre		
() 2 a 3 veces	() Sí, a		
() 3 a 4 veces	() veces		
() 4 a 5 veces	() No, porque sé a manejado sólo.		
() 5 a 6 veces	9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión?		
4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión).	() Continué haciendo las actividades, pues ese dolor pronto ira a pasar.		
() No () Si	() Dejó de hacer solo algunas actividades		
5. ¿En qué parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar).	() Dejó de hacer todos los ejercicios		
() Columna () Cadera			
() Hombro () Rodilla			
() Codo () Tobillo			
() Muñeca () Otros			

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Los instrumentos utilizados para la toma de datos fueron:

Cámara de celular Samsung Galaxy J7 2016 de 12 megapíxeles, sistema Android Nougat 7.0 y cámara de celular Moto G5 de 13 megapíxeles con sistema Android Nougat 7.0.

Se implementó un instrumento con preguntas abiertas que fue diseñado a partir de esta investigación, de igual manera se tomó como referencia a un deportista de alto rendimiento de levantamiento de pesas para realizar una comparación en las trayectorias y ejes en la técnica de la flexo-extensión de cadera y rodilla.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. REFERENTE LEGAL

A continuación, se exponen los siguientes parámetros normativos que reglamentan todo lo relacionado con la supervisión, promoción y regulación de los centros de acondicionamiento físico, los cuales hacen parte del tema principal del presente trabajo:

La Constitución Política de Colombia de 1991 en su artículo 52 reconoce la práctica de la actividad física, el deporte, la recreación y el aprovechamiento del tiempo libre como un derecho social. Además, declara que el estado inspeccionará todas las organizaciones deportivas.

Derivado de lo anterior, el Segundo Acto Legislativo del año 2000 modifica el artículo 52 de la Constitución política de Colombia de 1991 y redefine el derecho de la práctica y el ejercicio de cualquier actividad deportiva ya que encuentra una relación directa entre este y una notoria mejoría en la calidad de vida de los participantes. Sumado a ello, declara que hace parte de la educación y que constituyen, de por sí, un gasto público social.

Por su parte, la ley 181 de 1995 en el artículo 81 establece que las organizaciones comerciales de actividad física y deporte serán vigiladas por los entes deportivos municipales, quienes tendrán que velar porque el servicio se adecúe a las respectivas normas de salubridad, higiene y aptitud deportiva.

Por último, la ley 729 del año 2001 en los artículos 1, 2, 3 y 4 crean los Centros de Acondicionamiento y Preparación Física en Colombia –CAPF-; además, se generan los parámetros para establecer su regulación, funcionamiento, administración y pretensión. De hecho, en esta se manifiesta que los CAPF's deben ser dirigidos por profesionales de la salud, en deporte y/o por licenciados en educación física.

5.2. REFERENTE CONCEPTUAL

5.2.1. BIOMECÁNICA

5.2.1.1. Concepto

Primeramente, para entender sobre los movimientos naturales del ser humano y sus fuerzas de aplicación, es necesario indagar sobre la biomecánica, sus usos y diferentes aplicaciones en la actualidad.

5.2.1.2. Análisis biomecánico

Ahora bien, Vélez (2006), define como análisis biomecánico al registro de movimientos corporales que tiene la finalidad de ayudar a comprender los mecanismos biológicos por medio de diferentes disciplinas como la fisiología, la anatomía, la mecánica, las matemáticas y la ingeniería. Dicho de otro modo, un análisis biomecánico es un proceso mediante el cual se analiza el movimiento en el cuerpo de un individuo, por lo tanto, las intervenciones de diferentes ciencias explican la funcionalidad, la estructura, la longitud y la cantidad de fuerza generada por el gesto mecánico realizado.

Por su parte, Reppeto (2005) considera al análisis biomecánico como la interpretación, por medio de la física mecánica, de los movimientos llevados a cabo por el cuerpo humano, su fuerza, el diseño de las articulaciones y la clase de acción motriz. Es decir, se refiere a la acción de examinar la relación biológica de los factores inmersos en el movimiento y, al mismo tiempo, detalla características físicas, funcionales y fisiológicas de las estructuras anatómicas involucradas en él.

Ahora bien, Izquierdo y Redín (2008) definen la biomecánica de la siguiente manera:

En el término «Biomecánica» coexisten dos elementos, el biológico y el mecánico, aspectos que se encuentran en la mayoría de las definiciones de esta palabra. La Biomecánica puede definirse como el estudio de los fenómenos biológicos a través de los métodos de la Mecánica. Esto implica que tiene como objetivo el estudio de las fuerzas externas e internas (cinética) y de los movimientos asociados que afectan al ser humano y a los animales (cinemática).

De lo anterior, se puede interpretar que la biomecánica es un conjunto de estudios biológicos y mecánicos los cuales se encuentran dentro de las ciencias tales como la matemática, la física entre otras ciencias exactas, además de las corporales y fisiológicas encargadas de demostrar el porqué del movimiento, secuencia y trayectoria del mismo.

Posteriormente, se puede inferir que, dentro de los diferentes estudios realizados en la actualidad, se encuentra que el hombre está en constante búsqueda de perfeccionar los movimientos voluntarios que el cuerpo realiza dentro de su cotidianidad. Por lo tanto, para Espinosa (2005), existe una estrecha relación entre el sistema locomotor y el sistema nervioso, por lo que son base fundamental del crecimiento y desarrollo desde la niñez hasta la adultez. Todo empieza con funciones orgánicas de base y se entrelazan movimientos que van desde lo básico a lo complejo tales como: rodar sobre su eje, reptar, gatear, sustentarse, caminar erguido, correr, saltar, entre otras habilidades que va desarrollando con el tiempo y madurez neuromuscular.

Ahora bien, las características de movimientos realizarán un cambio fundamental en la maduración mecánica; dentro del orden biológico la variabilidad musculo-esquelético de cada ser

humano entrega a cada estudio resultados únicos, por tal motivo estos hacen una diferenciación entre el estudio natural y la perfección de técnica en movimientos de alta competitividad.

Cabe agregar que, existen diversos patrones motores que son utilizados en los deportes, estos corresponden al mejoramiento de las diferentes técnicas utilizadas. Es así como, para Aedo y Bustamante (2015), la biomecánica se encuentra en constante cambio y es por eso que los estudios se relacionan directamente con las ciencias exactas; en este caso con la matemática y la física. Los estudios que son realizados llegan a permitir un resultado cuantitativo para ser analizados con detalles y favorecer en el mejoramiento de los movimientos ejecutados por el cuerpo humano.

No obstante, para los deportes, la formación de estos se fundamenta en el aprendizaje fluido y perfecto de una técnica, ya que esta le permite al deportista obtener una cierta ventaja en el ciclo competitivo. Por consiguiente, para Bermejo (2015) la biomecánica le ofrece a los deportistas y a los entrenadores, un manejo más detallado frente a las técnicas usadas en cada deporte. Por lo tanto, para este autor el uso frecuente de la ley física newtoniana, la cual describe los movimientos, la biomecánica es un componente importante para el desarrollo óptimo del rendimiento en competencia.

5.2.1.3. EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA

Es entendida, desde el punto de vista del entrenamiento y la planificación deportiva, como la suma de los estímulos necesarios para generar estrés y, consecuentemente, una adaptación al organismo de un atleta (Platonov, 2001). Esta, a su vez, se clasifica en dos tipos: la carga externa y la carga interna. La primera se refiere a la relación que existe entre los dos componentes de la carga, el volumen y la intensidad; la segunda obedece a todo el conjunto de reacciones bioquímicas,

fisiológicas y orgánicas que tienen lugar en el cuerpo del individuo como respuesta a la carga externa a la que es sometido.

Cadena cinética abierta y cadena cinética cerrada

Ejercicios cadena cinética cerrada -CCC-

Se definen como aquellos ejercicios que implican una acción motriz en el que el extremo distal se halla fijo y el proximal es el encargado de generar la resistencia a un empuje de origen exterior (Sanchez, 2016). También como aquellos movimientos que tienen como finalidad producir fuerza manteniendo el extremo distal en un punto fijo (Urrialde, J., y Jimenez. J., 2007). Dicho de otro modo, los ejercicios de cadena cinética cerrada –CCC- son movimientos que implican la acción motriz de múltiples estructuras articulares, donde la producción de fuerza se concentra principalmente en los segmentos proximales de las extremidades y la sustentación de estas en los distales.

Ahora bien, la sentadilla es considerada una de los ejercicios de cadena cinética cerrada por excelencia ya que implica la acción directa de músculos anteriores y posteriores del muslo, tales como el recto femoral, el vasto lateral, el vasto medial, el vasto intermedio, el bíceps femoral, el semimembranoso, el semitendinoso, el sartorio y los gemelos; mientras las piernas se encargan de fijarse en suelo y ofrecer un sustento para el cuerpo durante la acción (Toledo, 2016). Además, su ejecución es controlada puesto que el tobillo, la rodilla, la cadera y las vértebras lumbares se encargan de dirigir la dinámica de la flexión y extensión que es llevada a cabo.



Figura 1. Sentadilla: ejercicio de cadena cinética cerrada -CCC-.

Fuente: Imagen recuperada de: <https://www.menshealth.es/centro-entrenamiento/ejercicios/buenos-dias-con-mancuerna-y-sentadilla>.

Ejercicios de cadena cinética abierta -CCA-

A diferencia de los ejercicios mencionados anteriormente, estos se caracterizan por llevar a cabo una acción motriz donde el extremo proximal se encuentra fijo mientras el distal genera la fuerza suficiente para hacer resistencia a un empuje al que es sometido (Prentice, 2012). Otros autores lo definen como los movimientos que generan un desplazamiento del punto ubicado en el extremo distal de una extremidad para producir una palanca mientras el cuerpo permanece inmóvil (Kisner y Colby, 2007) En otras palabras, los ejercicios de cadena cinética abierta -CCA- se refieren a aquellas acciones de carácter motriz que implican la participación de múltiples estructuras articulares en los que la producción de fuerza se concentra principalmente en los extremos distales de las extremidades y la sustentación de estas en las zonas próximas al cuerpo.

Contracción isométrica e isotónica

Como contracción muscular isométrica se entiende todo tipo de tensión generada sobre las fibras musculares, que componen determinado segmento corporal, sin generar o producir ningún tipo de movimiento (Saeterbakken, A. H. y otros 2007). Es decir, son contracciones que se

caracterizan por mantener una posición determinada en estado de inercia con el cuerpo sin ejecutar alguna acción motriz durante un tiempo en específico. Un ejemplo claro de esto es la posición de plancha en Yoga, ya que el individuo se ubica en posición decúbito prono sosteniéndose en cuatro apoyos y generando una tensión en la zona abdominal que le permite mantener elevado su torso y alejarlo del suelo.



Figura 2. Plancha de yoga

Fuente: Imagen recuperada de:
https://books.google.com.co/books/about/Therapeutic_Exercise.html?id=phtnQgAACAAJ&redir_esc=y

Por otra parte, la contracción muscular isotónica es definida como toda acción de las fibras musculares que, debido a la participación conjunta de todo un segmento corporal, desemboca en algún tipo de movimiento, puesto que hay un acortamiento de la longitud del músculo antagonista –contracción concéntrica- y una elongación del músculo antagonista –contracción excéntrica- para llevarlo a cabo (Garcia y Serrano, 2017). En otras palabras, son las contracciones musculares que permiten la ejecución de un movimiento que implica la extensión y la flexión de dos o más segmentos corporales que participan en él. Por ejemplo, el curl de bíceps es un ejercicio que consiste en la extensión de la articulación del codo que genera una contracción excéntrica en el bicep y su posterior contracción concéntrica durante la flexión de este.

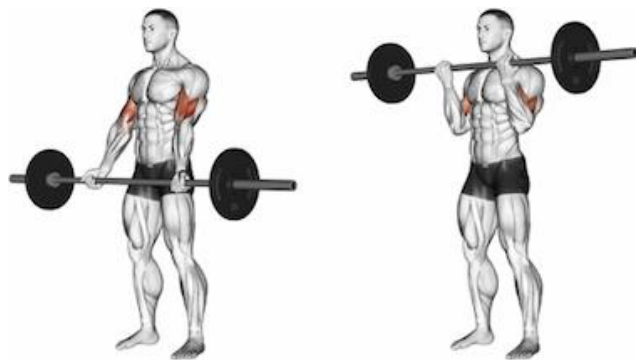


Figura 3. Extensión y flexión en curl de bíceps.

Fuente: Imagen recuperada de:

<https://www.menshealth.es/centro-entrenamiento/ejercicios>

5.2.1.4. CARGA

Tschiene (1984) define a la carga como la fase más relevante del entrenamiento debido a que es llevada a cabo a través de acciones motoras conscientes que poseen un “objetivo determinado”. Mientras que Matveyev (1987) la entiende como la cantidad de reacciones que tienen lugar en el estado funcional del organismo debido a la acción de determinados ejercicios corporales. Dicho de otro modo, la carga es la suma de todos los factores que producen un estrés en la capacidad funcional del individuo que es sometido a una sesión de entrenamiento que posee fin específico en su rendimiento deportivo.

Para Verkhoshansky (1990) la carga en el entrenamiento deportivo es el “trabajo muscular que implica en sí mismo el potencial de entrenamiento derivado del estado del deportista, que produce un efecto de entrenamiento que lleva a un proceso de adaptación”. Verkhoshansky (2002) agregó “la cantidad de trabajo hecho, su efecto sobre el cuerpo y el efecto psicológicamente así mismo, percibido por el deportista”. En otras palabras, la carga es planteada como la cantidad de estrés metabólico necesario para generar una adaptación que optimice las capacidades, no solo funcionales y coordinativas, sino también cognitivas.

Como se mencionó anteriormente, la carga se entiende como el conjunto de volúmenes e intensidades como dos elementos externos. El volumen es definido como el componente cuantitativo del entrenamiento, es decir, es la cantidad total del trabajo a realizar y se refiere a las series, a la cantidad de repeticiones o a las distancias que se deben abarcar durante una sesión. Por su parte, la intensidad es considerada como el componente cualitativo del entrenamiento deportivo o, dicho de otro modo, se refiere a la cantidad de estrés al que va a ser sometido el organismo del atleta, por lo que es medido de acuerdo a los cambios metabólicos que ocurren durante la sesión por medio de la frecuencia cardiaca, concentración de lactato en sangre o la velocidad con la que la sangre transporta el oxígeno -MVO₂-. (Weineck, 2005).

Cargas submáximas

De acuerdo con Morán (2008) las cargas submáximas se refieren a una cantidad de trabajo e intensidades específicas en un estímulo necesarias para generar el crecimiento de las fibras musculares o también llamada hipertrofia muscular. De hecho, se plantea que los porcentajes idóneos de intensidad para conseguirlo se encuentran en el intervalo que va del 70% al 85% y solo es recomendable ejecutar de 6 a 12 repeticiones.

Objetivo	Intensidad	Repeticiones aproximadas
Fuerza máxima	85 a 100%	1 a 5
Hipertrofia	70 a 85 %	6 a 12
Fuerza resistencia	40 a 70 %	15 a 25
Resistencia	1 a 40 %	26 a...

Figura 4. Cuadro de objetivos afines al porcentaje de intensidad y repeticiones aproximadas.

Fuente: Morán (2018, p. 17).

De igual forma, Marchante (2008), considera a la carga submáxima como “la cantidad de esfuerzo” y trabajo necesario para el máximo desarrollo de la hipertrofia. Es más, aclara que solo una “intensidad media-alta” -70% al 85%- y una cantidad de tres a cuatro series compuestas de seis a doce repeticiones respectivamente, por cada ejercicio, pueden potenciar de forma eficiente el crecimiento muscular.

Relacionado con lo anterior, Forteza (2000) considera que un sistema de planificación para el aumento y desarrollo de la masa muscular, se fundamenta por crear un orden donde el método y la carga se relacionen de manera proporcional. Esta proporcionalidad se define en su teoría como directa, donde la carga se formula mediante los diferentes métodos de ejercicios sistemáticos y repetitivos, esto con el fin de ir creando una adaptación funcional en el individuo.

Ahora bien, la carga submáxima se entiende como el estímulo cuya intensidad se encuentra dentro del intervalo de 65% a 85% de la repetición con peso máximo (Delavier, 2012) Este tipo de estímulos son de naturaleza anaeróbica, poca presencia de oxígeno, y tienen como objetivo generar hipertrofia; es decir, inducir traumas microscópicos en las fibras musculares esqueléticas para incrementar el diametro de estas y, del mismo modo, producir un aumento en el perímetro de los musculos durante el periodo de descanso (Lopez, J., y Fernandez, A., 2006). Por tanto, es facil entender el porqué se usan estímulos dentro de estos rangos de intensidad en los gimnasios convencionales puesto que generan, a mediano plazo, una ganancia sustancial de masa muscular en comparación de otro tipo de estímulos.

5.3. SENTADILLA

5.3.1.1. Concepto

Para empezar, una flexo-extensión de rodilla y cadera -sentadilla- es considerado en la actualidad como un ejercicio básico en el área de educación física y a nivel deportivo, por medio de este ejercicio la persona puede generar resistencia en el tren inferior, optimizar el desarrollo de la fuerza máxima, entre otras. Referente a lo mencionado anteriormente, para el autor Cardona (2015), aunque existan variantes de la sentadilla con el fin de facilitar su ejecución para la obtención de una sentadilla fácil y segura, existen dos variables, una variable tal como la intrínseca la cual se determina por un aspecto morfo funcional y genético, por segunda variable se encuentran las extrínsecas, las cuales son variables estimuladas por la nutrición y el entorno en la cual se encuentra el deportista.

Por lo siguiente, una flexo-extensión de cadera y rodilla hace un uso completo de nuestro sistema musculo-esquelético, esto en base a que nuestro tren superior sirve como eje, otorgándole al cuerpo una estabilidad, mientras que el tren inferior realiza una acción de empuje. Los autores Sánchez y Sánchez (2011), propiciaron de acuerdo a sus anexos teóricos que, una sentadilla libre reduce la acción de empuje, ya que su principal fuerza está presente en el tren superior del deportista y al adicionarle una barra sin carga, esta produce una mejor estabilidad, dando como resultado un tono muscular más rápido a comparación de la ejecución de la flexo-extensión libre.

Ahora bien, una sentadilla es uno de los ejercicios más propicios para la formación de masa muscular, fuerza y resistencia en miembros inferiores, siempre y cuando nuestra técnica sea la correcta, el conocer nuestro cuerpo será pieza clave para una ejecución suave y funcional. Sin embargo, hay algunos archivos como el presentado por Rudolph (2013) en el cual mencionan la

importancia que tiene la flexibilidad de nuestros tobillos y los cuidados que estos deben tener a la hora de la ejecución de una sentadilla con cargas, un trabajo de flexibilidad acondicionará los tobillos, lo cual generará que estos mismos no deban levantarse del suelo. El reconocer nuestra estructura locomotora nos harán más responsables sobre el uso correcto de las técnicas.

Dentro de los estudios actuales la sentadilla, es foco de polémica entre los profesionales de la salud y entrenamiento, ya que al ser uno de los ejercicios básicos posee variabilidad en la ejecución, en el manejo de intensidades y repeticiones. Para dar continuidad, los autores Lavorato y Vigario (2009) mencionan que el sujeto que desee realizar una flexo-extensión de rodilla y cadera deberá tener un equilibrio conformado en musculación en el tren inferior, esto hace referencia a que no solo nuestro tren superior deberá tener toda la fuerza capaz de ejercer un eje compensatorio sino que de igual manera nuestras estructuras musculares en el tren inferior, ya que al no tener esta fuerza mecánica, nuestro cuerpo realizará movimientos compensatorios los cuales desviarán la técnica y se ejecutará de manera incorrecta aumentando las posibilidades de lesiones en el tren inferior y/o columna.

Posteriormente según Rudolph (2013), menciona que una mala técnica en ejecución de la sentadilla puede provocar lesiones, también refiere a la importancia de la flexibilidad en los tobillos, y por lo tanto manifiesta lo siguiente:

(...), la flexibilidad de los tobillos es indispensable para el equilibrio apropiado cuando se ejecutan las sentadillas. Si la flexibilidad en esa área es baja, los talones tenderán a elevarse del piso durante la parte descendente del movimiento. Se ha mostrado que esto puede resultar en un movimiento compensatorio de las articulaciones, especialmente en la rodilla, causando un daño potencial. (pág. 1).

Con esto quiere decir que, una buena movilización articular con buen rango de flexibilidad, permiten un mejor desenvolvimiento en la cadena cinética completa de ejecución en la sentadilla, además, si el gesto se mantiene estable en los ángulos de trayectoria del movimiento y no existen oscilaciones, la sentadilla no será lesiva, sin embargo, si lo anterior no es tenido en cuenta, el riesgo de lesión será alto.

En cuanto, a Heredia., Chulvi., Isidro., Marín y Ramón (2007), precisan que no existe una clasificación de ejercicios lesivos, sino que dependiendo del uso o abuso de ellos se produce un beneficio o una lesión ya que precisamente se enmarcan los movimientos como algo que el cuerpo entiende por si solo, como un mecanismo de acción bien sea fuerte o débil, a su vez, hacen referencia a lo siguiente:

(...) la primera cuestión a entender es que el organismo no entiende de ejercicios, sino más bien de movimientos (acciones articulares), el organismo mueve y controla el sistema músculo-esquelético. De manera simple podemos decir que el organismo no entiende si realiza una sentadilla o un ejercicio de pilates, simplemente realiza (en una secuencia dirigida por el sistema neuromuscular) acciones articulares tipo flexo-extensión de rodilla, abducción de cadera, flexión de tronco, etc...Así pues no podemos seguir pretendiendo entender las implicaciones que conllevan estas acciones articulares o parte de ellas sobre nuestras estructuras anatómicas, como un "ataque" a determinados métodos, sistemas o ejercicios.

En este sentido, la flexo-extensión de rodilla y cadera en todo su rango de movilidad articular, llamada sentadilla, se utiliza según el objetivo y momento del entrenamiento, es decir, siendo el caso de un periodo de competencia, sobrepasar los 120° de flexión, puede incurrir a un incremento

potencial de riesgo de lesión sobre estructuras anatómicas de la rodilla y compresiones femorales a la vez que sobrecargan el ligamento patelar anterior y posterior. Así, el deportista tenga una preparación específica, el sobrepasar estos grados de flexión poco a poco se vuelven perjudiciales. Los ejercicios físicos saludables o de la vida diaria, sin embargo, tienen un rango de 0 a 40 grados en el movimiento articular de la rodilla. Es por esto que, en los planes de entrenamiento se debe cuidar el grado de flexión y potencia osteoarticular del deportista para no desencadenar una posible lesión.

Es pertinente mencionar a Escamilla (2014), quien señala que la sentadilla dinámica es usada para fortalecer músculos de la cadera, espalda, tobillos, glúteos, entre otros y es usado fundamentalmente para incrementar el rendimiento en la carrera, salto y levantamientos. Por otra parte, la mayoría de personas entre atletas y entrenadores al planificar o ejecutar ejercicios de sentadilla intuyen que mejoran el rendimiento a su vez que minimizan el riesgo de lesiones.

La sentadilla, es considerado un ejercicio para miembros inferiores que genera contracciones musculares de naturaleza isotónica puesto que existe una tensión constante que es producida por el acortamiento de la longitud del musculo agonista y la elongación del antagonista mientras es llevado a cabo. La forma idónea de ejecutarlo, según los expertos, es:

Colocar el cuerpo debajo de la barra que es sostenida por sus respectivos soportes, coger la barra empleando un agarre prono con una separación ligeramente mayor que la anchura de los hombros -posición cómoda-, la barra debe descansar sobre el trapecio, los pies se separan a la anchura de los hombros -sin rotación-, se mantiene la espalda en su curvatura normal durante todo el movimiento a la vez que la mirada al frente. Después, se realiza la flexión de las rodillas a

velocidad controlada hasta alcanzar un ángulo de 90° y luego se extienden sin balancear, hasta la posición inicial (Castillo, A. B. et al. 2016, p. 4).

5.4. LESIONES

5.4.1.1. Concepto

La lesión, según Cos, F., Cos, M., Buenaventura., Pruna., y Ekstrand (2010), “se define como la interrupción del revestimiento cutáneo que afecta a un tejido, un órgano o un segmento de miembro, intencional o no intencional, resultante de una exposición aguda infligida causada accidentalmente por un agente externo; también puede ser la pérdida o continuidad del segmento óseo, una ruptura muscular, o híper extensión de ligamentos que afectan o limitan cualquier tipo de acción motriz.

Tipos de lesiones deportivas.

Ahora bien, para Zetaruk., Violan., Zurakowski., Mitchell., y Micheli (2006) existen lesiones deportivas que ocurren durante la práctica de un deporte o al hacer ejercicio. Existen dos tipos de lesiones deportivas:

Primeramente, las lesiones agudas suceden de repente, estas pueden presentarse mientras se realiza un ejercicio o se juega, estas lesiones pueden ser tales como: esguinces de tobillo, distensiones en la espalda e inclusive fracturas de huesos. Por otra parte, existen las lesiones crónicas ocurren después de practicar un deporte o hacer ejercicio por mucho tiempo.

Cabe aclarar, según Gómez-Garrido., y González-Viejo (2010), que la práctica deportiva, bien sea en competición o no, está sujeta a la eventualidad de sufrir lesiones de diferentes tipos que

afectan al cuerpo humano y, principalmente el sistema musculo-esquelético del cual forman parte: huesos, músculos, ligamentos, tendones y articulaciones.

Lesiones musculares:

Las lesiones musculares pueden producirse por traumatismos directos, sobreesfuerzos, movimientos inadecuados, entre otros. En cada tipo de deporte se pueden evidenciar unas lesiones más frecuentes que otras, dependiendo de los grupos musculares más exigidos, pero en general cabe diferenciar los siguientes tipos de lesión (Buquet, 1996):

Contusión: esta se produce por un golpe sobre el músculo y pueden ocasionar, inflamación, dolor y hematoma.

Calambre: Aquí el músculo se contrae de forma súbita y se acorta durante unos instantes, produciendo un intenso dolor que dura unos instantes antes de calmarse, aunque no totalmente.

Contractura: Es la contracción repentina del músculo, esta se mantiene con el tiempo, causando dolor y limitando el movimiento.

Distensión: También se denomina hiperextensión o elongación muscular. Se genera cuando el músculo se estira más de lo que puede abarcar. Causa un dolor difuso que perdura en el tiempo.

Ruptura fibrilar o desgarro muscular: Se conoce como el rompimiento de una o varias fibras del tejido muscular y su gravedad depende de la extensión de la lesión y de su duración. El dolor es agudo y muy localizado, aunque los más graves causan la inmovilidad inmediata del músculo.

Ruptura muscular completa: En este caso en particular, el músculo se rompe completamente. El dolor es intenso y se siente la imposibilidad de mover el músculo, causando la inmovilidad.

Lesiones tendinosas:

Seguidamente, las lesiones tendinosas afectan a los tendones y pueden tener múltiples causas, desde una contusión, el uso de material y calzado deportivos inadecuados, movimientos repetitivos inadecuados. (Vera-García., Barbado., Moreno-Pérez., Hernández-Sánchez., Juan-Recio., y Elvira, 2015)

Tendinitis de inserción o entesitis. Se caracteriza por la inflamación de las inserciones de los tendones en el hueso debido a microrroturas fibrilares causadas por sobrecarga. En un alto porcentaje de casos se trata de una lesión recurrente.

Tendinitis: Se reconoce generalmente como la inflamación el cuerpo del tendón, aunque también puede afectar a la vaina o el peritendón.

Rotura parcial. Suele producirse especialmente en los tendones más largos y se caracteriza por la rotura de unas pocas fibras.

Rotura total: Se rompe el tendón completamente y suele ocurrir en los deportistas más veteranos.

Luxación: Se produce el desplazamiento del tendón de su posición natural al realizar determinados movimientos. Es una lesión muy poco frecuente.

Lesiones articulares:

Por otra parte, las lesiones articulares se producen por la práctica deportiva pueden afectar a los huesos que la configuran, los ligamentos, los tendones, los cartílagos, la membrana sinovial o las

bursas. Ya se ha hablado de las lesiones tendinosas y de ligamentos, por lo que cabe mencionar únicamente las que se refieren al resto de los componentes de la articulación (según Porras., Orjuela Ramírez., y Vargas Porras, 2013):

Huesos: Las lesiones articulares óseas pueden ser fracturas, con la rotura parcial o total del hueso, y las luxaciones, que provocan la salida de su posición normal de uno de los huesos que configuran la articulación.

Cartílagos: Recubren el extremo del hueso y hacen que la articulación funcione correctamente, evitando la fricción entre los huesos (los meniscos son cartílagos). Entre las lesiones más frecuentes causadas por el deporte hay que destacar la condromalacia, que implica la alteración del cartílago como consecuencia generalmente de un traumatismo, y la osteocondritis que es la inflamación del cartílago

Membrana sinovial: Es una membrana que recubre toda la articulación para protegerla y que está llena de líquido sinovial. La lesión más frecuente es la sinovitis, es decir una irritación de la inflamación de la membrana debido a un golpe, una torcedura de la articulación o una mala postura, lo que causa un aumento del volumen de líquido sinovial.

Bursas: Son unas estructuras blandas en forma de saco que se encuentran entre los músculos, los tendones, los ligamentos y las prominencias óseas que configuran la articulación y cuya función es evitar la fricción de los huesos durante el movimiento y amortiguar la presión que se ejerce sobre la articulación. La lesión más frecuente es la bursitis, es decir una inflamación de la bursa, que puede llegar a ser crónica tras sucesivos episodios. La pueden causar contusiones, movimiento repetitivo y una presión continuada sobre la misma.

Raquis o columna vertebral

La columna vertebral o raquis según Ocaña Jiménez (2007), está constituida por una estructura ósea (las vértebras y los discos intervertebrales) y otra fibrosa la cual se compone por músculos y ligamentos. Dentro de la práctica deportiva, la columna puede adquirir diferentes tipos de lesiones a causa de mala higiene postural, aumento no progresivo de las cargas y debilidad muscular.

Hipercifosis. Es un aumento de la curvatura de la zona dorsal

Hiperlordosis. En este caso aumenta la curvatura de la zona lumbar del raquis.

5.1. COLUMNA

5.1.1.1. Concepto

La columna vertebral hace parte del esqueleto axial, es una estructura ósea que está compuesta por 33 vértebras, éstas son: siete vértebras cervicales, doce torácicas, cinco lumbares, cinco sacras y cuatro coxales, estas últimas se encuentran unidas y forman una articulación sinergista. Es importante mencionar que solo las vértebras cervicales, torácicas y lumbares poseen un orificio donde se ubica la medula espinal llamado foramen, este le ofrece soporte además de una valiosa protección (Netter, 2017).

La columna vertebral presenta tres curvaturas: la zona cervical posee una curvatura convexa, la torácica cóncava y la lumbar convexa y la sacra cóncava. Las curvaturas cóncavas son de suma importancia debido a que sirven para el almacenamiento de los órganos tales como el corazón, y pulmones y, el aparato reproductor. Es importante mencionar que las vértebras cervicales y las lumbares son las que más rango de movimiento tienen puesto que, a diferencia de las torácicas, pueden deslizarse y rotar entre sí para generar acciones mecánicas (Saladín, 2013). Estas no se

encuentran haciendo contacto directamente entre sí, sino que hay una estructura que posee anillos fibrosos y un núcleo pulposo que los separa y es llamado disco intervertebral. El tamaño de las vértebras va aumentando de manera descendente; por lo cual, son las vértebras lumbares las de mayor tamaño, las que mayor peso deben soportar y las que más desgaste presentan a lo largo de la columna vertebral.

Por otra parte, para Jaramillo., García., Gómez., Escobar., y Álvarez (2012), las curvas vertebrales son importantes para el equilibrio debido a que, ayudan al cuerpo humano a permanecer de pie en posición recta. Si cualquiera de las curvas se hace demasiado grande o pequeña, se hace difícil estar de pie en posición recta y la postura empieza a tener una apariencia anormal. Las curvaturas anormales de la columna vertebral también se denominan deformidades espinales. Estos tipos de condiciones incluyen la cifosis de la columna dorsal y la lordosis de la columna lumbar. La escoliosis es otro tipo de deformidad espinal; cuando la columna se ve de forma anterior o posterior, la escoliosis sería una curvatura hacia los lados que da a la columna un aspecto de S o C, y no se ve completamente recta.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se encontrarán imágenes de los sujetos de análisis, los ángulos en la ejecución de la sentadilla con cargas submáximas, además de su trayectoria en columna, tomados a partir del software Kinovea, de tal manera que, mediante la observación, se pueda esclarecer si puede existir un elemento de lesión durante la cadena cinética de la flexo-extensión de cadera y rodilla.

Primeramente, se toma como referencia a un deportista de élite, el cual es instructor del Box Al Chan, un gimnasio de crossfit ubicado en la ciudad de Palmira; al denominado sujeto 0 se le pidió la colaboración en la demostración para la ejecución del gesto técnico de la sentadilla debido a su

amplio recorrido. Inició su carrera como deportista de halterofilia a la edad de 8 años durante sus primeros años de entrenamiento optimizó el gesto técnico de la sentadilla con un palo, luego hace uso de la barra incrementando gradualmente las cargas y, posteriormente, en los juegos departamentales demostró su potencial alzando 80 kilos en sentadilla. Fue medallista y deportista galardonado con el diploma olímpico a los 33 años, en los juegos de Toronto del 2015. Por su amplia trayectoria en el adecuado manejo del gesto técnico de la flexo-extensión de cadera y rodilla fue seleccionado como modelo para la investigación biomecánica de la flexo-extensión de cadera y rodilla.

Posteriormente, se da a conocer al individuo de referencia denominado: Sujeto 0; el cual, durante la ejecución de la sentadilla media, realiza el gesto con una carga submáxima de 190 kilos. Al iniciar el movimiento y llegar al límite articular de una sentadilla media, se puede apreciar que logra mantener el ángulo ideal en el cual se encuentra cómodo, no pierde la alineación, mantiene los tobillos y la dorsiflexión de los mismos estable, la espalda completamente ajustada, recta y sin compensaciones, las rodillas sobrepasan ligeramente la punta de los pies, los grupos musculares implicados en el trabajo efectúan el movimiento limpiamente durante el trayecto, además mantiene la alineación en sus ejes de movimiento hasta volver a la posición inicial.

Análisis del deportista de referencia: Sujeto 0, visto de forma lateral.

La trayectoria durante la ejecución de movimiento no tiene grandes oscilaciones, su base de sustentación es amplia y alineada, la dorsiflexión es estable, las rodillas se mantienen fijas en la línea de trayectoria, su espalda está recta y mantiene la vista al frente, existe buena simetría y dinámica durante el gesto técnico, lo cual indica que realiza el movimiento en planos y

angulaciones correctamente ajustadas. Durante la fuerza de empuje, las palancas existentes en miembros inferiores, ayudan a que la trayectoria de elevación no requiera compensaciones ni ajustes innecesarios, por lo que, realiza la subida limpiamente sin que se provoquen fuerzas externas adicionales sobre la columna vertebral.



Foto 1. Sujeto 0 vista lateral

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright®2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Box Al Chan de Crossfit.

Análisis del deportista de referencia: Sujeto 0, visto de forma posterior.

Durante la observación del plano posterior, se puede notar que no existen asimetrías, hay una completa estabilidad en la alineación de los codos y la barra, las caderas se encuentran en el ángulo correcto; además, los pies están ligeramente rotados hacia afuera brindando un mejor apoyo en palanca, por lo que el talón se mantiene fijo en el suelo. Su columna esta erguida sin compensaciones en los músculos espinales y lumbares, pues trabajan simétricamente obteniendo un balance idóneo durante el trayecto motriz.

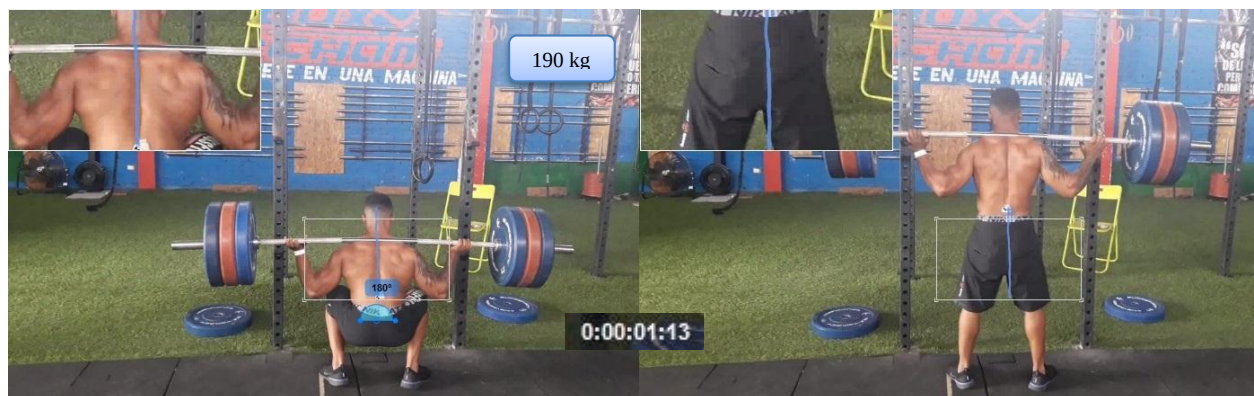


Foto 2. Sujeto 0 vista posterior

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright®2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Box Al Chan de Crossfit.

Como se puede observar en la vista, tanto lateral como posterior, se evidencia una ejecución limpia, dinámica y fluida del gesto técnico de la sentadilla. La propiocepción del deportista lo hace consciente de mantener la estabilidad articular en miembros inferiores y espalda, en la zona lumbar y dorsal está el ajuste necesario de cada músculo durante el movimiento empleado. No se observan oscilaciones a nivel de retroversión ni anteversión de cadera; tampoco se distinguen compensaciones angulares ni musculares, presumiendo total simetría y estabilidad en el gesto técnico realizado.

Por otra parte, al realizar un análisis detallado de la foto en el programa de Kinovea versión 0.8.15, se puede apreciar notoriamente que, el deportista de referencia denominado Sujeto 0, tiene ángulos que durante del eje de movimiento están correctamente situados y las trayectorias que dibuja el software, se mantienen al inicio y final del movimiento lo cual indica perfección y técnica correcta en la ejecución del gesto técnico de la sentadilla.



Foto 3. Sujeto 0, acercamiento de ángulos y trayectoria de movimiento.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15
Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Box Al Chan de Crossfit.

Se da paso a la ejecución de la sentadilla por personas que asisten al gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira, se proseguirá con el análisis de los sujetos de estudio. Las imágenes a continuación contienen del lado izquierdo al deportista de referencia: Sujeto 0 y, al lado derecho a los sujetos de prueba, en ambas tomas se encontrarán ángulos, trayectoria y acercamiento en la zona lumbar.

Análisis del Sujeto 1 vista lateral: la carga submáxima alcanzada por el deportista es de 140 kilos, su ejecución de la sentadilla es efectuada en un movimiento lento, debido a esto, la sobrecarga producida en la columna se incrementa. Al realizar la acción de sentadilla, baja estable y llega a una angulación en donde su torso se inclina ligeramente hacia adelante, mantiene su espalda recta, sin embargo, oscila brevemente antes de estabilizar su ángulo de palanca. En comparación con el sujeto de referencia, la ejecución cambia debido a la velocidad que emplea el deportista para realizar el gesto técnico, lo que distribuye la carga de una manera compensatoria y permite mantener la ergonomía en la columna durante el trayecto, no existen oscilaciones ni compensaciones, por su parte, no existen índices lesivos durante el gesto técnico de la sentadilla.

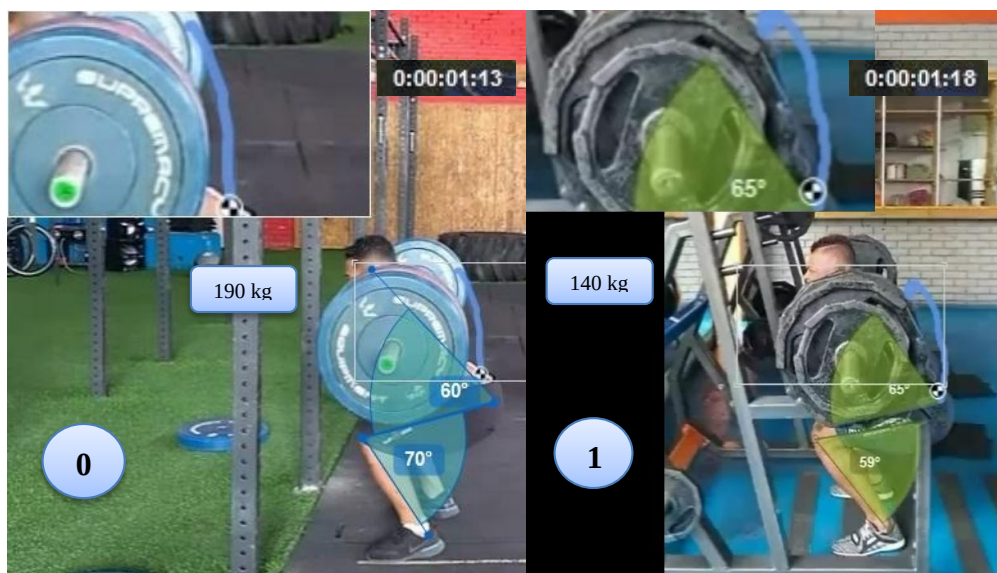


Foto 4. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista lateral en descenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Al subir emplea oscilaciones de anteversión y retroversión de cadera, por lo que se produce una mayor presión en los discos intervertebrales lumbares lo que podría desencadenar una hernia discal o lesiones lumbosacras, en cuanto a la mecánica del movimiento notoriamente no es eficiente cuando trata de volver a la posición inicial. En relación al sujeto de referencia, al ejecutar rápidamente el gesto, propicia menos retracciones espinales y fluidez, por lo que implica menor riesgo de lesión lumbar.

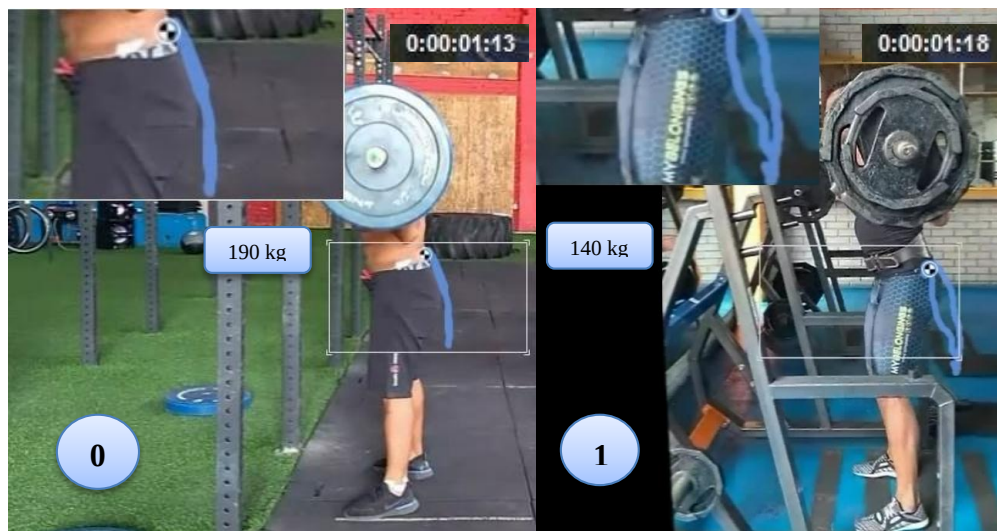


Foto 5. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista lateral en ascenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Análisis del Sujeto 1 vista posterior: aquí, se puede observar que mantiene una buena alineación en la cadera y rodilla; sin embargo, al ejecutar el gesto, sus rodillas ligeramente oscilan en varu y valgo sin ser muy detectable. Así mismo tiende a compensar el movimiento inicialmente hacia la izquierda sobrecargando la zona muscular implicada en esta región anatómica de columna lumbosacra.

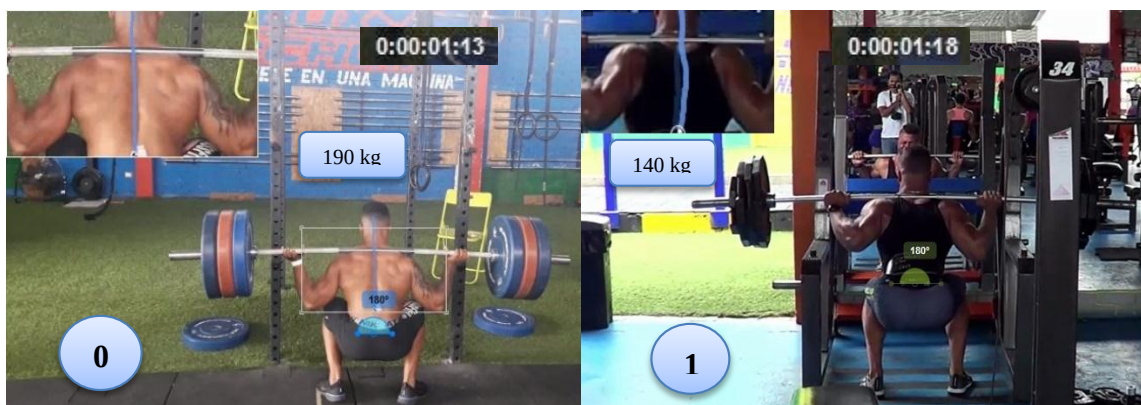


Foto 6. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista posterior en descenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

En la finalización del movimiento ascendente, oscila hacia la derecha produciendo un deslizamiento de los discos intervertebrales de la zona lumbar y una sobre carga compensatoria de los músculos espinales y lumbares. En contraparte, el sujeto de referencia mantiene alineadas las rodillas y los tobillos estabilizados fijos en el suelo, de esta manera las palancas de acción mecánica reducen el impacto lumbosacro y mantiene la fluidez durante la ejecución del movimiento.



Foto 7. Sujeto 0 Vs Sujeto 1. Vista posterior en ascenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright®2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 2 vista lateral: Al ejecutar la sentadilla, la carga submáxima es de 140 kilos, inicialmente, hay un descenso estable sin ninguna acción compensatoria, las rodillas sobrepasan considerablemente la punta de los pies permitiendo un ángulo más cerrado con relación a la cadera; la espalda se mantiene erguida y alineada con un ángulo óptimo para el sostenimiento de la barra.

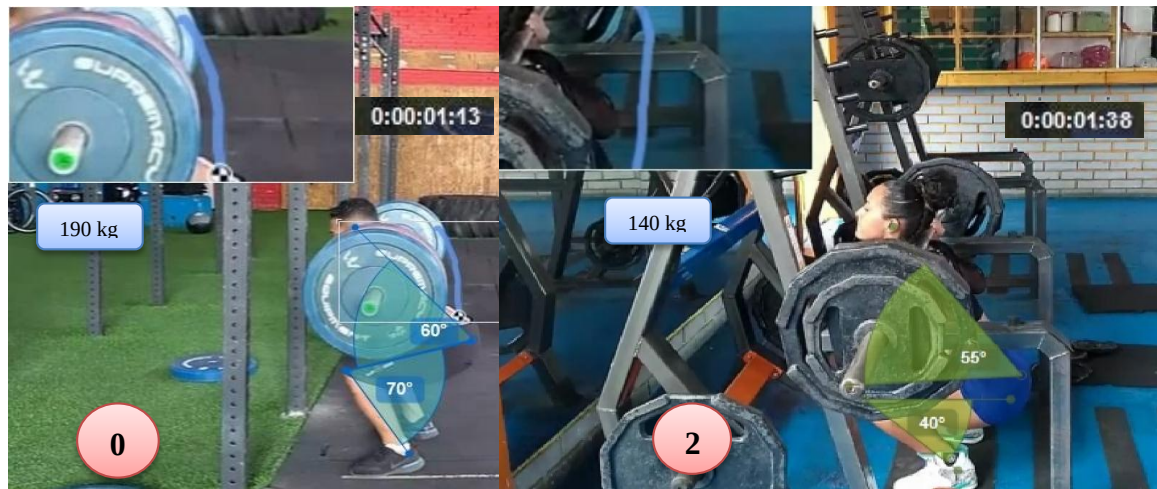


Foto 8. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista lateral en descenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Ahora bien, durante el ascenso, se percibe una ligera pausa acompañada de retroversión de cadera, lo cual, hace que la palanca lumbar genere mayor tensión y presión en los discos intervertebrales de la zona lumbar.

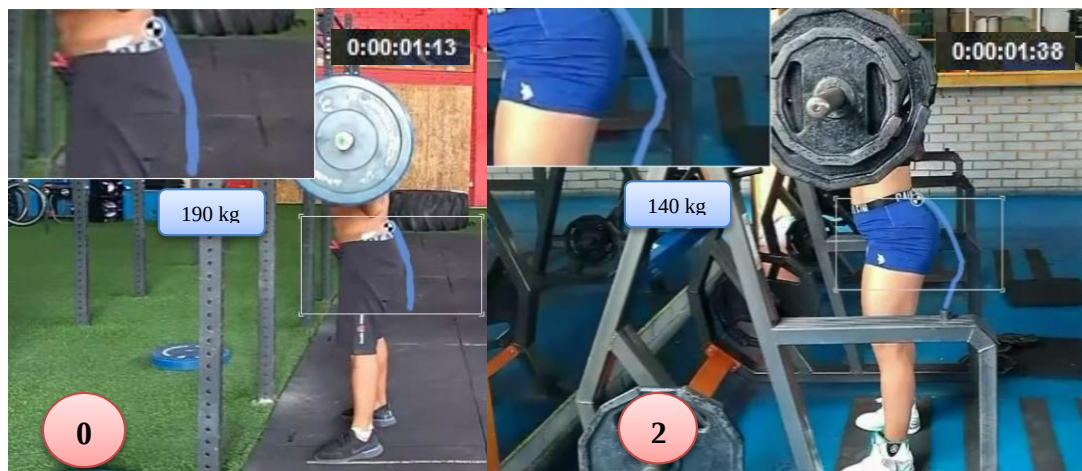


Foto 9. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista lateral en ascenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 2 vista posterior: no existen asimetrías notorias, hay una completa estabilidad en la alineación de los codos y la barra, las caderas se encuentran en el ángulo correcto; además, la punta de los pies se encuentra en paralelo al igual que las rodillas; los tobillos se encuentran fijos en el suelo brindando un excelente apoyo con relación a la palanca ejercida por la musculatura del tren inferior.



Foto 10. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista posterior en descenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Posteriormente, su columna esta erguida sin compensaciones en los músculos espinales y lumbares, sin embargo, al ascender, se puede notar una compensación de empuje de la pierna izquierda al lateral derecho.

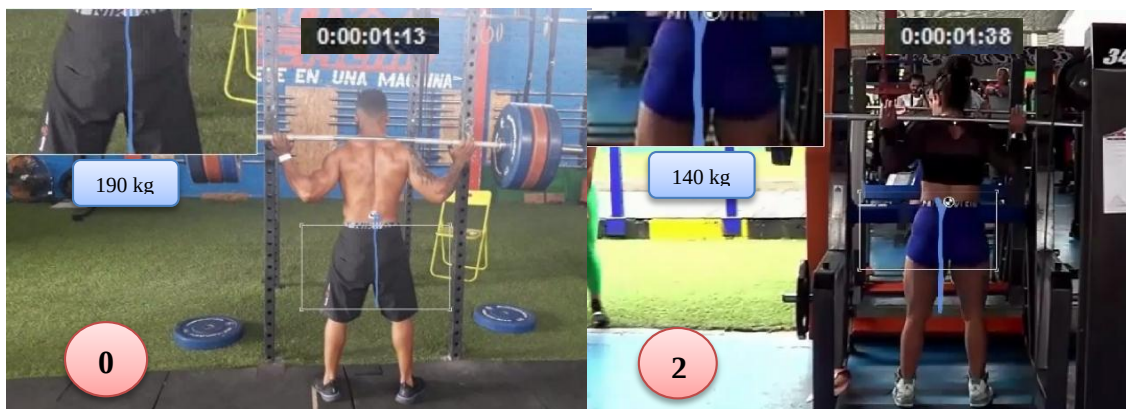


Foto 11. Sujeto 0 Vs Sujeto 2. Vista posterior en ascenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 3 vista lateral: Al ejecutar la sentadilla, la carga submáxima es de 65 kilos, en la fase de descenso llega hasta un punto considerable para conseguir un ángulo cómodo en rodillas y espalda; las rodillas sobrepasan levemente la punta de los pies.

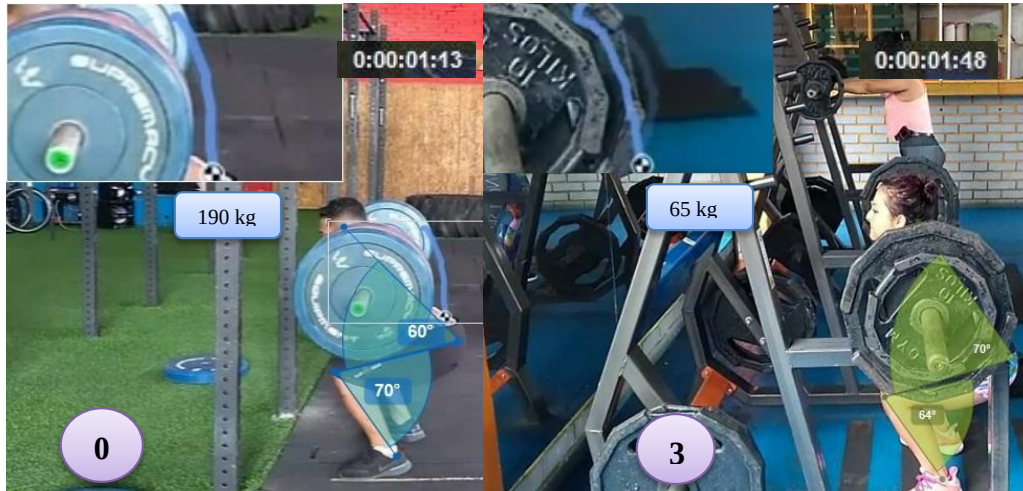


Foto 12. . Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista lateral en descenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Por otra parte, al ascender, la cadera manifiesta una retroversión prolongada junto con una oscilación antero-posterior de pelvis lo que produce mayor presión lumbar en los discos intervertebrales y hacen que la mecánica de movimiento no sea eficiente.

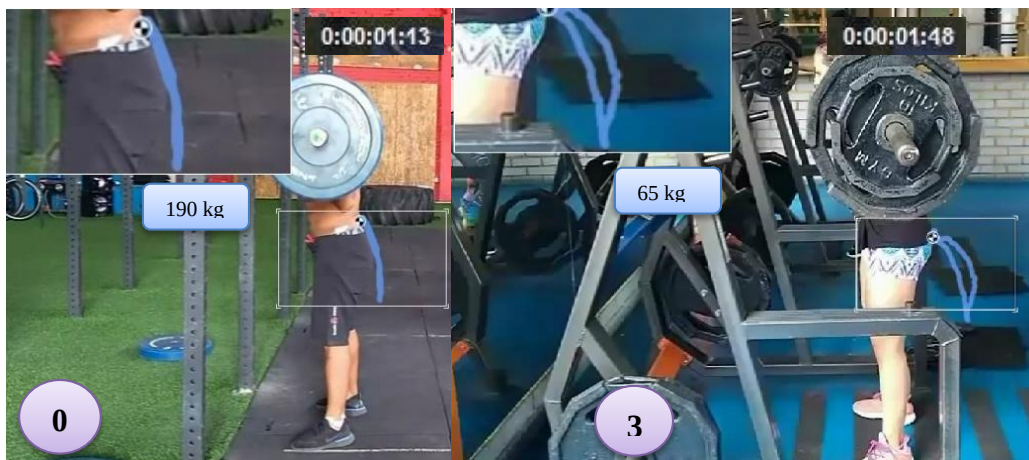


Foto 13. Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista lateral en ascenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 3 vista posterior: Aquí, la fase inicial de la ejecución se lleva a cabo sin ninguna alteración mecánica; posteriormente, durante el final del descenso, se puede percibir una inclinación hacia el lateral derecho por lo que también se nota una acción compensatoria de la extremidad inferior derecha.



Foto 14. Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista posterior en descenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Ahora bien, para realizar el ascenso y un ligero varu en la rodilla izquierda con el fin de poder solventar el sostén de la barra ya que, debido al empuje asimétrico de las piernas, la barra se encuentra inclinada hacia la derecha lo que se denomina como una sobrecarga en el hombro derecho.



Foto 15. Sujeto 0 Vs Sujeto 3. Vista posterior en ascenso.

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 4 vista lateral: Al ejecutar la sentadilla, la carga submáxima la cual es de 70 kilos, se presenta una pronunciada retroversión de la zona lumbar al inicio de la ejecución, pero luego desciende de forma significativamente rectilínea.

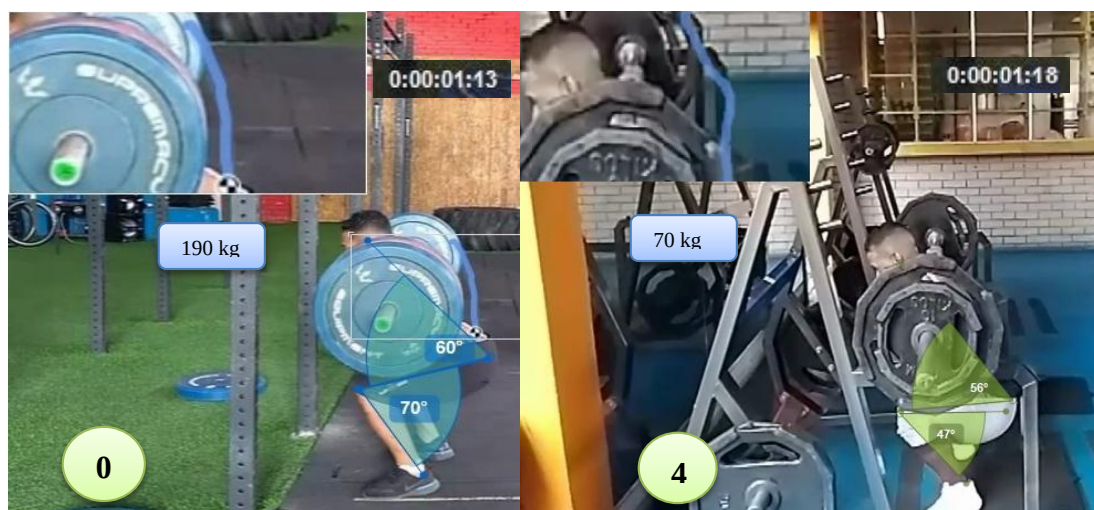


Foto 16. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista lateral en descenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Posteriormente, se presenta un prudente desplazamiento anterior de las rodillas que ligeramente sobrepasa la punta de los pies. Al llevar a cabo el ascenso, se manifiesta una pronunciado anteversión de la zona lumbar.



Foto 17. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista lateral en ascenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 4 vista posterior: Aquí, es fácilmente perceptible notar una muy buena ejecución por parte del sujeto puesto que el descenso se lleva a cabo de una forma rectilínea sin ningún tipo de anomalía motriz hasta llegar al descenso absoluto, sin embargo, se puede observar una ligera inclinación hacia el lateral derecho y una consecuente poco notoria compensación por parte del pie del mismo lado.

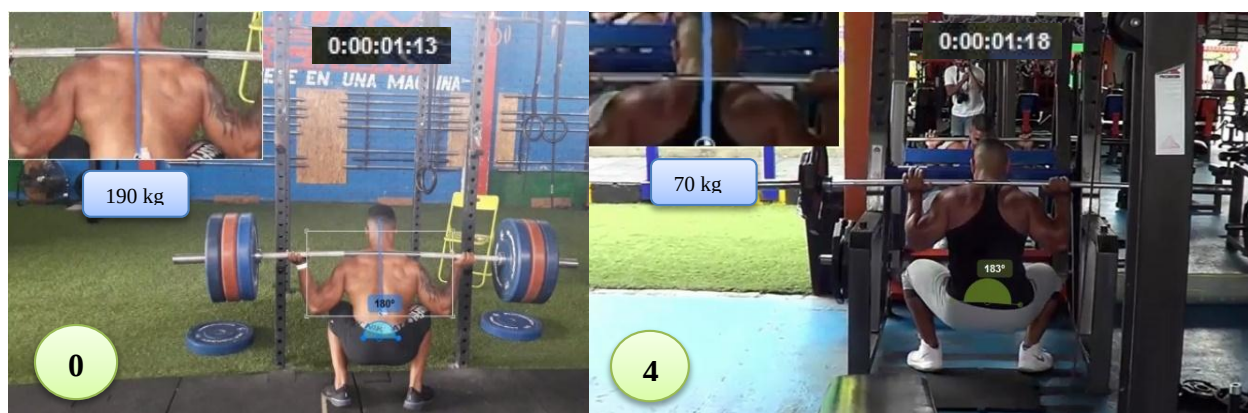


Foto 18. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista posterior en descenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Por último, el ascenso lo efectúa de forma limpia y nuevamente rectilínea, lo que indica que tiene buena fundamentación técnica y experiencia en cuanto al ejercicio de sentadilla.

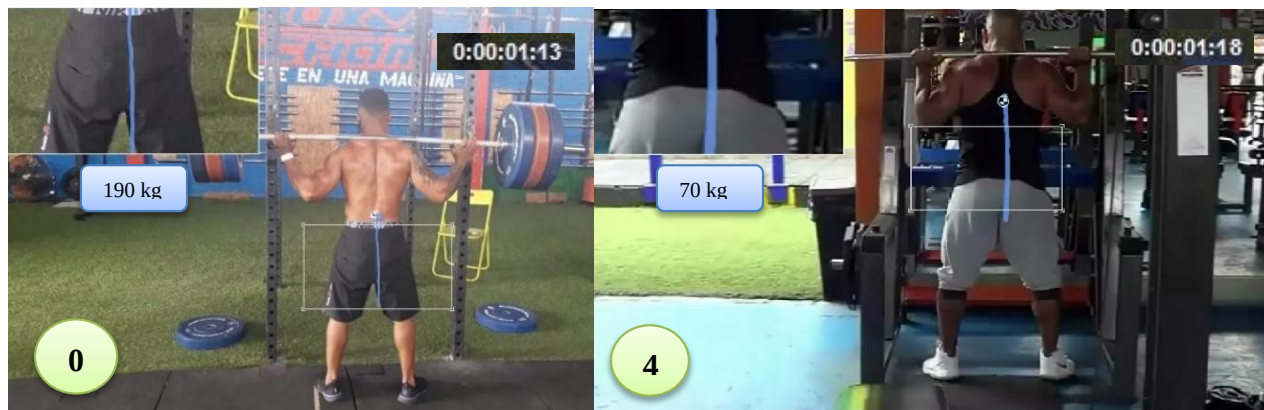


Foto 19. Sujeto 0 Vs Sujeto 4. Vista posterior en ascenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 5 vista lateral: Al ejecutar la sentadilla, la carga submáxima la cual es de 160 kilos. El sujeto inicia el movimiento ejecutando una extensión pronunciada de la rodilla y ligeramente asienta la bola del pie izquierdo. El descenso inicia con una pronunciada retroversión lumbar, una manifiesta anteversión de las rodillas que sobrepasa la punta de los pies y eleva ligeramente el talón izquierdo.



Foto 20. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista lateral en descenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Posteriormente, durante el ascenso, el sujeto realiza una retroversión mucho más pronunciada que la ejecutada durante el descenso. Todo esto produce una sobrecarga en los discos intervertebrales y una forzada intervención de los ligamentos que cubren la articulación de la rodilla. Es el sujeto más propenso a padecer una lesión lumbar y de rodilla.

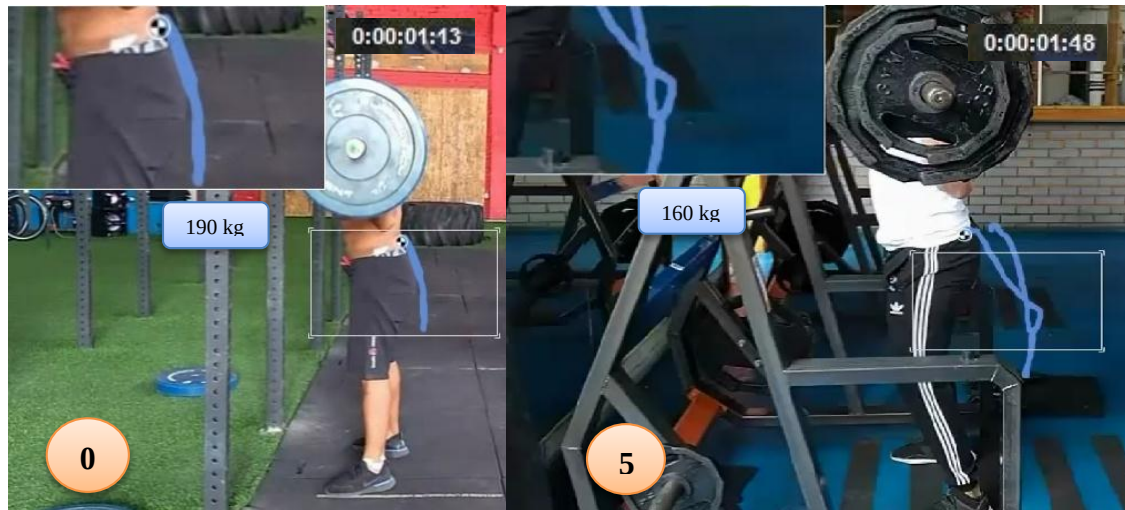


Foto 21. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista lateral en ascenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright®2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 5 vista posterior: el movimiento inicia con una ligera elevación de los talones; luego, durante el descenso, es fácil de percibir una leve inclinación hacia el lateral izquierdo. Al llegar al punto más bajo de la sentadilla es bastante evidente un apoyo pronunciado hacia la extremidad izquierda.



Foto 22. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista posterior en descenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright®2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.



Foto 23. Sujeto 0 Vs Sujeto 5. Vista posterior en ascenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright®2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Al realizar el ascenso, el sujeto compensa la carga en su zona lumbar con otra ligera inclinación, pero al lado izquierdo. En cuanto a los hombros, la barra tiende a reposar mucho más sobre el hombre izquierdo que sobre el derecho.

Descripción del Sujeto 6 vista lateral: Al ejecutar la sentadilla, la carga submáxima es de 60 kilos, en el inicio del movimiento, curva la zona lumbar en retroversión para estabilizar la espalda y su zona lumbosacra; durante la trayectoria se ve el movimiento limpio, sin compensaciones ni angulaciones diferentes por lo que, adquiere un ángulo estable, lineal y simétrico en la flexión de rodilla y cadera, al llegar al punto máximo de flexión la espalda se mantiene erguida y alineada.



Foto 24. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista lateral en descenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

En la fase de ascenso, existe una ligera e imperceptible ondulación para ajustar la trayectoria de la carga, pero su llegada al punto neutral es consecuente con la trayectoria inicial de acción motriz.

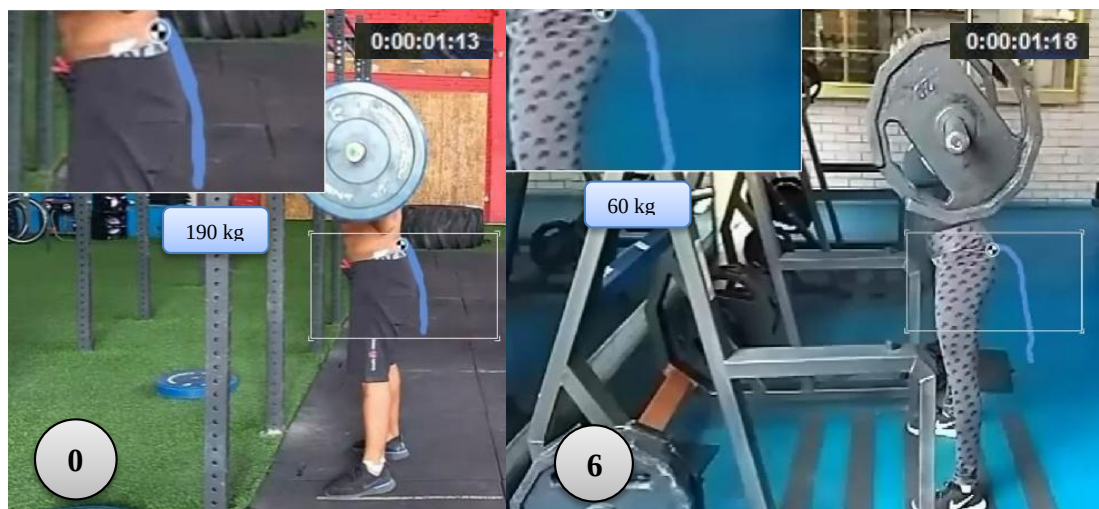


Foto 25. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista lateral en ascenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

Descripción del Sujeto 6 vista posterior: Durante la ejecución del movimiento, se puede observar que al descender sus rodillas oscilan levemente hacia afuera provocando un leve valgo, sin embargo, su cadera está alineada y sus tobillos fijos con la punta de los pies ligeramente hacia afuera, lo que da mejor tracción de empuje durante el gesto.



Foto 26. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista posterior en descenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

La espalda esta erguida, fija y bien alineada, pero, al ascender, se puede ver claramente que la pierna derecha empuja más fuertemente lo que hace que se incline hacia la izquierda, provocando así una compensación de los músculos espinales y lumbares para estabilizar el movimiento.

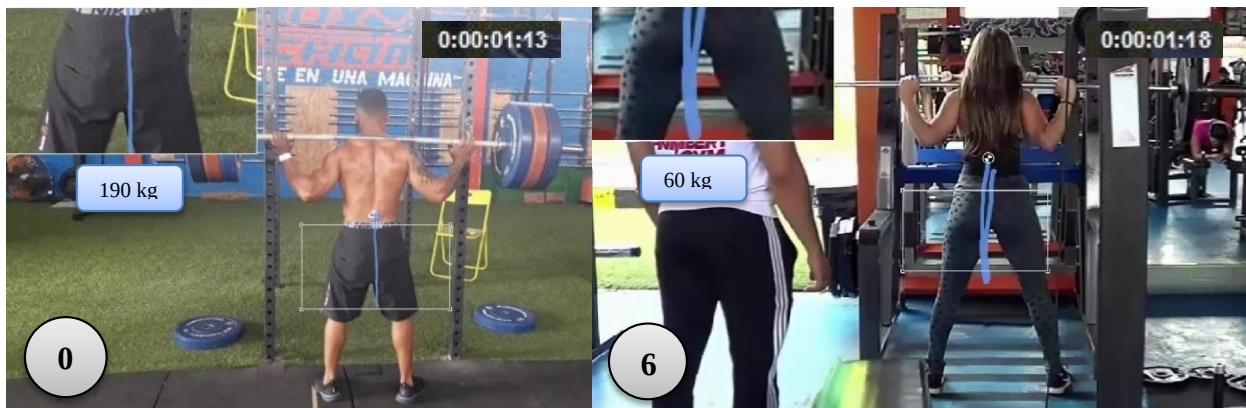


Foto 27. Sujeto 0 Vs Sujeto 6. Vista posterior en ascenso

Fuente: Captura de pantalla tomada del software Kinovea 0.8.15 Copyright©2006 – 2011, Joan Charmant & Contrib. tomada en el Gimnasio Humbert Gym sede norte de la ciudad de Palmira.

7. CONCLUSIONES

Luego de la toma, registro fotográfico y audiovisual, además de la integración de cada sujeto participante que realizó el gesto técnico de la flexo-extensión de cadera y rodilla llamada sentadilla e incluir los videos en el software kinovea versión 0.8.15. el cual mide las trayectorias, ángulos y vectores de movimiento se pudo concluir que:

Al estudiar la postura del gesto técnico en cada uno de los sujetos, la mayoría tiene ángulos de flexión entre los 68 grados y 70 grados en cuanto a rodilla y espalda, con esto logran mantener su rango articular estable de acuerdo a la morfología de cada individuo, esto debido a que cada persona posee diversa flexibilidad en cuanto a la dorsiflexión de tobillo por lo que tratan de mantener una buena higiene postural en su espalda. En contraparte teórica los ángulos de flexión idóneos mantienen su rango articular en los intervalos recomendados de acuerdo a lo descrito por Castillo et al (2016, p.4); además, la mayoría posee óptimos grados de dorsiflexión en el tobillo y es fácilmente perceptible notar que cada uno de los sujetos se esfuerza por mantener erecta su espalda con el fin de realizar un movimiento lo más ergonómicamente posible con miras al fortalecimiento de los músculos ubicados en la cadera, la espalda, los tobillos, los glúteos y otros más según lo planteado por Escamilla (2014).

Luego de analizar mediante el software Kinovea versión 0.8.15, e identificar los vectores y trayectorias, se concluye que los sujetos 1, 2, y 5 tienen un mayor riesgo de lesión lumbar, dorsal debido a la compensación ejercida muscularmente cuando realizaban la sentadilla con cargas submáximas. Lo que puede generar lo siguiente: debido a la anteversión y retroversión lumbar lo que puede desencadenar desplazamientos nocivos y curvaturas en el plano coronal y sagital

forzadas que ejercen mucha presión lumbosacra que afectan en gran manera la estructura de las vértebras y los discos intervertebrales que, de una u otra forma, en un futuro a corto, mediano o en su defecto, a largo plazo, se pueden lesionar debido al producto de una técnica nada idónea. En contraparte teórica, estos sujetos tienen un mayor riesgo de lesión lumbar y dorsal debido al desequilibrio muscular y al valgus torque mencionado por Cos et al (2010, p. 98) que generan una compresión en las vértebras y en los discos intervertebrales ubicados en la zona lumbar y dorsal de la columna. Estas, a futuro y debido a los traumas reiterados, pueden dar origen a hernias discales que limitan la motricidad de los miembros inferiores ocasionados por la irritación de los nervios adyacentes a la zona comprometida por la lesión.

Posteriormente, se identifica mediante los ángulos y trayectorias del software Kinovea versión 0.8.15, que la mayoría de sujetos ejercen demasiada presión lumbo-sacra y compensaciones musculares que con el tiempo pueden incurrir en lesiones debido a una mala técnica, malas posturas, indebida planificación del entrenamiento y dosificación de la carga, puesto que incurren en fallas de los principios del entrenamiento deportivo. Entonces y de acuerdo a lo mencionado por Porras et al (2013). Por tanto, es fundamental que el recorrido del movimiento se incline, de forma lateral, lo más poco posible y pueda ser controlado para evitar curvar la zona lumbar en la medida de lo posible.

Finalmente, lo primero que hace una persona al realizar una sentadilla es llevar la cadera hacia atrás, y simultáneamente las rodillas se desplazan ligeramente hacia adelante, por lo tanto, la inclinación lumbar se da por hacer demasiada fuerza a nivel cervical, lo que a su vez conlleva a una posición de los brazos los cuales no estarán en un ángulo cómodo. Al ascender existen oscilaciones en genu y varu de rodilla, no obstante, los movimientos de anteversión y retroversión de cadera, además de oscilaciones y deslizamientos de los discos intervertebrales en el plano

sagital, que, si sobrecargan mucho las articulaciones, pueden desencadenar hernias discales, contracturas musculares y lesiones osteoarticulares en rodilla o en la columna misma.

8. RECOMENDACIONES

Es pertinente recomendar un estudio detallado sobre el gesto técnico y los correspondientes movimientos mecánicos del cuerpo humano por parte de los entrenadores, y con esto poder mejorar el plan de entrenamiento, el cual debe ir direccionado específicamente a la alineación de los ejes ergométricos, alineación postural, y mecánicos para el fortalecimiento osteoarticular. A su vez, estar muy pendiente de la técnica puesto que con la observación se puede notar fácilmente si durante la realización del gesto levanta los tobillos, dobla la zona lumbar o baja más de lo recomendado.

Posteriormente, es recomendable hacer una evaluación de balances y asimetrías para ver en qué condición está cada grupo muscular y hacia dónde está la predominancia. De esta manera evitar y corregir en las personas, deportistas o principiantes, errores fundamentales en el movimiento.

Finalmente, se recomienda seguir investigando la ejecución de este movimiento con cámaras de más alta resolución –HD o 4K- que permiten tener una imagen mucho más fidedigna para un análisis más óptimo de los segmentos corporales involucrados la acción mecánica. Del mismo modo, se recomienda a los usuarios y entrenadores realizar un plan de entrenamiento direccionado específicamente a la alineación de los ejes ergométricos, alineaciones posturales y mecanismo de fortalecimiento osteoarticular. Por último, es recomendable realizar una evaluación de balances y asimetrías para definir la condición de cada grupo muscular.

REFERENTE BIBLIOGRÁFICO

- Arnal Burró, J. (2018). *Estudio de la asimetría rotuliana como marcador de riesgo del dolor femoro-patelar. Análisis de elementos finitos de la sentadilla. Tesis Doctoral. ISBN:978-84-697-3081-2*. Recuperado el 02 de Octubre de 2018, de www.tdx.cat/handle/10803/523032: <http://eprints.ucm.es/47081/1/T39768.pdf>
- Chato, A. L. M., Mora, M., y Santiago, D. (Febrero de 2018). *Análisis biomecánico de la técnica de sentadilla en los fisicoculturistas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), sede Quito, en el año 2017*. Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14728/Tesis_DannyMoya_MiguelChato.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cos, F., Cos, M., Buenaventura, L., Pruna, R., y Ekstrand, J. (2010). Modelo de análisis para la prevención de lesiones en el deporte. Estudio epidemiológico de lesiones: el modelo Union of European Football Associations fútbol. *Apunts Med Esport*, 95-102. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de <http://www.scholar.google.com/definición+de+lesion>
- Cubillos, N. (15 de Enero de 2018). (N. Cubillos, Ed.) *La impresionante cifra que mueven los gimnasios en Colombia*. Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de www.elcolombiano.com/negocios/empresas/negocio-de-los-gimnasios-en-colombia-IY8010648
- DANE. (15 de Octubre de 2018). *DANE*. (DANE, Editor) Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos

Delavier, F. (2012). *Guía de los movimientos de musculación* (6 ed.). Barcelona, España: Paidotribo.

Escamilla, R. F. (2014). *Biomecánica de la Rodilla en el Ejercicio de Sentadilla Dinámica-International Endurance Work Group. PubliCE*. Recuperado el 18 de Agosto de 2018, de g-se.com: <https://g-se.com/biomecanica-de-la-rodilla-en-el-ejercicio-de-sentadilla-dinamica-1719-sa-t57cfb27243bc3>

Espinosa Sánchez, M. (2005). *Biomecánica deportiva*. Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de <http://psicologiavirtual.com.mx/Aula1/Biblioteca/Deportes/biomecanica%20deportiva.pdf>

Frutos, J. B. (2013). *Revisión del concepto de Técnica Deportiva desde la perspectiva biomecánica del movimiento*. Recuperado el 28 de Agosto de 2018, de Dialnet: EmásF: revista digital de educación física (25), 45-59: <file:///sysroot/home/adel/Descargas/Dialnet-RevisionDelConceptoDeTecnicaDeportivaDesdeLaPerspe-4707702.pdf>

García Sánchez, I., y Requena Sánchez, B. (2011). *La repetición máxima en el ejercicio de sentadilla: procedimientos de medida y factores determinantes*. Obtenido de Apunts. Educación física y deportes, (104), 96-105: <https://core.ac.uk/download/pdf/41584207.pdf>

Garrido, A., y Francisco, A. (2008). *Conceptualización de la Biomecánica Deportiva y Biomecánica de la Educación Física*. Recuperado el 28 de Julio de 2018, de <file:///sysroot/home/adel/Descargas/ConceptualizacionDeLaBiomecanicaDeportivaYBiomecan-4347425.pdf>

- Gonzalez, S., Sarmiento, O., Lozano, O., Ramirez, A., y Grijalba, C. (2014). Niveles de actividad física de la población colombiana: desigualdades por sexo y condición socioeconómica. *Biomédica*, 447-459. Obtenido de www.redalyc.org/html/843/84331812014/
- Lavorato, M. A., y Pereira, N. V. (2009). *La sentadilla ¿es un ejercicio potencialmente lesivo?* Recuperado el 18 de Agosto de 2018, de Investigación y Desarrollo, Fortia 1 (1): <http://www.productosfortia.com/la-sentadilla-es-un-ejercicio-potencialmente-lesivo.pdf>
- Lopez, J., y Fernandez, A. (2006). *Fisiología del ejercicio* (3 ed.). España: Panamericana.
- M. Izquierdo y R. Arteaga. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. España: Panamericana.
- Netter, F. (2017). *Atlas de Anatomía* (6 ed.). ElSevier.
- Platonov, V. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico* (Vol. 1). Barcelona, España: Paidotribo. Recuperado el 19 de Octubre de 2018
- Quishpe Vallejo, J. X. (Marzo de 2017). *Efectividad del uso de la faja lumbar en los levantamientos de peso en personas que realizan la media sentadilla a través de un análisis biomecánico en el gimnasio guerra durante el periodo de octubre 2016 a enero del 2017*. Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de repositorio.puce.edu.ec: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13338/DISERTACI%C3%93N%20JEFFERSON%20QUISHPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, L. F. C., y Chaparro, R. E. A. (2015). *La sentadilla: un ejercicio fundamental en la actividad física y el deporte*. Obtenido de Revista digital: Actividad Física y Deporte, 1(1): <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/300>

República de Colombia. (1991). *Presidencia*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/Constitucion-Politica-Colombia-1991.pdf>

República de Colombia. (1995). *Ministerio de Educación Nacional*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85919_archivo_pdf.pdf

República de Colombia. (2000). *Coldeportes*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <http://www.coldeportes.gov.co/index.php?idcategoria=635>

República de Colombia. (2001). *Ministerio de Salud*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley_0729_de_2001.pdf

Rudolph, M. (25 de Noviembre de 2013). *Un detallado análisis sobre la sentadilla*. Recuperado el 15 de Julio de 2018, de Muscular Development Latino Magazine: <http://www.mdlatino.com/blog/blog/un-detallado-analisis-sobre-la-sentadilla/>

Saladin, K. S. (2013). *Anatomía y Fisiología La Unidad Entre Forma y Función* (6 ed.). (E. P. Rojas, Trad.) México, D. F: McGrawHill.

Sanchez, A. (Marzo de 2016). 34-35. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/11750/1/T-UCE-0020-016-2016.pdf>

Toledo, D. (10 de Marzo de 2016). La sentadilla: biomecánica de la rodilla. *Efdeportes.com*, 20(214), 1. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de <http://www.efdeportes.com/efd214/la-sentadilla-biomecanica-de-la-rodilla.htm>

Urrialde, J., y Jimenez, J. (2007). Cadena cinética abierta... Cadena cinética cerrada... Una discusión abierta. *Archivos medicina del deporte*, 24(119), 205-209. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Formacion_Cadena_119.pdf

Weineck, J. (2005). *Entrenamiento Total* (1 ed.). Barcelona, Cataluña, España: Paidotribo.

ANEXOS

Anexo 1. Encuestas y consentimiento escrito

 **Universidad del Valle**

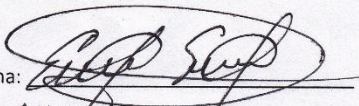
UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Edmundo Augusto Santos Mina identificado (a) con c.c. número 1.113.662.047, acepto libremente participar del estudio de caso bajo responsabilidad de **Zully Fernanda Córdoba Becerra y Adelina Guerrero Quintero**, estudiantes de decimo semestre de la Universidad del Valle sede Palmira, las cuales informaron claramente sobre el **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS, COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN COLUMNA EN PERSONAS QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**, el cual no conlleva un riesgo a mi integridad física, moral y ética.

En vista de lo anterior, estoy de acuerdo en que los resultados de esta investigación divulgados en eventos (seminarios, foros de discusión, revistas, artículos, etc.)

Palmira, Valle del Cauca, 08 de Octubre del 2018.

Firma: 

C.c.: 1.113.662.047

Móvil: 318 527 4092



Universidad del Valle

ENCUESTA

FECHA: 08. / 10. / 2018

Datos socio demográfico:

Nombre: Edward Santos H. Edad: 24 Sexo: Hombre (X) Femenino ()

1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio?

6. Años.

2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día?

- () 30 minutos
(X) 60 minutos
() 90 minutos
() 120 minutos
() Más de 120 minutos.

3. ¿Cuál es su frecuencia semanal?

- () 1 a 2 veces
() 2 a 3 veces
() 3 a 4 veces
() 4 a 5 veces
(X) 5 a 6 veces

4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión).

() No (X) si

5. ¿En parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar)

- (X) Columna () Cadera
(X) Hombro () Rodilla
() Codo () Tobillo
() Muñeca () Otros _____

6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión?

- (X) Más de 6 meses
() De 3 a 6 meses
() De 1 a 3 meses
() Lesión actual

7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio?

(X) No () si

8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio?

- (X) Sí, siempre
() Sí a veces
() No, porque sé a manejado solo

9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión?

(X) Continuó haciendo las actividades, pues ese dolor pronto iría pasar.

() Dejó de hacer sólo algunas actividades.

() Dejó de hacer todos los ejercicios.



Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Maria Eugenia Copina identificado (a) con c.c.
número 1113639037, acepto libremente participar del estudio de caso bajo
responsabilidad de **Zully Fernanda Córdoba Becerra y Adelina Guerrero Quintero**, estudiantes de
decimo semestre de la Universidad del Valle sede Palmira, las cuales informaron claramente sobre
el **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS, COMO ELEMENTO
IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN COLUMNA EN PERSONAS QUE
QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD
DE PALMIRA**, el cual no conlleva un riesgo a mi integridad física, moral y ética.

En vista de lo anterior, estoy de acuerdo en que los resultados de esta investigación divulgados en
eventos (seminarios, foros de discusión, revistas, artículos, etc.)

Palmira, Valle del Cauca, 08 de octubre del 2018.

Firma: Maria Copina

C.c.: 1113639037

Móvil: 3154605977



Universidad del Valle

ENCUESTA

FECHA: 08. / 10. / 2018

Datos socio demográfico:

Nombre: Maria E. Ojeda Edad: 29 Sexo: Hombre () Femenino (X)

1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio?

10 Años

2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día?

- () 30 minutos
() 60 minutos
() 90 minutos
(X) 120 minutos
() Más de 120 minutos.

3. ¿Cuál es su frecuencia semanal?

- () 1 a 2 veces
() 2 a 3 veces
() 3 a 4 veces
() 4 a 5 veces
(X) 5 a 6 veces

4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión).

(X) No () si

5. ¿En parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar)

- () Columna () Cadera
() Hombro () Rodilla
() Codo () Tobillo
() Muñeca () Otros _____

6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión?

- () Más de 6 meses
() De 3 a 6 meses
() De 1 a 3 meses
() Lesión actual

7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio?

() No () si

8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio?

- (X) Sí, siempre
() Sí a veces
() No, porque sé a manejado solo

9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión?

() Continué haciendo las actividades, pues ese dolor pronto iría pasar.

() Dejó de hacer sólo algunas actividades.

() Dejó de hacer todos los ejercicios.



Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Jaidy Yudelis Astudillo Salazar identificado (a) con c.c. número 111359448, acepto libremente participar del estudio de caso bajo responsabilidad de **Zully Fernanda Córdoba Becerra y Adelina Guerrero Quintero**, estudiantes de decimo semestre de la Universidad del Valle sede Palmira, las cuales informaron claramente sobre el **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS, COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN COLUMNA EN PERSONAS QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**, el cual no conlleva un riesgo a mi integridad física, moral y ética.

En vista de lo anterior, estoy de acuerdo en que los resultados de esta investigación divulgados en eventos (seminarios, foros de discusión, revistas, artículos, etc.)

Palmira, Valle del Cauca, 08 de octubre del 2018.

Firma:

C.c.:

Móvil:

Jaidy Yudelis Astudillo Salazar

111359448

3162256101



Universidad del Valle

ENCUESTA

FECHA: 08 / 10 / 2018

Datos socio demográfico:

Nombre: Jaidy C. Ascarillo Edad: 25 Sexo: Hombre () Femenino (X)

1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio?

4 años

2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día?

- () 30 minutos
(X) 60 minutos
() 90 minutos
() 120 minutos
() Más de 120 minutos.

3. ¿Cuál es su frecuencia semanal?

- () 1 a 2 veces
() 2 a 3 veces
() 3 a 4 veces
(X) 4 a 5 veces
() 5 a 6 veces

4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión).

(X) No () si

5. ¿En parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar)

- () Columna () Cadera
() Hombro () Rodilla
() Codo () Tobillo
() Muñeca () Otros _____

6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión?

- () Más de 6 meses
() De 3 a 6 meses
() De 1 a 3 meses
() Lesión actual

7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio?

() No () si

8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio?

- (X) Sí, siempre
() Sí a veces
() No, porque sé a manejado solo

9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión?

() Continuó haciendo las actividades, pues ese dolor pronto iría pasar.

() Dejó de hacer sólo algunas actividades.

() Dejó de hacer todos los ejercicios.



Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo José Yury Cifuentes Charrin identificado (a) con c.c. número 94325 776, acepto libremente participar del estudio de caso bajo responsabilidad de **Zully Fernanda Córdoba Becerra** y **Adelina Guerrero Quintero**, estudiantes de decimo semestre de la Universidad del Valle sede Palmira, las cuales informaron claramente sobre el **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS, COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN COLUMNA EN PERSONAS QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**, el cual no conlleva un riesgo a mi integridad física, moral y ética.

En vista de lo anterior, estoy de acuerdo en que los resultados de esta investigación divulgados en eventos (seminarios, foros de discusión, revistas, artículos, etc.)

Palmira, Valle del Cauca, 08 de octubre del 2018.

Firma: José Yury Cifuentes

C.c.: 94325 776

Móvil: 318 357 9588



Universidad del Valle

ENCUESTA

FECHA: 08. / 10. / 2018

Datos socio demográfico:

Nombre: José Iván Cuervo Edad: 42 Sexo: Hombre (x) Femenino ()

1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio? <u>18</u>	6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión? (x) Más de 6 meses () De 3 a 6 meses () De 1 a 3 meses () Lesión actual
2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día? () 30 minutos () 60 minutos () 90 minutos (x) 120 minutos () Más de 120 minutos.	7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio? () No (x) si
3. ¿Cuál es su frecuencia semanal? () 1 a 2 veces () 2 a 3 veces () 3 a 4 veces () 4 a 5 veces (x) 5 a 6 veces	8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio? () Sí, siempre (x) Sí a veces () No, porque sé a manejado solo
4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión). () No (x) si	9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión? () Continuó haciendo las actividades, pues ese dolor pronto iría pasar. (x) Dejó de hacer sólo algunas actividades. () Dejó de hacer todos los ejercicios.
5. ¿En parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar) () Columna (x) Cadera (x) Hombro (x) Rodilla () Codo () Tobillo () Muñeca () Otros _____	



Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Rubén J. Molina. identificado (a) con c.c. número 1114 390 080, acepto libremente participar del estudio de caso bajo responsabilidad de **Zully Fernanda Córdoba Becerra** y **Adelina Guerrero Quintero**, estudiantes de decimo semestre de la Universidad del Valle sede Palmira, las cuales informaron claramente sobre el **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS, COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN COLUMNA EN PERSONAS QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**, el cual no conlleva un riesgo a mi integridad física, moral y ética.

En vista de lo anterior, estoy de acuerdo en que los resultados de esta investigación divulgados en eventos (seminarios, foros de discusión, revistas, artículos, etc.)

Palmira, Valle del Cauca, 08 de octubre del 2018.

Firma: [Firma]

C.c.: 1114 390 080

Móvil: 3166080323.



Universidad del Valle

ENCUESTA

FECHA: 08. / 10. / 2018

Datos socio demográfico:

Nombre: Rubén O. Molina Edad: 23 Sexo: Hombre (X) Femenino ()

1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio? <u>2 años</u>	6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión? () Más de 6 meses () De 3 a 6 meses () De 1 a 3 meses () Lesión actual
2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día? () 30 minutos () 60 minutos () 90 minutos (X) 120 minutos () Más de 120 minutos.	7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio? () No () si
3. ¿Cuál es su frecuencia semanal? () 1 a 2 veces () 2 a 3 veces () 3 a 4 veces () 4 a 5 veces (X) 5 a 6 veces	8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio? (X) Sí, siempre () Sí a veces () No, porque sé a manejado solo
4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión). (X) No () si	9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión? () Continuó haciendo las actividades, pues ese dolor pronto iría pasar. () Dejó de hacer sólo algunas actividades. () Dejó de hacer todos los ejercicios.
5. ¿En parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar) () Columna () Cadera () Hombro () Rodilla () Codo () Tobillo () Muñeca () Otros _____	



Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, Maná Camila Foreiro Echeverry identificado (a) con c.c. número 1113676224, acepto libremente participar del estudio de caso bajo responsabilidad de **Zully Fernanda Córdoba Becerra y Adelina Guerrero Quintero**, estudiantes de decimo semestre de la Universidad del Valle sede Palmira, las cuales informaron claramente sobre el **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA SENTADILLA CON CARGAS SUB-MÁXIMAS, COMO ELEMENTO IDENTIFICADOR DE POSIBLES LESIONES DEPORTIVAS EN COLUMNA EN PERSONAS QUE QUE ASISTEN REGULARMENTE AL GIMNASIO HUMBERT GYM SEDE NORTE DE LA CIUDAD DE PALMIRA**, el cual no conlleva un riesgo a mi integridad física, moral y ética.

En vista de lo anterior, estoy de acuerdo en que los resultados de esta investigación divulgados en eventos (seminarios, foros de discusión, revistas, artículos, etc.)

Palmira, Valle del Cauca, 08 de octubre del 2018.

Firma: Maná Camila Foreiro E

C.c.: 1113676224

Móvil: 3188481692



Universidad del Valle

ENCUESTA

FECHA: 08 / 10 / 2018

Datos socio demográfico:

Nombre: Nara Camila Fajardo Edad: 23 Sexo: Hombre () Femenino (X)

1. ¿Cuánto tiempo lleva asistiendo al gimnasio?

5 años

2. ¿Cuánto tiempo se destina a la realización de su (s) actividad (s) por día?

- () 30 minutos
() 60 minutos
() 90 minutos
(X) 120 minutos
() Más de 120 minutos.

3. ¿Cuál es su frecuencia semanal?

- () 1 a 2 veces
() 2 a 3 veces
() 3 a 4 veces
() 4 a 5 veces
(X) 5 a 6 veces

4. ¿Ha tenido alguna lesión personal? (si usted no responde a esa pregunta, responda sólo la octava cuestión).

(X) No () si

5. ¿En parte de su cuerpo se produjo la lesión? (puede marcar más de una opción si hay más de un lugar)

- () Columna () Cadera
() Hombro () Rodilla
() Codo () Tobillo
() Muñeca () Otros _____

6. ¿Cuánto tiempo lleva la lesión?

- () Más de 6 meses
() De 3 a 6 meses
() De 1 a 3 meses
() Lesión actual

7. ¿Usted cree que su lesión está relacionada con la actividad que desarrolla en el gimnasio?

() No () si

8. ¿Usted sigue algún programa de entrenamiento (series, carga, aparatos y repeticiones) elaborado y propuesto por el instructor del gimnasio?

- (X) Sí, siempre
() Sí a veces
() No, porque sé a manejado solo

9. ¿Cuál es su actitud después de la lesión?

() Continuó haciendo las actividades, pues ese dolor pronto iría pasar.

() Dejó de hacer sólo algunas actividades.

() Dejó de hacer todos los ejercicios.

Anexo 2. Fotografías de los sujetos de prueba.









