



Universidad UCINF  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Carrera de Kinesiología

**RELACIÓN ENTRE LA RECTIFICACIÓN LUMBAR Y LA  
FATIGABILIDAD DE LA MUSCULATURA ESTABILIZADORA DE  
TRONCO EN UN GRUPO DE JÓVENES CHILENOS**

Carla Franchesca Gasca Sepúlveda

Juan Carlos Quintana Gutiérrez

Romina Alejandra Tolorza Ramírez

Miguel Ángel Vásquez Cárdenas

Tesis presentada para optar al grado de Licenciatura en Kinesiología.

Profesor Guía: Felipe Vargas Ríos.

Santiago, Chile 2015

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre que incluso en los momentos más adversos logró mantener mi espíritu de lucha, a mi profesor Arturo González por su dedicación para cumplir de la mejor manera su labor de docente, a Isabel y Juan que me apoyaron en los momentos de mayor estrés y por último a mis compañeros de Tesis que desde el comienzo de la carrera soñamos en realizar esta investigación juntos.

Juan Carlos

A mi madre y familia por paciencia, amor y entrega

A Juan Carlos, Romina y Carla, por no aflojar en los momentos de mayor tensión

Y a todos aquellos que nos dieron una palabra de aliento para así poder concluir con esta investigación y que viera la luz.

Miguel

A mis padres y hermanos por apoyarme en este largo proceso de mi carrera, decirles que son mi pilar fundamental, que siempre los tendré presente y que los amo con mi vida.

A mi profesor Arturo González y Felipe Vargas que siempre tuvieron la disponibilidad de guiarnos y cooperar en todo momento.

A todos mis amigos y personas que participaron en este proceso.

A mis amigos de tesis Juan, Miguel y Carla que juntos lo que empezamos, juntos lo terminamos.

Romina Alejandra

A mis padres, Hermanas y sobrina por ser mi mayor motivación y apoyo en estos largos años de estudio y mostrarme que nada es imposible, mediante su amor y cariño.

A mis amigos y a Carlos por acompañarme y alentarme en momentos de angustia y miedo.

Finalmente a mis compañeros de tesis que juntos logramos que esto fuera posible.

Carla

## Tabla de contenido

RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	12
2.1 Antecedentes y planteamiento del problema .....	12
2.2 Pregunta de la Investigación .....	14
2.3 Justificación.....	15
OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	16
Objetivo general .....	16
Objetivos específicos .....	16
3. MARCO TEÓRICO .....	17
3.1 Generalidades de Columna .....	17
3.1.1 Ejes de movimiento.....	19
3.1.2 Amplitud de movimiento .....	19
3.1.3 Curvatura lumbar .....	20
3.1.4 Rectificación lumbar .....	23
3.2 Estabilidad Lumbar .....	24
3.3 Inestabilidad y Dolor.....	26
3.4 Mecanismos Compensatorios .....	30
3.5 Concepto de Fatiga Muscular .....	31
3.6 Métodos de Valoración de Curvaturas Vertebrales .....	32
3.6.1 Radiografía lateral del raquis .....	32
3.6.2 Tomografía axial computarizada .....	34
3.6.3 Resonancia nuclear magnética.....	35
4. HIPÓTESIS .....	36
4.1 Hipótesis Científica (H1) .....	36
4.2 Hipótesis Nula (H0) .....	36

5. MARCO METODOLÓGICO .....	37
5.1 Paradigma.....	37
5.2 Enfoque Cuantitativo .....	37
5.3 Tipo de Estudio .....	37
5.4 Diseño de Estudio .....	37
5.5 Población y Muestra.....	38
5.5.1 Delimitación de la Población.....	38
5.5.2 Tipo de Muestreo .....	38
5.5.3 Muestra.....	38
5.6 Procedimientos .....	38
5.6.1 Pilotaje .....	38
5.6.2 Procedimiento .....	38
5.7 Métodos de Análisis.....	41
5.7.1 Definición de Variables .....	41
5.7.2 Instrumentos de Recolección de Datos .....	41
5.7.3 Análisis de los Datos.....	44
5.8 Criterios de Rigor Metodológico .....	45
5.9 Criterio De Rigor Bioético .....	46
5.10 Cronograma.....	46
6. RESULTADOS .....	47
7. DISCUSIÓN.....	73
7.1 Limitaciones del Estudio.....	74
7.2 Proyecciones .....	74
8. CONCLUSIÓN .....	76
9. BIBLIOGRAFÍA.....	77
10. ANEXOS.....	80
10.1 Anexo N° 1 “Criterios de inclusión y exclusión” .....	80

10.1.1 Criterios de inclusión .....	80
10.1.2 Criterios de exclusión .....	80
10.2 Anexo N° 2 “Cuestionario con criterios de rigor” .....	81
10.2.1 Encuesta .....	81
10.3 Anexo N°3 “Consentimiento informado” .....	82
10.3.1. Consentimiento informado.....	82

## **RESUMEN**

En esta investigación queremos dar a conocer la posible relación entre la rectificación de la columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco, siendo evaluada la rectificación lumbar con el Test de Flechas Sagitales, el que propone que si el valor es mayor a 35 mm correspondería a hiperlordosis, entre 20-35 mm a una curvatura fisiológica normal y rectificación lumbar en el caso de que el valor sea menor a 20 mm. La fatiga de la musculatura de tronco será evaluada mediante el Test de Sorensen.

Se evaluaron 195 voluntarios hombres y mujeres de la Universidad UCINF, con rango etario entre 18 a 30 años de edad, que presenten o no rectificación de la columna lumbar, cumpliendo con ciertos criterios de inclusión y exclusión.

## **ABSTRACT**

*In this research we want to present the possible link between the rectification of the lumbar spine and the fatigability of the stabilizing muscles of the trunk, lumbar rectification being evaluated with the test Sagittal Arrows, which proposes that if the value is greater than 35 mm corresponds to hyperlordosis, 20-35 mm at normal physiological and lumbar curvature correction in the event that the value is less than 20 mm. The fatigue of the muscles of the trunk will be evaluated by Sorensen test.*

*195 volunteer men and women UCINF University, with age range between 18-30 years of age who have or not rectification of the lumbar spine, subject to certain inclusion and exclusion criteria were evaluated.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo investigativo tendrá como objetivo principal conocer la relación que existe entre la rectificación de columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco en un grupo de jóvenes chilenos.

Como ya sabemos la columna vertebral está compuesta por 33 vértebras que se dividen en 7 vértebras cervicales, 12 vértebras torácicas, 5 vértebras lumbares, 5 vértebras sacras y 3 a 5 vértebras coccígeas, extendiéndose desde la base del cráneo hasta el cóccix y su longitud es variable según el grado de sus curvaturas. Su longitud va disminuyendo con la edad debido a la reducción del grosor de los discos intervertebrales y a la exageración de las curvaturas.

Gracias a estas curvas sagitales móviles se genera mayor estabilidad y aumenta la resistencia a la compresión axial. Estas curvas tienen un intervalo de grados considerados normales. Cualquier variación, por exceso o por defecto resulta patológica (Cuadrado, 1993). El raquis lumbar tiene que soportar el peso de los segmentos superiores y del tronco, transmitiendo las fuerzas compresivas y de cizalla a la parte inferior durante la realización de las actividades de la vida diaria (J cholewicki, 1996). En el raquis lumbar, las carillas articulares y los discos contribuyen en un 80% a la estabilidad (Miralles, 1998) La correcta disposición del raquis es precisa para desempeñar sus funciones sin que se produzcan alteraciones, tanto a corto como a largo plazo (P. Andujar, 1996).

Cuando la curva de la columna lumbar es menor de 20° hablamos de rectificación (F. Santoja Medina, 1992), en “la postura de espalda plana” se evidencia una columna lumbar en posición recta y pelvis en inclinación posterior, lo que incide en el consecuente acortamiento de músculos de extremidad inferior y tronco, como los isquiotibiales y los músculos abdominales respectivamente. Según (Kendall’s, 2005).

Todos los elementos de la columna vertebral; como las curvaturas, los componentes pasivos y activos contribuyen a la estabilidad de la columna, en mayor o menor grado. Lo que se relaciona con la rectificación lumbar, podríamos suponer una eventual inestabilidad y producción de dolor gracias a lo que plantea (Panjabi, 2003) diciendo que “una parte importante del problema (inestabilidad y producción de dolor) es de origen mecánico”.

Por otro lado entendemos por fatiga "la incapacidad de un músculo o grupo de músculos para sostener la fuerza requerida o esperada en un momento dado". (Bigland-Ritchie B, 1984) . Por lo que en presencia de esta, existiría una disminución de la calidad de trabajo del sistema musculo esquelético ante un acto motor específico.

En la bibliografía actual hay una carencia de estudios donde se correlacione y cuantifique la relación entre la rectificación de la columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco. Esta investigación busca cuantificar si los sujetos con rectificación lumbar obtienen un mayor o menor tiempo antes de llegar a la fatiga muscular.

Según lo mencionado anteriormente esta investigación consta de evaluaciones mediante tres test para asignar un valor cuantificable. Los test utilizados serán Test de Flechas Sagitales, Test de Sorensen y Test de Adams en una población de 195 sujetos hombres y mujeres de la Universidad UCINF, que cumplan con ciertos criterios de inclusión y exclusión.

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Antecedentes y planteamiento del problema**

En esta investigación se plantea la relación entre rectificación lumbar y estabilidad de la musculatura de tronco asociada a factores de fatigabilidad y resistencia muscular. Todos estos temas por separado han sido producto de amplias y constantes investigaciones a lo largo del tiempo por los interesados en el área del sistema locomotor, sin embargo son pocas o nulas las investigaciones que se han llevado a cabo relacionando estos temas. Nosotros creemos que siendo estos tan importantes por si solos, deberían tener un impacto entre sí.

Todos los elementos de la columna vertebral; como las curvaturas, los componentes pasivos y activos contribuyen a la estabilidad de la columna, en mayor o menor grado. Además la resistencia del raquis con presencia de curvaturas será 10 veces superior que si fuese completamente rectilínea (Lapierre, 1996).

La estabilidad de la columna es dependiente de la acción de la musculatura de tronco, la cual constituye las paredes anteriores, posteriores y laterales. Estos músculos deben co-contraherse a distintas intensidades, para crear una fuerza “balanceada” que asegure la estabilidad de la zona, bajo distintas condiciones de posición instantánea, velocidad y carga, aplicada sobre la columna (Moreside J., 2007).

Por lo tanto, en presencia de debilidad de musculatura estabilizadora, se producirá mayor movilidad en otras estructuras, llevándolas a rangos extremos que provoquen su lesión o incluso cambios degenerativos, lo que producirá dolor.

Como resultado de lo anterior, suponemos que si el sistema de estabilización de la columna vertebral está alterado podría llevar a posibles degeneraciones y problemas de funcionalidad. (Panjabi, 2003), la cual define este sistema de estabilización de la siguiente manera:

- 1) Columna vertebral proporciona estabilidad intrínseca (huesos y estructuras ligamentosas).
- 2) Los músculos que rodean la columna proporcionan estabilidad dinámica (alrededor de un 10% de una contracción máxima es necesaria para proveer estabilidad al segmento).
- 3) Sistema de Control Neural o Motor que coordina la actividad muscular para responder al mismo tiempo a fuerzas predecibles e inesperadas.

En condiciones normales, los tres subsistemas trabajan en armonía y proporcionan la estabilidad mecánica necesaria. Los diversos componentes de la columna vertebral generan información sobre el estado mecánico de la columna vertebral, como la posición, la carga y el movimiento de cada vértebra, de una manera dinámica. La unidad de control neuronal calcula la estabilidad necesaria y genera el patrón muscular adecuado, para cada instancia.

Según (Paul W. Hodges, 2011) la “redistribución de la actividad intra e intermúsculo”, “genera cambios en el comportamiento mecánico, tales como modificación del movimiento y rigidez”, generándose así un posible círculo vicioso entre inestabilidad clínica y dolor.

Estudios han demostrado que en condiciones normales, los músculos estabilizadores de la columna (Erectores Espinales, Transverso Abdominal y Oblicuo Interno) son activados previo al movimiento de las extremidades. El Transverso Abdominal es el primer músculo en activarse. Sin embargo, cuando los pacientes presentan dolor lumbar, esta activación de la musculatura estabilizadora se ve alterada, retardándose la contracción del Transverso Abdominal y Oblicuo Interno, (P W Hodges, 1999) uno de los motivos por los que ocurre la inhibición de un músculo estabilizador es producto de la fatiga muscular la cual es una de las principales problemáticas abordadas en esta investigación.

## **2.2 Pregunta de la Investigación**

¿Cuál es la relación que existe entre la rectificación lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco en un grupo de personas jóvenes?

## 2.3 Justificación

A lo largo de la historia se ha buscado un concepto de salud acabado, llegando a la definición descrita por la OMS que la define como “es el estado completo de bienestar físico y social que tiene una persona”.

Es sabido que la salud juega un rol primordial en el desarrollo de la vida cotidiana y en la interacción de un individuo con su entorno. Existen múltiples factores que se necesitan estén en correcto funcionamiento para que este concepto de salud y bienestar se encuentren bien, siendo el componente musculo esquelético uno de los más importantes en la funcionalidad de un ser humano. Es por esto que las ciencias buscan encontrar alteraciones en las estructuras que forman parte de este sistema. Y precisamente en esta investigación intentamos desarrollar la alteración de una de las más importantes estructuras, la columna vertebral, en su porción lumbar la cual es motivo de la mayoría de consultas a nivel traumatológico.

Existen muchas alteraciones de columna lumbar, sin embargo en esta investigación nos enfocamos en la “rectificación lumbar” que sin duda tiene influencia en la distribución de las cargas axiales que se transmiten a través de la columna vertebral.

Se estima que entre el 60 y 90% de la población sufre dolor lumbar en algún momento a lo largo de su vida (M N Martínez Pérez, 2002). Si lo anterior, es relacionado con lo propuesto por (Panjabi, 2003) que plantea que “parte importante del problema (inestabilidad y dolor) es de origen mecánico”, frente a

una eventual rectificación lumbar, y sus consecuentes desórdenes biomecánicos dicha producción de dolor desembocaría en un impacto en las actividades de la vida diaria (AVD).

Por lo cual nosotros creemos que nuestra investigación es de suma importancia, ya que nos entregará datos estadísticos, en los cuales podremos desarrollar conclusiones sobre la relación entre rectificación de la columna lumbar el dolor, la edad, el género, IMC y así dilucidar la influencia que tienen estos factores sobre la fatigabilidad o menor tiempo de trabajo de la musculatura estabilizadora de tronco que podría alterar sus patrones biomecánicos y llevarla a posibles futuras patologías que tienen impacto directo en la funcionalidad y calidad de vida de los múltiples usuarios.

## **OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

Describir la relación entre la rectificación de columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco en un grupo de personas jóvenes.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los distintos niveles de curvatura lumbar.
- Valorar la resistencia de la musculatura estabilizadora de tronco.
- Relacionar los niveles de fatiga según el grado de curvatura.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Generalidades de Columna**

La columna vertebral está compuesta por 33 vértebras sus respectivos discos intervertebrales, además de ligamentos y masas musculotendinosas que conectan y sostienen éstas estructuras. Se extiende desde la base del cráneo hasta el cóccix y su longitud es variable según el grado de sus curvaturas y la talla de la persona (70 cm. en hombres y 60 cm. en mujeres, aproximadamente). Su longitud va disminuyendo con la edad debido a la reducción del grosor de los discos intervertebrales y a la exageración de las curvaturas, especialmente en la región torácica.

Las vértebras de la columna se dividen en 5 regiones: cervical, torácica, lumbar, sacra y coccígea. Según esto, cada vértebra lleva el nombre de la región a que pertenecen. Ellas son: 7 vértebras cervicales (C1 a C7) 12 vértebras torácicas (T1 a T12) 5 vértebras lumbares (L1 a L5) 5 vértebras sacras (S1 a S5) 3 a 5 vértebras coccígeas (Co1 a Co5) Las vértebras sacras y coccígeas están fusionadas y forman respectivamente el sacro y el cóccix.

Las vértebras de cada región presentan una morfología especial, sin embargo pueden apreciarse componentes básicos en ellas cuerpo vertebral, arco vertebral, procesos vertebrales, foramen o agujero vertebral.

Los cuerpos vertebrales forman una masa ósea cilíndrica de ubicación anterior. Los cuerpos de vértebras adyacentes están unidos por discos intervertebrales. Su función es soportar el peso. Las superficies anterior y lateral son cóncavas de arriba abajo y tienen orificios vasculares. La superficie posterior

forma la pared anterior del agujero vertebral. Las superficies superior e inferior son rugosas por la inserción de los discos intervertebrales y existe una marca que deja el núcleo pulposo. El tamaño creciente de los cuerpos vertebrales de arriba hacia abajo se relaciona con la fuerza y peso que sostiene cada segmento.

El arco vertebral emerge de la región postero-lateral del cuerpo y consta de dos pedículos y dos láminas. Junto al cuerpo vertebral, forma el agujero vertebral, y la sucesión de estos últimos forma el canal vertebral, éste protege a la médula espinal de traumatismos. Los pedículos son procesos gruesos y cortos que se proyectan posteriormente desde su origen en la región postero-lateral superior del cuerpo vertebral. Presentan una escotadura superior e inferior en los bordes respectivos (escotadura vertebral superior e inferior), cuya sucesión con escotaduras de vértebras adyacentes originan los agujeros intervertebrales. Este agujero está en relación antero-inferiormente con los discos intervertebrales, por él pasan los nervios raquídeos y vasos sanguíneos de la médula espinal. Las láminas son dos placas planas y anchas que se proyectan postero-medialmente desde su unión con el correspondiente pedículo. Se unen en el plano medio y originan el proceso espinoso. En ambas uniones pedículo-lámina surge un proceso transversal de orientación postero-lateral y dos procesos articulares de orientación superior e inferior. Las vértebras pueden funcionar como palanca y proporcionar inserción para músculos y ligamentos, o formar parte de una articulación. Proceso Espinoso (uno por vértebra): se proyectan postero-inferiormente en el plano medio de forma variable según la zona. Se forma en la unión de ambas láminas. Proporciona inserción para varios músculos y para los ligamentos supraespinoso e infraespinoso. Proceso Transverso (dos por vértebra: derecho e izquierdo): Se dirigen postero-lateralmente desde su sitio de origen en la unión pedículo-lámina, sitio de inserción de varios músculos y del ligamento intertransverso. En la región

torácica se observan carillas articulares para las costillas. Proceso Articular (cuatro por vértebra: dos superiores y dos inferiores): Surgen en la unión del pedículo y la lámina. Cada proceso articular tiene una faceta o carilla que se articula con la faceta de la vértebra adyacente formando así la articulación facetaria ( Escuela de Medicina Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009).

### 3.1.1 Ejes de movimiento

En la región lumbar baja las carillas articulares están ligeramente desplazadas hacia el plano frontal, dirigidas hacia atrás y hacia dentro, por lo que se encuentran casi enfrentadas, lo que permite perfectamente las rotaciones axiales; además, están mejor adaptadas para soportar las fuerzas de cizallamiento debidas a la orientación oblicua hacia delante de los discos intervertebrales de L4-L5 y L5-S1 en dicha región hay una orientación de 45° con respecto al plano frontal y 90° con respecto al transversal. Se pueden realizar movimientos de flexión, extensión, lateralizaciones y rotaciones.

Las articulaciones intervertebrales de la región lumbo-sacra difieren de las demás de la región lumbar. La forma y orientación de las carillas articulares de este nivel permiten un cierto grado de rotación. (Miralles, 1998)

### 3.1.2 Amplitud de movimiento

En la columna lumbar se pueden realizar movimientos de flexoextensión, lateralización y rotaciones axiales. La amplitud de movimiento de cada articulación es escasa, pero la suma de todos los grados conseguidos en cada nivel confiere a la columna en conjunto una gran movilidad. La amplitud del

movimiento de cada unidad funcional depende de la orientación de las articulaciones interapofisiarias y de la elasticidad de los discos y músculos que la componen.

La flexión a nivel de columna lumbar es de  $60^\circ$  y para el conjunto dorso-lumbar de  $105^\circ$ . La extensión es mucho más reducida siendo de  $35^\circ$  para el segmento lumbar y de  $60^\circ$  para la columna dorso-lumbar.

En la flexión de la columna interviene indirectamente la flexión de cadera, que se realiza automáticamente en lo que se ha llamado ritmo lumbo-pélvico. Esta simultaneidad varía entre la flexión y la extensión. Durante la flexión se produce una rotación simultánea de la pelvis sobre la articulación coxofemoral, pero durante la extensión ocurre de forma secuencial (Miralles, 1998).

### 3.1.3 Curvatura lumbar

La lordosis es una curvatura de convexidad anterior (concavidad posterior) que de manera fisiológica incide en la región lumbar. Se puede considerar que la lordosis lumbar es compensatoria de la cifosis torácica manteniéndose así la verticalidad de la columna. Se puede decir que es una cifosis invertida, donde el acúñamiento vertebral ofrece una altura mayor en la porción anterior de la vértebra y menor en la porción posterior, lo que trae como consecuencia un aumento de presión en los bordes posteriores de los cuerpos vertebrales y discos intervertebrales. Todo facilita el desplazamiento del disco hacia adelante. El rango normal de la lordosis lumbar va desde los  $20^\circ$  a  $60^\circ$  estando por debajo del valor de inicio ( $< 20^\circ$ ) estaríamos en presencia de una rectificación lumbar y por encima

(> 60°) en presencia de una hiperlordosis siendo ambas manifestaciones de una curvatura fisiológica alterada. Este ángulo se define como el formato entre la primera vértebra lumbar y la primera vertebra sacra.

Finalmente, se concluye que la presencia de curvaturas raquídeas aumenta la resistencia del raquis a las fuerzas de compresión axial (Kapandji, 1980) y es aún más importante recalcar que la resistencia del raquis con presencia de curvaturas será 10 veces superior que si fuese completamente rectilínea (Lapierre, 1996). Estas curvas sagitales móviles generan mayor estabilidad y aumentan la resistencia a la compresión axial.

### *3.1.3.1 Equilibrio Sagital*

El Equilibrio sagital no se debe valorar únicamente con los ángulos de lordosis cervical, cifosis torácica y lordosis lumbar (30°,40° y 50° promedio en el adulto respectivamente), sino que también se debe tomar en consideración la posición de la pelvis influenciada por tres ángulos principales (inclinación sacra, incidencia pélvica y balance pélvico).

La angulación de la plataforma del sacro con relación a la horizontal o inclinación sacra (IS) es proporcional a la lordosis lumbar. Cuando la pelvis está en retroversión, el sacro se verticaliza, mientras la IS y la lordosis lumbar disminuyen. A la inversa, cuando la pelvis se encuentra en anteversión, el sacro se horizontaliza, mientras la IS y la lordosis lumbar aumentan.

La incidencia pélvica está formada por una línea perpendicular a la plataforma del sacro que inicia en la mitad del mismo hacia distal y una segunda línea que va del centro de las cabezas femorales a la mitad de la plataforma del sacro. Este ángulo aumenta durante el desarrollo inicial de la marcha y permanece con un valor medio de  $51^{\circ}$  durante la vida adulta. Cuando está aumentado, se le asocia a una lordosis lumbar pronunciada, así como a una cifosis torácica y una lordosis cervical superiores a lo normal, que corresponde a curvas en una visión sagital muy acentuadas. Por el contrario, un ángulo menor de lo normal se asocia a curvas en la columna vertebral poco pronunciadas.

El ángulo de balance pélvico (PT). Está formado por una línea vertical que va del Centro de la Cabeza Femoral (CCF) hacia proximal, y una línea que une el CCF con la mitad de la plataforma del sacro. Su valor promedio es de  $12^{\circ}$  en el adulto. La PT aumenta con la retroversión de la pelvis, caracterizando un desequilibrio anterior de la columna, ya que se asocia a una disminución de la IS y a una hiperextensión de las caderas. La PT disminuirá, e incluso se invertirá, en caso de anteversión. Es necesario resaltar que la PT y la IS varían de forma inversa, ya que al sumar estos dos valores, el resultado es constante (Tebet, 2013).

Dichos ángulos son importantes, debido a que en esa región se sustenta la columna y una variación de uno de los componentes hace cambiar los demás.

### 3.1.4 Rectificación lumbar

El término rectificación o espalda plana se refiere a una disminución relativa de la lordosis lumbar ( $< 20^\circ$ ), que desplaza el centro de gravedad anterior a la columna vertebral y las caderas. Esta condición puede resultar de múltiples situaciones como del tratamiento quirúrgico de la escoliosis, enfermedad degenerativa de disco intervertebral en múltiples niveles de la columna vertebral, espondilosis anquilosante, fracturas por compresión, más comúnmente causada por la osteoporosis también por cambios de posición de la pelvis y acortamientos musculares.

El signo clínico más común es la tendencia a inclinarse hacia adelante al caminar o estar de pie. En un esfuerzo para mantener el cuerpo mejor alineado, la espalda baja, nalga y músculos posteriores del muslo son reclutados para inclinar la pelvis. Esta acción hace que estos músculos se fatiguen más rápidamente, dando lugar al dolor. El cuerpo También puede compensar incrementando la extensión de cadera y flexión de rodilla. Sin embargo, si se acentúa la flexión de cadera, se puede producir contractura en flexión de los músculos de cadera. (lumbar spinal conditions,chapter 11). En lo que concuerdan otros autores diciendo que cuando la curva lordótica es menor de  $20^\circ$  se habla de rectificación (F. Santoja Medina, 1992).

(Kendall's, 2005) Propone que en “la postura de espalda plana” se evidencia una columna lumbar en posición recta y pelvis en inclinación posterior, lo que incide en el consecuente acortamiento de músculos de extremidad inferior y tronco, como los isquiotibiales y los músculos abdominales respectivamente.

Por último la columna vertebral con lordosis lumbar, su cifosis dorsal y su lordosis cervical, tiene una resistencia diez veces mayor que la columna rectilínea, (Kapandji, 1980).

### **3.2 Estabilidad Lumbar**

La estabilidad de la columna vertebral es proporcionada por la forma y fortaleza de las vértebras individuales, por los discos intervertebrales y por la presión intra-abdominal.

También la PIA es un mecanismo que puede contribuir a la descarga y estabilización de la columna lumbar. LA PIA es la presión creada dentro de la cavidad abdominal por una contracción coordinada del diafragma y de los músculos abdominales y del suelo pélvico. Es como un balón presurizado que intenta separar el diafragma y el suelo pélvico. Lo que crea un momento extensor que disminuye las fuerzas de compresión sobre los discos lumbares. El momento extensor producido por la PIA se ha calculado en varios modelos biomecánicos, con reducciones resultantes ampliamente variables del momento extensor del 10% al 40% de la carga extensora.

Estudios sugieren que el transverso abdominal es el principal musculo abdominal responsable de la generación de la PIA. Debido a que dicho musculo se horizontaliza, crea compresión y aumenta la PIA sin un momento flexor asociado. Se ha demostrado que la PIA contribuye a la estabilidad mecánica de la columna a través de lo co-activacion entre los músculos agonistas flexores y extensores del tronco. A medida que la musculatura abdominal se contrae, la PIA aumenta y

convierte el abdomen en un cilindro rígido que aumenta en gran medida la estabilidad si se compara con una columna espinal multisegmentada. (Margareta Nordin, 2009).

Estudios han demostrado que en condiciones normales, los músculos estabilizadores de la columna (Erectores Espinales, Transverso Abdominal y Oblicuo Interno) son activados previos al movimiento de las extremidades. El Transverso Abdominal es el primer músculo en activarse. Sin embargo, cuando los pacientes presentan dolor lumbar, esta activación de la musculatura estabilizadora se ve alterada, retardándose la contracción del Transverso Abdominal y Oblicuo Interno, a diferencia de los Erectores Espinales (P W Hodges, 1999)

Todos los componentes de la columna vertebral: disco intervertebral, los ligamentos de la columna vertebral y las articulaciones facetarias, contribuyen a la estabilidad de la columna, en mayor o menor grado (Panjabi, 2003). Lo que si se relaciona con la rectificación lumbar y el no contacto de las articulaciones facetarias debido a la rectificación, podríamos suponer una eventual inestabilidad y producción de dolor lo que ratifica (Panjabi, 2003) diciendo que “una parte importante del problema (inestabilidad y producción de dolor) es de origen mecánico”.

Como resultado de lo anterior, suponemos que si el sistema de estabilización de la columna vertebral esta alterado podría llevar a posibles degeneraciones y problemas de funcionalidad.

(Panjabi, 2003) Define este sistema de estabilización de la siguiente manera:

- 1) Columna vertebral proporciona estabilidad intrínseca (huesos y estructuras ligamentosas).
- 2) Los músculos que rodean la columna proporcionan estabilidad dinámica (alrededor de un 10% de una contracción máxima es necesaria para proveer estabilidad al segmento).
- 3) Sistema de Control Neural o Motor que coordina la actividad muscular para responder al mismo tiempo a fuerzas predecibles e inesperadas.

Lo cual nos genera la inquietud de si los desórdenes biomecánicos tienen relación con la disminución de los tiempos de trabajo de la musculatura estabilizadora de tronco teniendo en cuenta que “La Inestabilidad clínica es una causa importante de dolor lumbar”. (Panjabi, 2003), siendo el dolor un componente que influye en la “redistribución de la actividad intra e intermúsculo” y “genera cambios en el comportamiento mecánico, tales como modificación del movimiento y rigidez” (Paul W. Hodges, 2011) generándose así un posible círculo vicioso entre inestabilidad clínica y dolor.

### **3.3 Inestabilidad y Dolor**

En el dolor de espalda agudo y crónico a nivel de la patología el multífido lumbar ha demostrado una disminución del área de sección transversal (CSA), (Stokes I, 2003) dicha área es el centro del musculo que es capaz de generar mayor tensión y fuerza en una contracción.

(M. J. Comerford, 2001) Reportaron que el CSA en el dolor agudo de espalda baja no se recupera automáticamente después de la resolución del dolor de espalda. Además se demostró que dicho músculo específico al ser reentrenado restablece CSA normal y disminuye significativamente la incidencia de recurrencia.

(Taylor J, 2000) Informó que los pacientes con inestabilidad segmentaria lumbar pueden mantener una buena simetría CSA en multifidos lumbares, pero demuestran la pérdida unilateral significativa de tejido muscular con una mayor infiltración de tejido graso en la RM. Informó, además, que estos cambios son reversibles con el entrenamiento muscular específico.

Los cambios en la CSA también se han reportado para psoas mayor (Hides JA, 1994) encontraron una significativa asimetría del CSA en psoas en un paciente con dolor de espalda crónico que fue simultáneo con los cambios en multifido.

El dolor lumbar es la quinta razón más común para todas las visitas al médico en los Estados Unidos. Aproximadamente una cuarta parte de los adultos de Estados Unidos informó que tiene dolor de espalda baja que dura toda al menos 1 día en los últimos 3 meses. El dolor lumbar es también muy costoso el total de costos incrementales directos de atención médica atribuibles al dolor de espalda baja en los EE.UU se estimaron en 26,3 mil millones dólares en 1998, además los costos indirectos relacionados con los días de trabajo perdidos son sustanciales.

La frecuencia de dolor de espalda es tal, que solo en Estados Unidos hay 7 millones de personas que dejan de trabajar por esta causa en algún momento, siendo la principal causa de pérdida de tiempo de trabajo. En Gran Bretaña se pierden 13,2 millones de días de trabajo por este síndrome (Makenzie, 1998)

Algunos autores afirman que la verdadera causa de los dolores de espalda es de origen desconocido en la mayor parte de los casos (White A A, 1990) y que en el 80-90% de los casos no es posible un diagnóstico preciso (Novotny, 1993) debido a la inter-relación de aspectos clínicos, socioeconómicos, psicológicos y laborales.

En España, al igual que en los países industrializados, las encuestas demuestran la rápida evolución y el crecimiento de esta afectación. La Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo de 1993 destaca que el 60,4% de los encuestados mencionaron la zona de la espalda como la más afectada en primer lugar. En contra de lo que pudiera parecer a primera vista, los trastornos y dolores de espalda no son exclusivos de las personas de edad avanzada; las personas jóvenes y de edad media sufren este problema con gran frecuencia (Da Silva M, 1992).

Muchos pacientes tienen episodios autolimitados de dolor lumbar agudo y no buscan atención médica. Entre los que no buscan atención médica, el dolor, la discapacidad, y volver a trabajar normalmente, mejoran rápidamente en el primer mes. Sin embargo, hasta un tercio de los pacientes refieren dolor de espalda

persistente de intensidad al menos moderada 1 año después de un episodio agudo, y 1 de cada 5 refiere limitaciones sustanciales en la actividad. (Roger Chou, Amir Qaseem, Vincenza Snow, Donald Casey, & J. Thomas Cross Jr., 2007).

Los indicadores de incidencia y prevalencia muestran que es un problema de salud pública y que se caracteriza por sus grandes repercusiones económicas y sociales, ya que se ha convertido en una de las primeras causas de ausentismo laboral. Se considera que aproximadamente el 80 % de la población mundial sufre de dolor de espalda en algún momento de su vida.

El dolor tiene impacto sobre la calidad de vida de las personas que lo padecen, afectando su estado de ánimo, personalidad y relaciones sociales, generando fatiga y disminución de la función física general y limitando la ejecución de las actividades de la vida diaria

Señalar con respecto a los músculos abdominales que constituyen un importante mecanismo auxiliar en la estabilización del tronco; la presión abdominal se estima que puede descargar los esfuerzos de cizallamiento de la columna vertebral hasta en un 80%, además de disminuir esta estabilización del tronco provoca una rotación anterior de la pelvis que ocasiona un aumento de la lordosis lumbar con sus consecuencias ya citadas. Aunque el aumento de la lordosis lumbar no es exclusivamente determinado por la debilidad de los músculos abdominales, sino tanto o más por el acortamiento del músculo psoas ilíaco que tracciona la columna aumentando su curva.

### **3.4 Mecanismos Compensatorios**

Síndrome de espalda plana se caracteriza por la pérdida de la lordosis lumbar normal que resulta en un síndrome clínico típico caracterizado por inclinación anterior de tronco, dificultad para permanecer de pie sin flexión de rodillas y dolor, debido a esto los pacientes adoptarían la siguiente postura: extensión de caderas, flexión de rodillas y extensión cervical para mantener la mirada horizontal.

Debido a la dificultad de tratar lograr la postura erguida, el dolor y la fatiga se pueden observar en la zona cervical, torácica y lumbar (Wiggins, 2003).

Se ha observado que en los casos que presentan acortamiento de musculatura isquiotibiofibular (IQTF), radiográficamente se aprecia una consecuente rectificación de la lordosis lumbar (F. Santonja Medina, 1995).

### **3.5 Concepto de Fatiga Muscular**

Numerosas y diversas han sido las investigaciones enfocadas a determinar un concepto acabado de fatiga y aún no está completamente desarrollado, incluso posterior a más de un siglo de estudio, sin embargo no se ha perdido el tiempo, muy por el contrario, hoy en día existen múltiples teorías al respecto (las cuales no desarrollaremos en esta oportunidad) y definiciones mejores logradas tales como decir que es "la incapacidad de un músculo o grupo de músculos para sostener la fuerza requerida o esperada en un momento dado", existe mucha evidencia que sugiere que los eventos fisiológicos que subyacen a la fatiga comienzan al inicio de la actividad (Bigland-Ritchie B, 1984), siendo entonces el producto de la sumatoria de dichos eventos la fatiga propiamente tal.

La relevancia en nuestra investigación radica en que la fatiga es un componente determinante en la propiocepción tal como lo plantea (Voight, 1996) "la fatiga muscular disminuye la precisión de reposicionamiento propioceptivo". Por su parte la información articular aferente anormal puede disminuir la excitabilidad de las gamma-motoneuronas causando deficiencias propioceptivas y daños en las articulaciones, puede de igual forma disminuir la excitabilidad de una alfa-motoneurona reduciendo la activación voluntaria (Hurley, 1993), interfiriendo en la relación existente de estos componentes y un control motor esperado.

Además (L Grimby, 1979) indican que, cuando se redujo los impulsos aferentes, se incrementó el sentido de esfuerzo necesario para la activación de las unidades motoras lentas. Es decir, durante la actividad de baja carga, el sujeto percibiría que tiene que esforzarse más para lograr la contracción tónica de baja

frecuencia (M. J. Comerford, 2001), lo que se podría traducir en posibles compensaciones posturales con consecuente aparición de inestabilidad y dolor.

### **3.6 Métodos de Valoración de Curvaturas Vertebrales**

#### **3.6.1 Radiografía lateral del raquis**

El examen radiográfico básico del plano sagital del raquis consiste en una teleradiografía lateral de toda la columna vertebral, que incluya desde la base del cráneo hasta la pelvis completa, lo que permitirá valorar las curvaturas raquídeas sagitales, el equilibrio del raquis en el plano sagital, los segmentos vertebrales, la posible presencia de anomalías en las charnelas, así como la disposición de la pelvis. El haz de rayos ha de centrarse en las vértebras torácicas para suprimir el efecto del aumento y divergencia de los rayos, precisan tiempos de exposición largos (aprox. 2 segundos) y la distancia foco-placa a utilizar estará entre 1,5 y 2 mm.

Es importante la posición que el explorado adopta en la sala de rayos, ya que esta debe reproducir fielmente su postura habitual y la postura adoptada durante la exploración clínica. La radiografía se hace en bipedestación con el paciente en su postura habitual (relajado), con la mirada al frente, pies descalzos, paralelos y separados como máximo a la anchura de los hombros.

La posición en la que colocan los brazos a la hora de realizar este estudio es importante, debiendo elevarse para evitar que se superpongan a las vértebras, pero sin modificar la postura.

La flexión de los brazos aumenta la curva lordótica lumbar y con frecuencia disminuye la cifosis dorsal, por lo que no deben realizarse con los brazos elevados hasta la horizontal, ni por encima de la cabeza al incrementar este efecto indeseable.

Para evitarlo, el paciente tiene que flexionar ligeramente sus brazos (aproximadamente unos 30°) apoyando las manos o los antebrazos sobre un soporte anterior que puede ser una escalera, que esté a la altura de las crestas iliacas. Mediante este proceder no se modifican las curvaturas sagitales del raquis.

La colaboración del técnico de rayos es fundamental para obtener radiografías que muestren la verdadera postura de los explorados, evitando el frecuente error de realizar las radiografías en posición inadecuada que desvirtúan la primera impresión diagnóstica obtenida en la evaluación clínica, lo que puede conducir a obtener "falsos positivos" (F.Santoja, 1992).

En la actualidad, los estudios radiográficos siguen siendo documentos imprescindibles de nuestro quehacer diario, pero es preciso su análisis pormenorizado.

Precisamos una buena reproducibilidad entre la postura adoptada durante la exploración clínica y la adoptada durante la exploración radiológica, lo que permitirá obtener una buena correlación clínico-radio-lógica necesaria para el correcto seguimiento de las desalineaciones sagitales del raquis. Es necesario conocer la notable variación de las curvas en bipedestación, evitando equiparar radiografías realizadas en posturas diferentes, y los rangos de variación en las curvaturas, a fin de evitar los falsos positivos o los falsos negativos a la hora de emitir un diagnóstico y establecer la decisión terapéutica.

### 3.6.2 Tomografía axial computarizada

La tomografía computarizada (TC) ha sido, y aún continúa siendo, utilizada en el diagnóstico de la patología de la columna. Actualmente, la resonancia magnética (RM) ha reemplazado a esta técnica específicamente en el estudio de la columna cervical y dorsal. Sin embargo, en la valoración de la patología discal, estenosis de canal y afectación degenerativa de la columna lumbar en general, todavía se utiliza mucho la TC, sobre todo por la menor disponibilidad de equipos de RM, aunque ambas técnicas tienen similar validez diagnóstica (sensibilidad, especificidad). Como es conocido, en el caso de la TC hay un riesgo asociado por el uso de radiaciones ionizantes (Nieves Gómez-Leóna, 2004).

La TC aporta una gran resolución espacial de la anatomía y está indicada fundamentalmente para el estudio de las lesiones óseas. La tomografía computarizada multidetector (TCMD) permite obtener, a partir de la adquisición en el plano axial, imágenes isotrópicas, sin distorsión espacial significativa en reconstrucciones multiplanares y tridimensionales. El estudio con TC de la

columna debe comprender un arco continuo helicoidal del rango de interés. Este rango viene determinado por criterios clínicos o por la presencia de una lesión conocida detectada en otras técnicas de imagen. Los cortes submilimétricos permiten obtener imágenes isotrópicas, aunque si el rango de estudio es extenso, grosores de reconstrucción entre 1 y 3 mm pueden ser admisibles. La mayor desventaja de la TC es la dosis de radiación, muy superior a la de la radiografía simple, que puede oscilar, dependiendo de la instrumentación y los parámetros técnicos, entre 13 y 26 msv de dosis efectiva. El uso de TC de baja dosis con niveles de radiación en torno a 1 msv no está universalmente extendido (F. Ruiz Santiago, 2010).

### 3.6.3 Resonancia nuclear magnética

La RM ofrece una mejor caracterización de las estructuras de partes blandas que la TC. Un protocolo estándar debe incluir secuencias T1 y T2, axiales y sagitales, y al menos una secuencia de potenciación T2 con supresión grasa, basada en técnicas de desplazamiento químico y/o de supresión por inversión-recuperación. A nivel cervical, por el menor tamaño de los discos, se recomienda la secuencia axial eco de gradiente que generalmente permite diferenciar el disco (hiperintenso) de los osteofitos (hipointensos). Ante la sospecha de un proceso inflamatorio, infeccioso o tumoral se suele completar el estudio repitiendo las secuencias T1 tras la administración de gadolinio. La supresión grasa en al menos uno de los planos permite una mejor valoración del realce en estos procesos patológicos. Se vienen desarrollando nuevas técnicas de RM que tratan de aportar una información metabólica, funcional y fisiológica a la imagen anatómica de las técnicas estándar (F. Ruiz Santiago, 2010).

## **4. HIPÓTESIS**

### **4.1 Hipótesis Científica (H1)**

Desde hace siglos se ha estudiado la correcta alineación de la columna vertebral, existiendo rangos asignados a una posible curvatura fisiológica ideal, lo que contribuiría a una armónica distribución de las cargas axiales a las cuales se someten las vértebras y los músculos que la componen, aumentando posiblemente el gasto energético necesario para todos los actos motrices que se realizan a lo largo del día. Al estar estas curvaturas fuera de sus parámetros existiría una alteración entre dichos componentes; Por lo que esperaríamos existiera una relación entre la rectificación de la columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco que sería proporcional al grado de rectificación.

### **4.2 Hipótesis Nula (H0)**

La rectificación de la columna lumbar no está relacionada con la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco.

## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1 Paradigma**

Nuestro estudio se clasifica dentro del paradigma positivista, busca una posible relación entre la rectificación de la columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco, en la literatura no existe mayor información al respecto de dicha interacción. El objetivo de esta investigación es dilucidar mediante los datos empíricos obtenidos en la evaluación la veracidad de nuestra hipótesis.

### **5.2 Enfoque Cuantitativo**

El enfoque es cuantitativo, ya que se usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento, relacionando los grados de curvatura lumbar con el tiempo obtenido en el test de resistencia muscular con el fin de afirmar nuestra hipótesis.

### **5.3 Tipo de Estudio**

Nuestro estudio es de tipo descriptivo correlacional.

### **5.4 Diseño de Estudio**

La investigación es no experimental, ya que no existe manipulación de las variables independientes, observando fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

## **5.5 Población y Muestra**

### **5.5.1 Delimitación de la Población**

Alumnos de la Universidad UCINF ubicada en Pedro de Valdivia #450, en la comuna de Providencia, Santiago de Chile, hombre y mujeres, con rango etario entre 18 y 30 años de edad que asistan en diurno.

### **5.5.2 Tipo de Muestreo**

La muestra es no probabilística, de tipo de participantes voluntarios.

### **5.5.3 Muestra**

Nuestra Muestra está dada por 200 sujetos voluntarios, que cumplan ciertos criterios de inclusión y exclusión (Anexo n°1).

## **5.6 Procedimientos**

### **5.6.1 Pilotaje**

Se realizan 30 pruebas de práctica semanas previas al día de la evaluación con el fin de que exista una familiarización entre el evaluador designado y los test seleccionados para esta investigación.

### **5.6.2 Procedimiento**

Se solicitó autorización en la escuela de Kinesiología en la facultad de salud para realizar 200 evaluaciones de la columna lumbar en la Universidad UCINF. Luego de haber adquirido permiso, promocionamos una evaluación de columna lumbar en la Universidad UCINF en la sala de biomecánica 306, a través de las redes sociales; Correo electrónico, Facebook y Whatsapp.

Posteriormente los voluntarios se dirigían a la sala de biomecánica donde se encontraban los materiales atingentes como la camilla, plomada, cinta métrica, regla, pesa digital, camilla, biombos, cinchas de seguridad, escabel, cronómetro y cámara digital para llevar a cabo las evaluaciones de columna lumbar.

Se explica en qué consiste nuestra tesis, cual es nuestro objetivo a seguir y se realiza una ronda de preguntas y respuestas sobre dudas de los voluntarios.

Se solicita a cada voluntario leer el consentimiento informado de manera individual y si están de acuerdo firmar.

Se les aplica un cuestionario con criterios de rigor (Anexo 2) de manera individual con 16 preguntas.

Se evalúa talla y peso de los participantes, a través de una cinta métrica y una pesa digital para luego analizar datos.

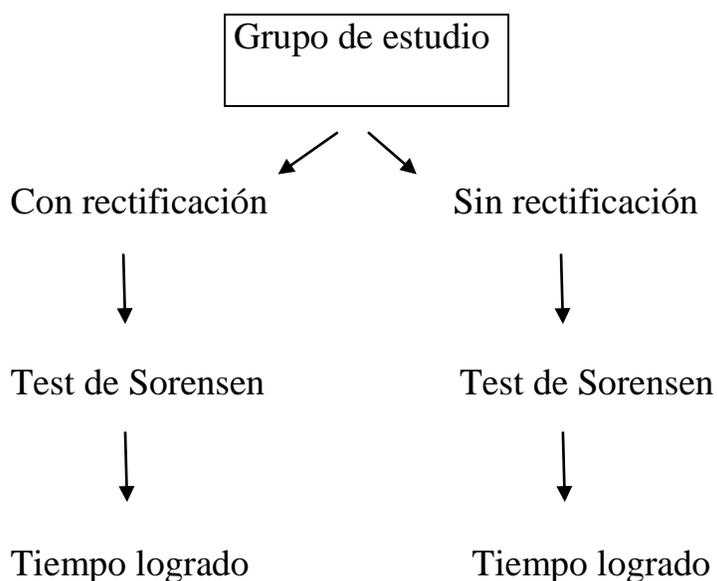
Se solicita a los voluntarios de manera individual pasar a un biombo ubicado en la sala de biomecánica, retirarse la polera para así dejar visible la región de la columna vertebral siempre que no haya ningún inconveniente por parte del voluntario, y así poder medir la curvatura de la columna lumbar con la plmada mediante el Test de Flechas Sagitales, explicándole al voluntario detalladamente las indicaciones a seguir.

Se realiza test de Adams a los voluntarios con antecedentes de escoliosis y desviaciones de columna lumbar.

Se explica en qué consiste detalladamente de manera verbal y escrita a los voluntarios para proceder al Test de Sorensen de manera efectiva y la importancia de la buena ejecución de éste. Se consideran criterios de inclusión y exclusión para cada voluntario.

Se registran los resultados obtenidos en el Test de las Flechas Sagitales, Test de Sorensen y Test de Adams.

Se determina el grupo de estudio, con ciertos criterios de inclusión y exclusión, siendo este un N de 195 voluntarios de ambos géneros, entre 18 a 30 años de edad que presenten o no rectificación de la columna en la región lumbar.



## **5.7 Métodos de Análisis**

### **5.7.1 Definición de Variables**

Es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.

#### *5.7.1.1 Variable Dependiente*

La variable dependiente es el tiempo de duración en el Test de Sorensen.

#### *5.7.1.2 Variable Independiente*

La variable independiente es la medida en cm de la curvatura de la columna lumbar mediante el Test de Flechas Sagitales.

### **5.7.2 Instrumentos de Recolección de Datos**

#### *5.7.2.1 Test Sorensen*

El paciente se acuesta en la camilla en decúbito prono con el borde superior de las crestas ilíacas alineados con el borde de la mesa. La parte inferior del cuerpo se fija a la mesa por tres correas, que se encuentra alrededor de la pelvis, rodillas y tobillos, respectivamente. Con los brazos cruzados sobre el pecho, se le pide al paciente mantener isométricamente la parte superior del cuerpo en una posición horizontal. Se registra El tiempo durante el cual el paciente mantiene la recta horizontal superior del cuerpo. La prueba de Sorensen es la prueba más utilizada en estudios publicados que evalúan la resistencia isométrica de la musculatura de tronco (Christophe Demoulin, 2004).

### *5.7.2.2 Test de Flechas Sagitales*

Las variables evaluadas fueron: la medición de la lordosis lumbar a través del Test de las Flechas Sagitales mediante el protocolo propuesto por (Yuing & Almagia, 1996).

Se utilizó una plomada que va desde C7, pasando por la línea interglútea. En el plano sagital se mide la curvatura lumbar a nivel de L3.

La curvatura de la columna lumbar se evaluó con el test de flechas sagitales, se realizó mediante la determinación de la distancia existente entre la vertical de la plomada hasta el punto más alejado de la misma y que clasifica los valores como hiperlordosis si el valor es mayor a 35 mm, normal entre 20-35 mm y rectificación lumbar si el valor es menor a 20 mm.

### *5.7.2.3 Test de Adams*

El Test o Prueba de Adams es una maniobra recurrida en el diagnóstico de anomalías en las curvas naturales de la columna. Para comenzar, el paciente se debe quitar su camisa o blusa para que la columna quede visible. A continuación el paciente tiene que inclinarse hacia adelante, a partir de la cintura hasta la parte de la coronilla, como si fuese a realizar un clavado de natación, con los pies juntos, dejando colgar los brazos y las rodillas en extensión. Las palmas se mantienen unidas. El examinador se ubica por detrás del paciente y observa a lo largo del plano horizontal de la columna vertebral, en busca de anomalías de las curvas de la columna vertebral, como un aumento o disminución causante de escoliosis,

lordosis, cifosis, o alguna asimetría del torso (92% sensibilidad y 60% especificidad).

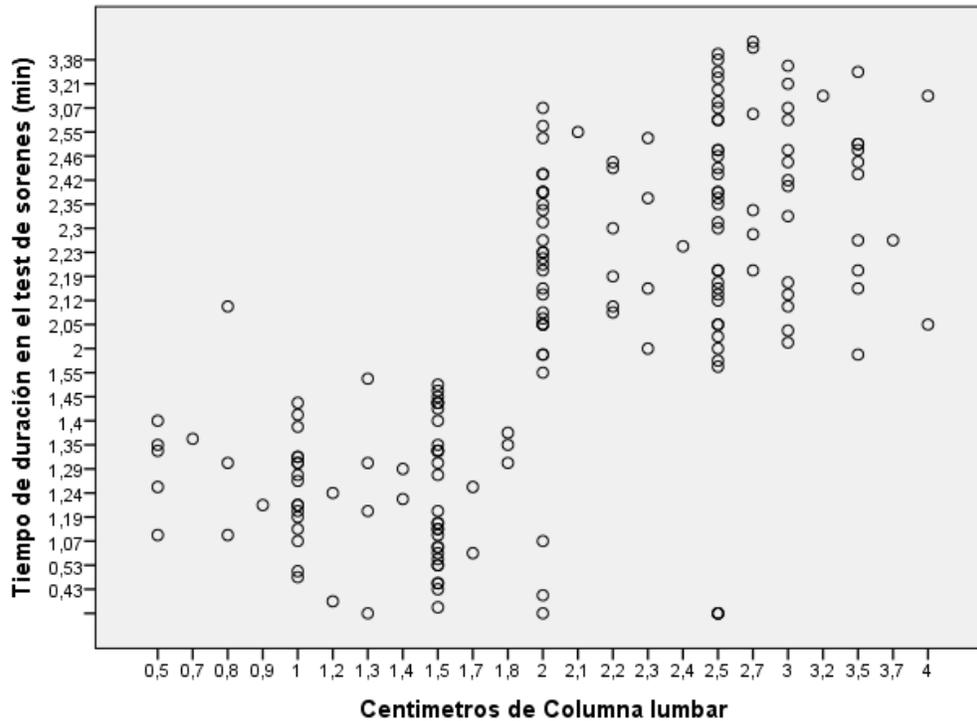
El propósito de la prueba de flexión hacia delante de Adams es la detección de la escoliosis estructural o funcional. Este examen se utiliza con mayor frecuencia durante la fase de diagnóstico de la escoliosis.

También se puede utilizar con los pacientes que tienen un historial familiar de postura escoliótica o con pacientes que tienen escoliosis detectable de etiología incierta. La escoliosis es funcional cuando las características de la curvatura se hacen más visibles mientras el paciente se inclina. Con una escoliosis estructural, la deformidad escoliótica seguirá siendo la misma en la posición bípeda que con la maniobra de Adams.

### 5.7.3 Análisis de los Datos

Se tabulan los datos en Excell y se exportan a programa de análisis estadístico “IBM SPSS” donde se analizan y grafican los datos.

Relación entre centímetros en curvatura lumbar y tiempo obtenido en test de Sorensen.



### Correlaciones

		Curvatura lumbar (cm)	Tiempo de fatiga
Curvatura lumbar (cm)	Correlación de Pearson	1	,616**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	195	195
Tiempo de fatiga	Correlación de Pearson	,616**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	195	195

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los datos obtenidos en nuestra evaluación fueron sometidos a un análisis estadístico, el cual nos indica que existe una fuerte relación entre las personas que tienen una curvatura lumbar recta en relación a la curvatura fisiológica normal de la zona lumbar y el tiempo de duración obtenido por dichas personas en el Test de Sorensen, siendo precisamente en la mayoría de los casos los usuarios de este grupo los que obtuvieron el menor tiempo en el test.

### **5.8 Criterios de Rigor Metodológico**

El test de Sorensen no es confiable, ya que para ser confiable debe ser realizada dos veces y arrojar el mismo resultado, lo que en este estudio no es posible realizar, ya que la fatiga muscular es acumulativa, y si un individuo realiza dos veces el test, el segundo intento claramente arrojará un tiempo distinto (menor).

Nuestro instrumento de medición es válido, ya que mide la variable que se desea medir, en este caso la resistencia de la musculatura estabilizadora de tronco con el Test de Sorensen, las curvaturas de la columna lumbar mediante el Test de Flechas Sagitales y finalmente la escoliosis mediante el Test de Adams.

## 5.9 Criterio De Rigor Bioético

Se realizó un consentimiento informado al inicio de la evaluación, donde se invitó a cada persona a ser partícipe de nuestra investigación, informándoles a los participantes que esta evaluación es para propósitos de investigación y que los resultados no serán reportados individualmente si así él lo estima conveniente. Además su participación es voluntaria y puede rehusarse de participar o retirarse de la investigación en cualquier momento sin ninguna penalidad, se deja en claro que este proyecto de investigación no está destinado a proveer diagnóstico ni tratamiento (Anexo 3).

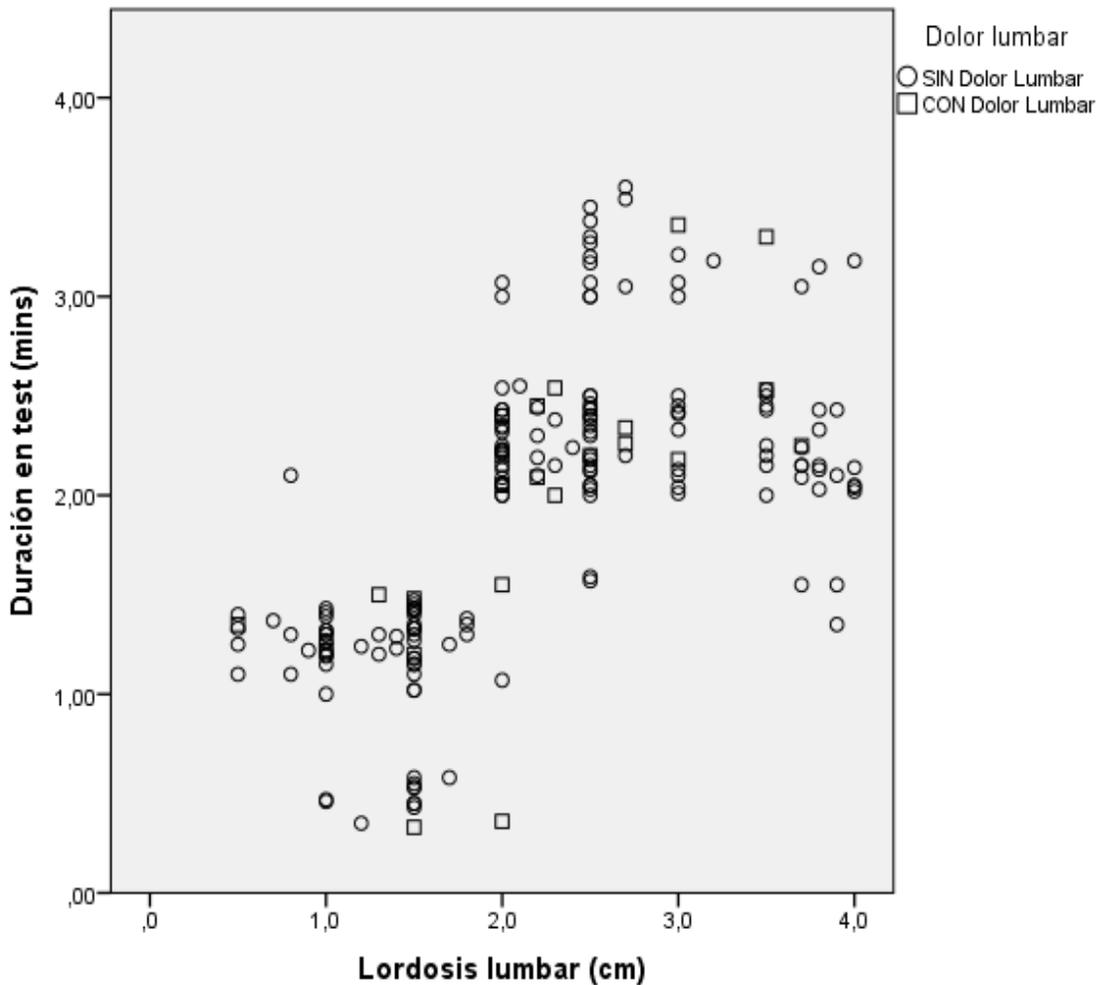
## 5.10 Cronograma

### Carta Gantt

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Identificación del tema	X									
Recopilación de información en base de datos			X	X		X		X		
Análisis de la información obtenida	X	X								
Identificación de los objetivos		X		X	X	X				
Marco teorico			X		X		X			
Desarrollo Hipótesis	X			X		X	X			
Marco metodológico					X			X		
Definición de materiales y presupuesto						X		X		
Diseño de la evaluación				X			X	X		
Compra de productos necesarios para la evaluación							X	X		
Evaluación								X		
Analisis de datos								X	X	
Creación pre-informe		X			X			X	X	
Entrega de tesis									X	
Defensa de tesis										X

## 6. RESULTADOS

Dispersión total de la muestra



Este grafico muestra la dispersión de toda la muestra, en ella se puede observar una relación directamente proporcional, en la que los pacientes que presentaron menos lordosis lumbar (cm), tienen menor tiempo de duración (mins) en el test de sorensen.

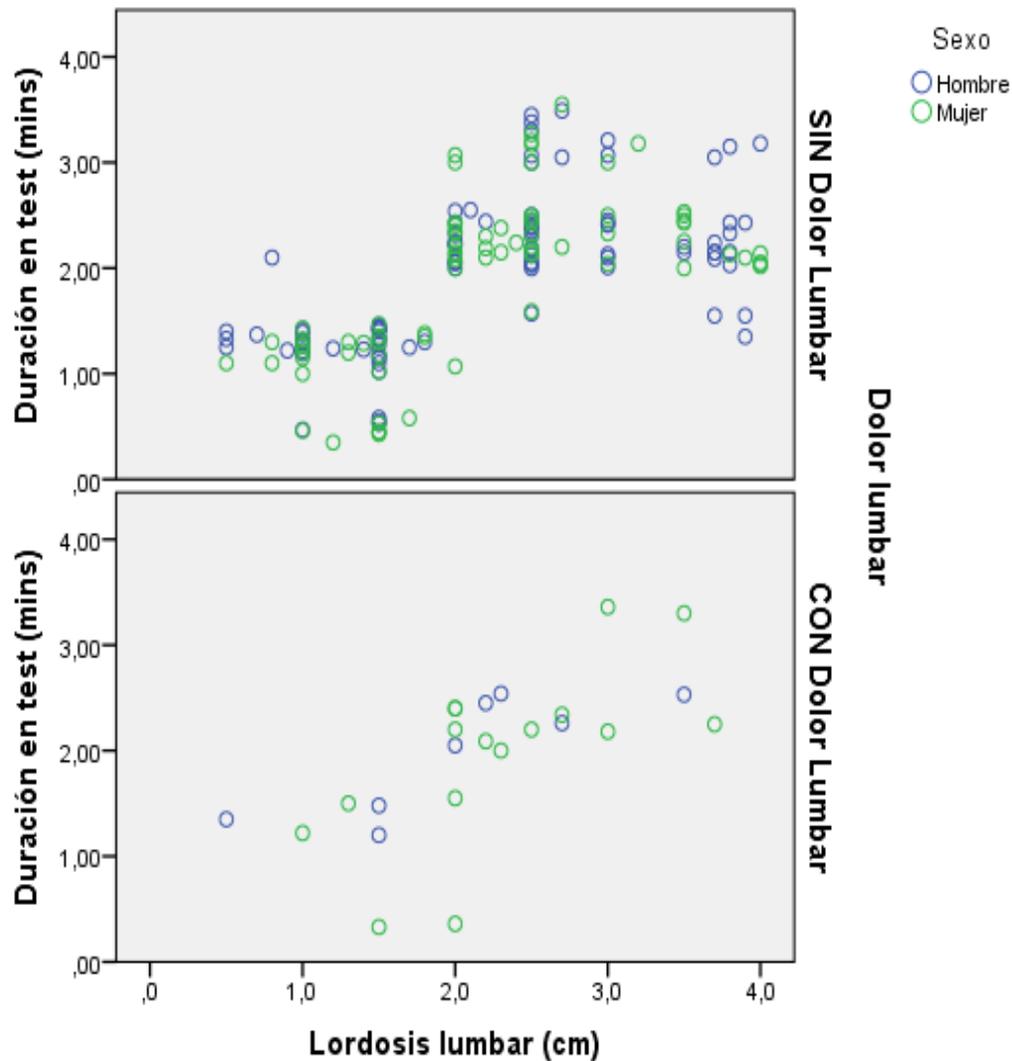
**Correlaciones**

		Lordosis lumbar (cm)	Duración en test (mins)
Lordosis lumbar (cm)	Correlación de Pearson	1	,620**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	195	195
Duración en test (mins)	Correlación de Pearson	,620**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	195	195

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlación total muestra 0,620\*\* p=0,01

Dispersión con y sin dolor, hombres y mujeres



Este grafico muestra la dispersión de toda la muestra, la cual se divide en dos grupos; con y sin dolor lumbar en ella se puede observar una relación directamente proporcional, en la que los pacientes, tanto hombres y mujeres, que presentaron menos lordosis lumbar (cm), tienen menor tiempo de duración en el test de sorensen.

sin dolor

**Correlaciones**

		Tiempo de duración en el test de sorenes (min)	Centímetros de Columna lumbar
Tiempo de duración en el test de sorenes (min)	Correlación de Pearson	1	,615 **
	Sig. (bilateral)		,000
	N	171	171
Centímetros de Columna lumbar	Correlación de Pearson	,615 **	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	171	171

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlación sin dolor 0,615\*\* p=0,01

Con dolor

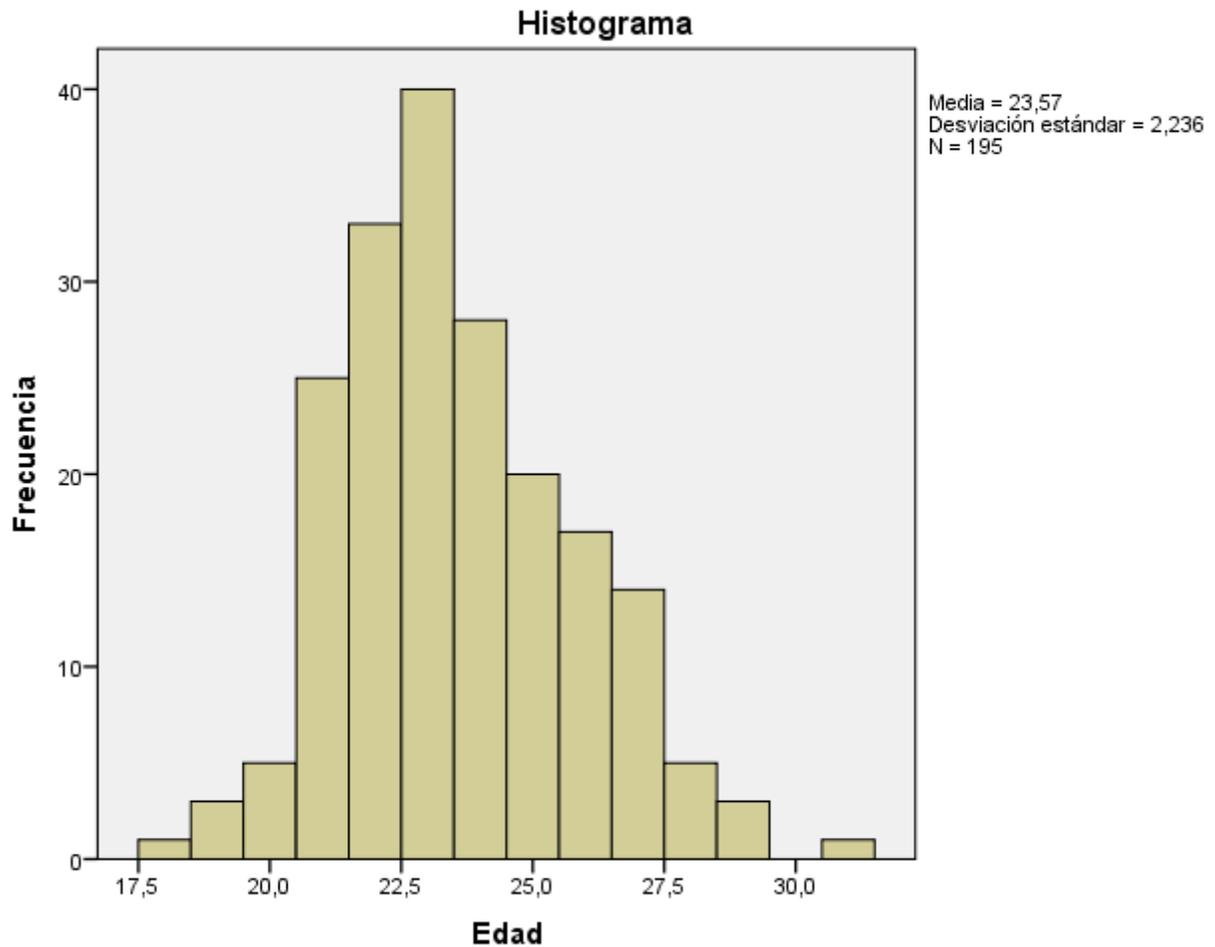
**Correlaciones**

		Centímetros de Columna lumbar	Tiempo de duración en el test de sorenes (min)
Centímetros de Columna lumbar	Correlación de Pearson	1	,676**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
Tiempo de duración en el test de sorenes (min)	Correlación de Pearson	,676**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

\*\* · La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

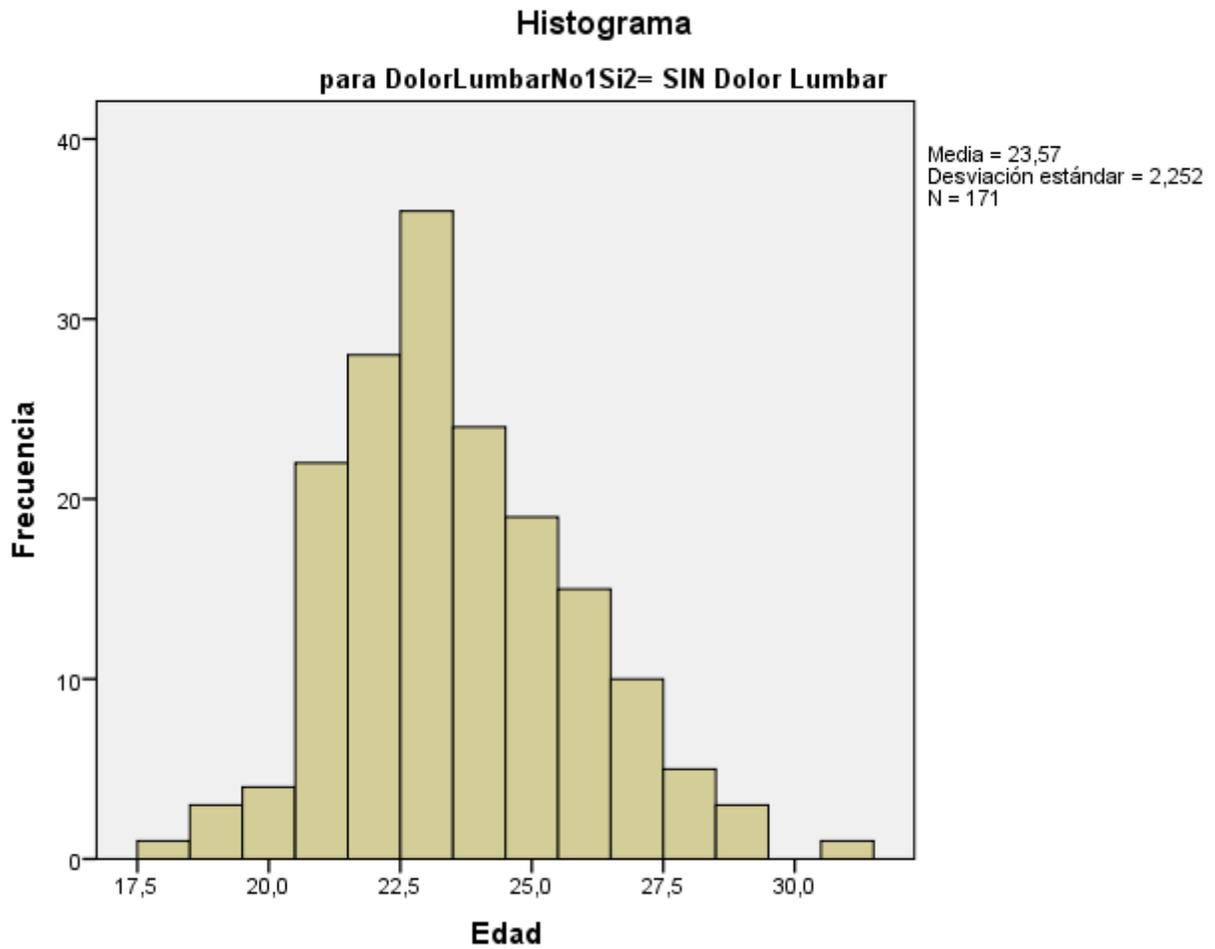
Correlación con dolor 0,676\*\* p=0,01

Frecuencia de pacientes por edad en el total de la muestra.



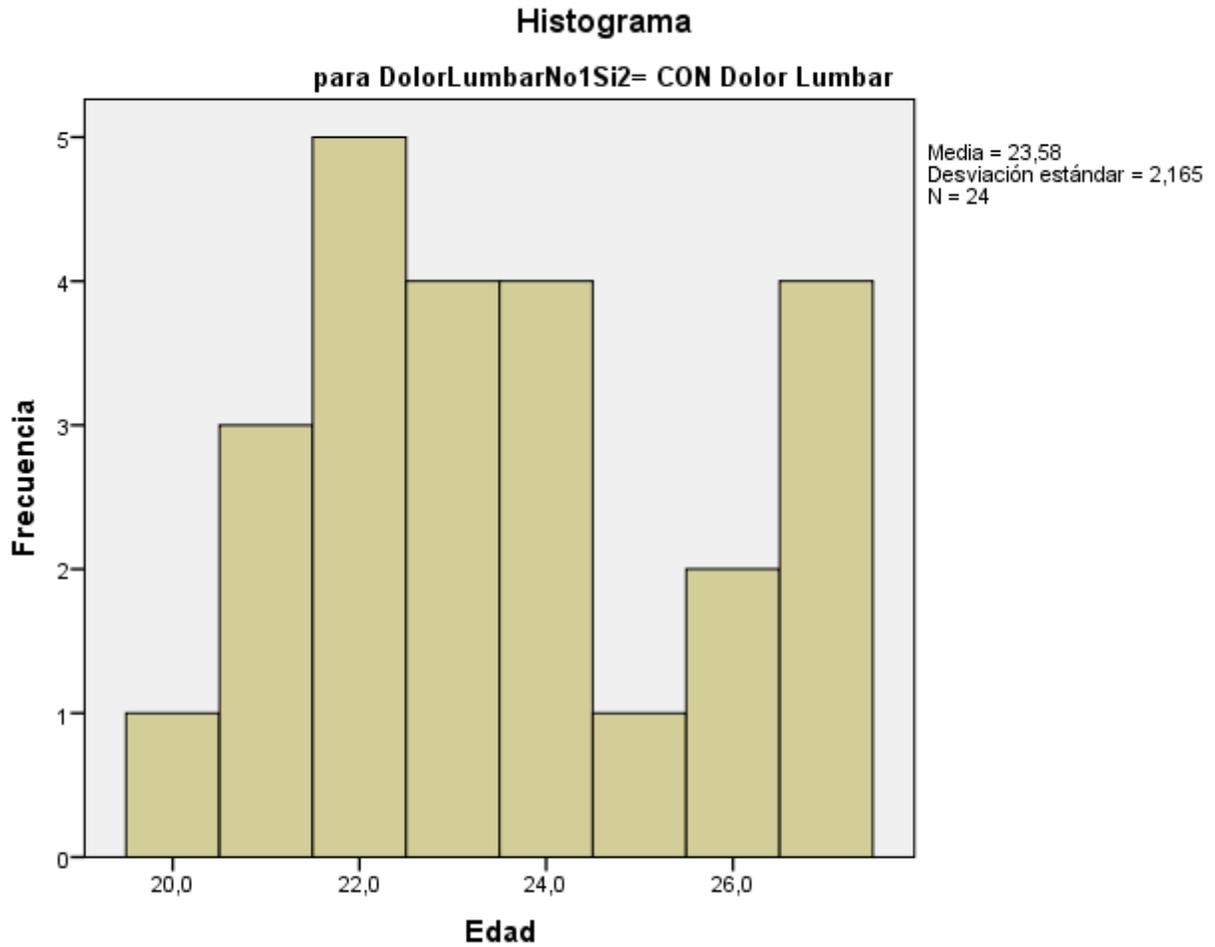
Frecuencia de pacientes, la cual se puede observar por edad, donde la Media fue 23,57, en el total de la muestra que corresponde a un N de 195 pacientes.

Frecuencia de pacientes por edad sin dolor lumbar

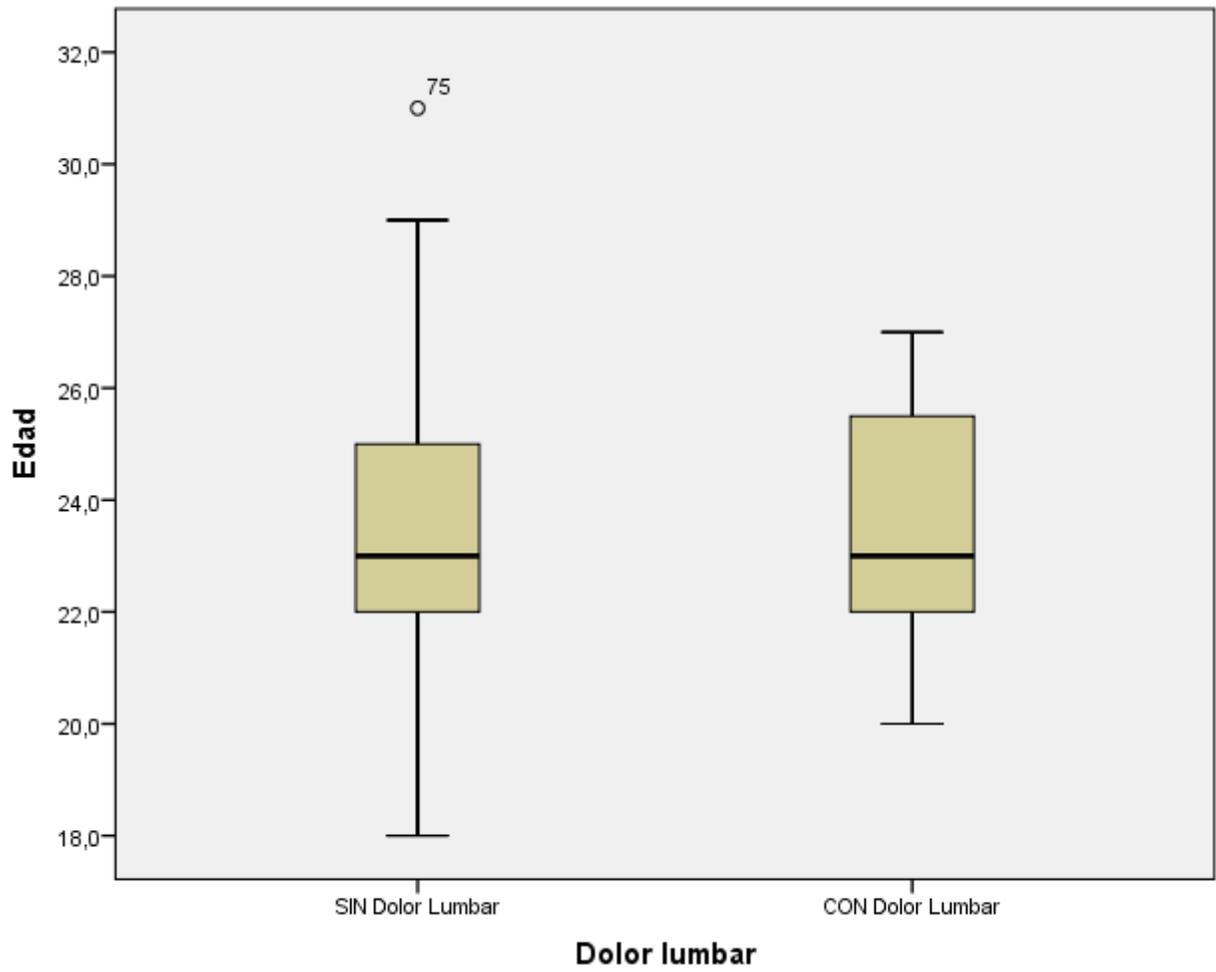


Frecuencia de pacientes sin dolor lumbar, el cual se puede observar por edad, donde la Media fue 23,57, en un N de 171 pacientes.

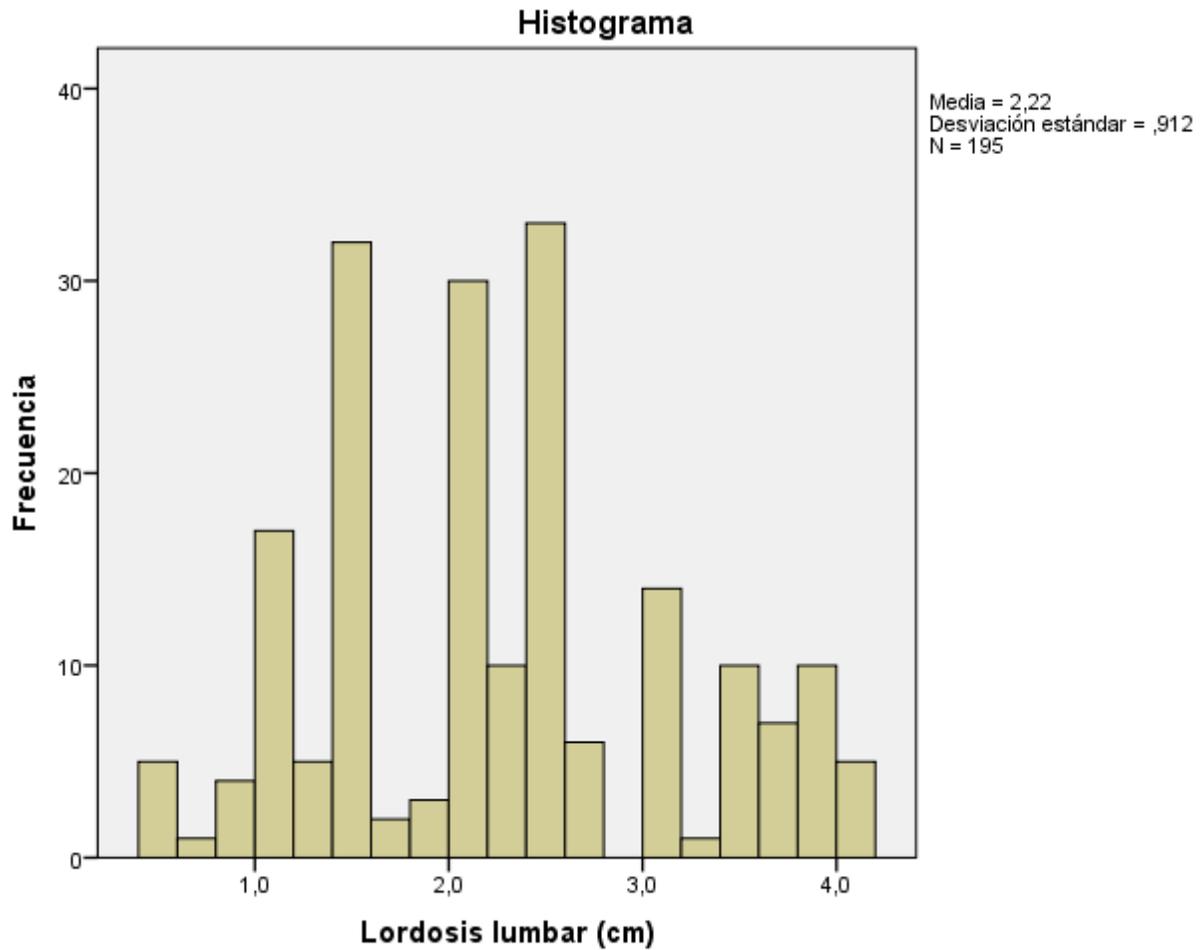
Frecuencia de pacientes por edad con dolor lumbar



Frecuencia de pacientes con dolor lumbar, el cual se puede observar por edad, dónde la Media fue 23,58, en un N de 24 pacientes.

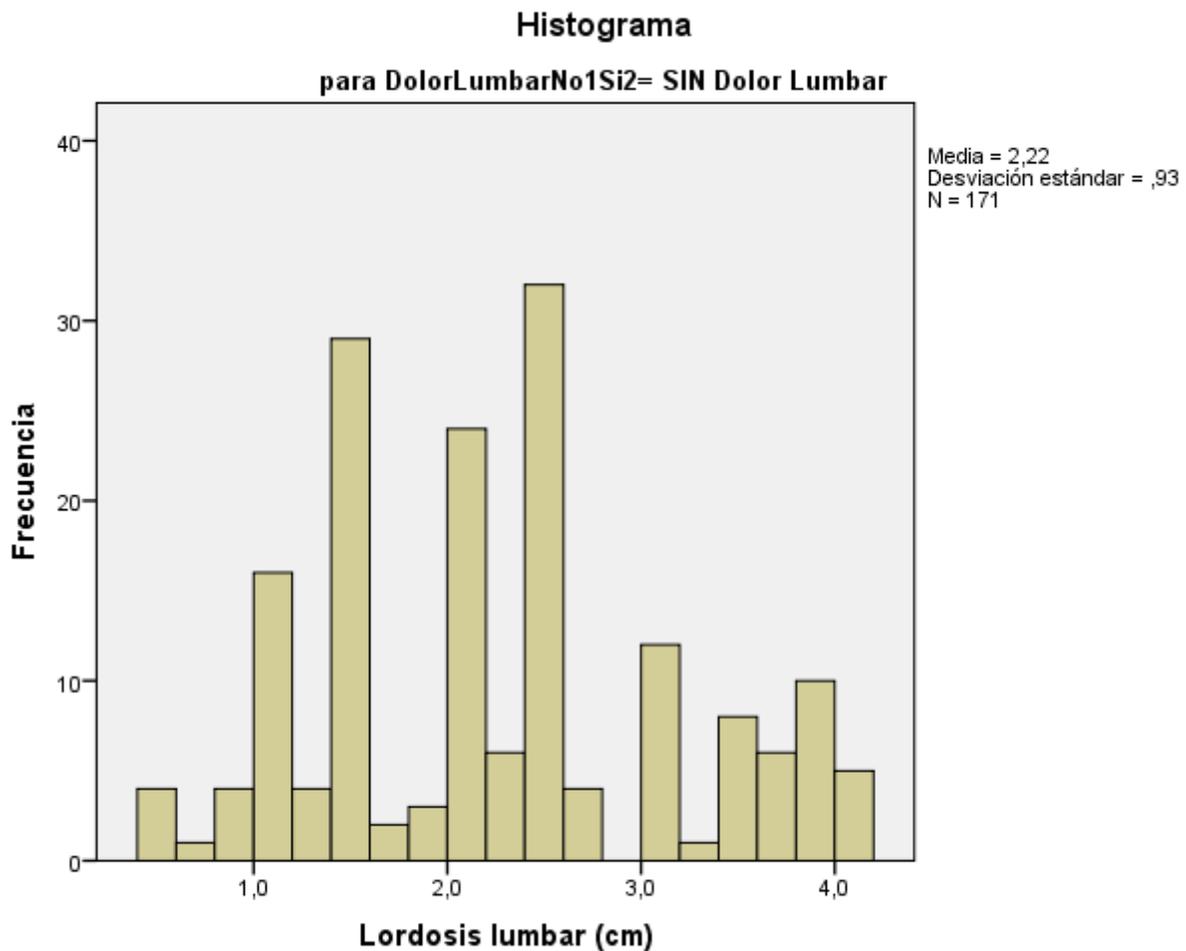


Frecuencia de rangos de lordosis lumbar en el total de la muestra.



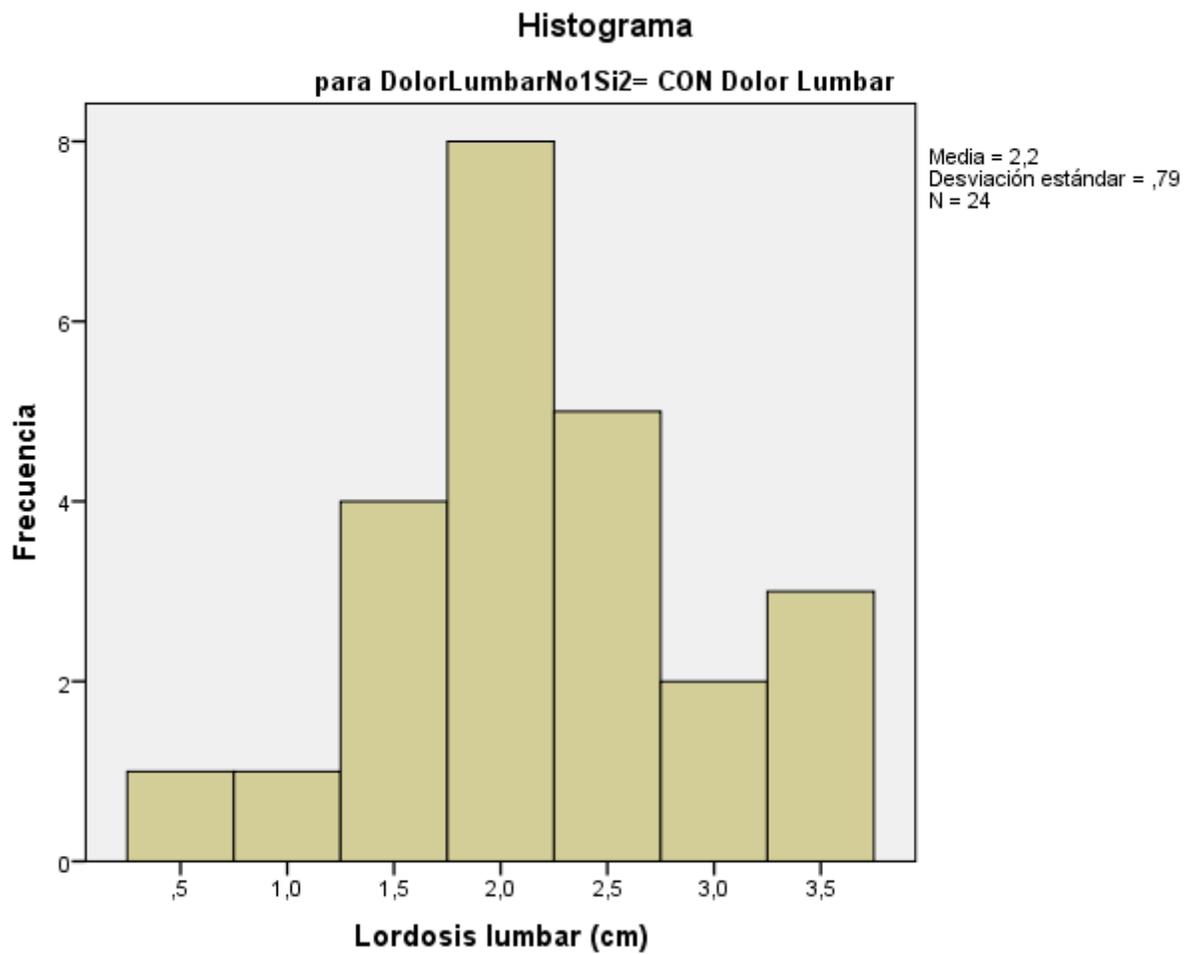
En el gráfico se observa la frecuencia de diferentes rangos de lordosis lumbar (cm), en un N de 195 pacientes que corresponde al total de la muestra dónde la Media fue 2,22.

## Frecuencia de rangos de lordosis lumbar en pacientes sin dolor

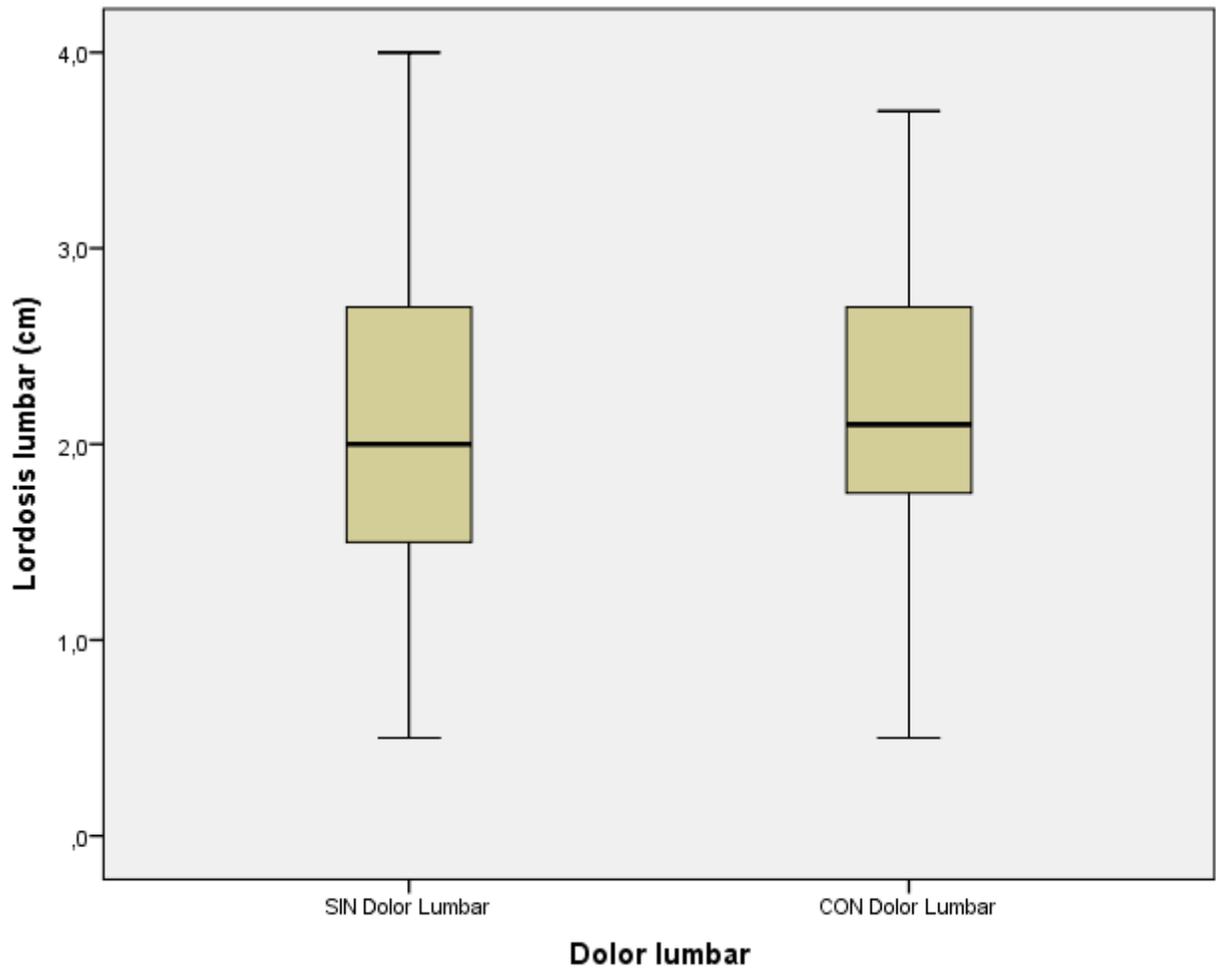


En el gráfico se observa la frecuencia de diferentes rangos de lordosis lumbar (cm), en pacientes sin dolor lumbar, dónde la Media fue 2,22, en un N de 171 pacientes.

## Frecuencia de rangos de lordosis lumbar en pacientes con dolor

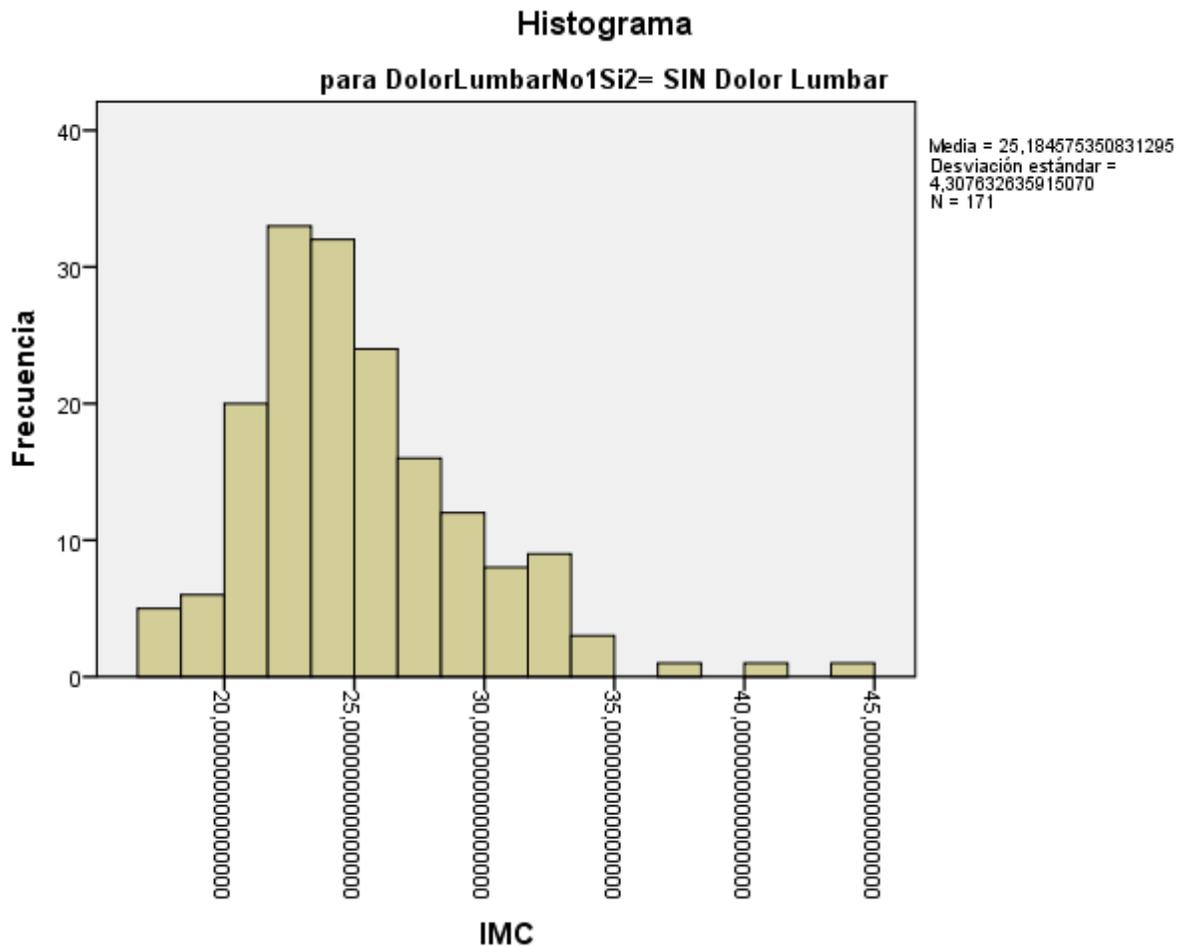


En el gráfico se observa la frecuencia de diferentes rangos de lordosis lumbar (cm), en pacientes con dolor lumbar, dónde la Media fue 2,2, en un N de 24 pacientes.



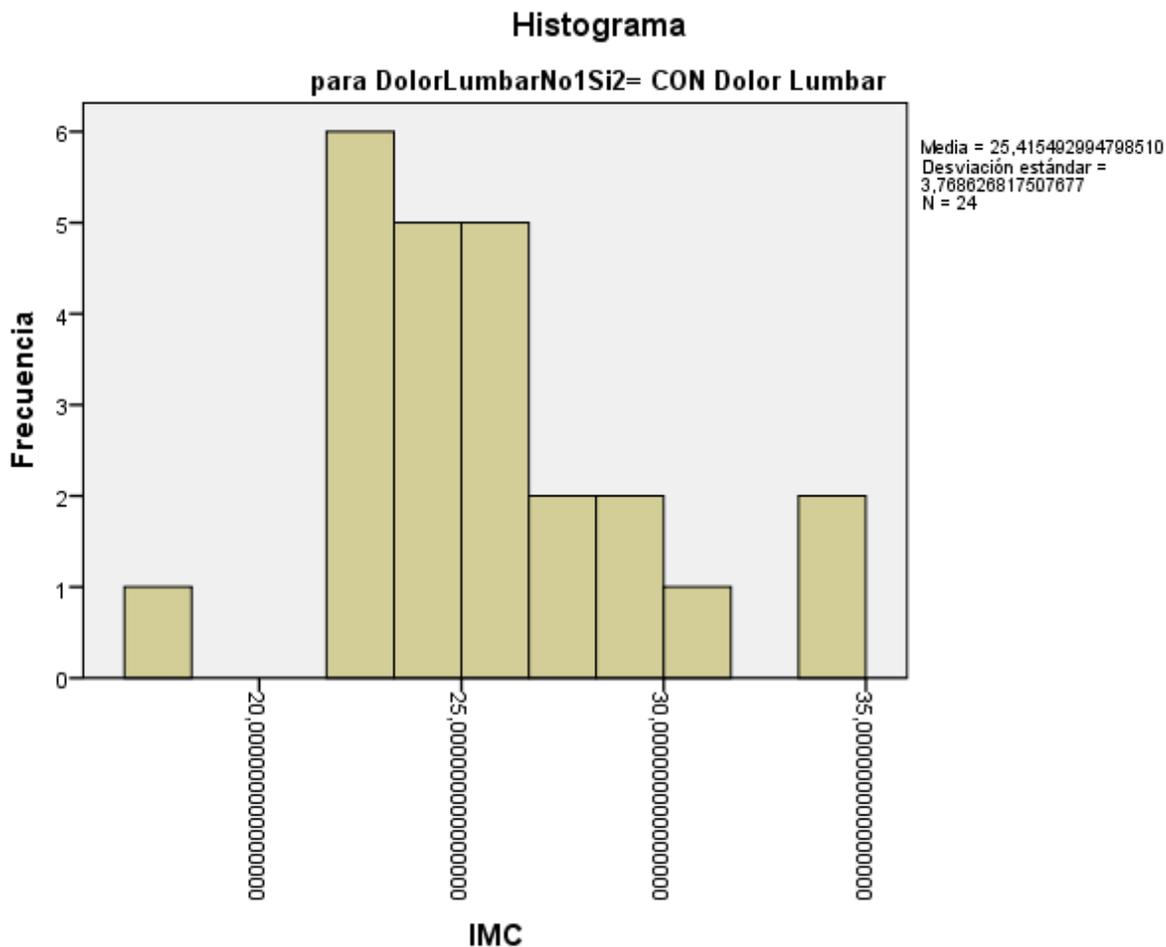


## Frecuencia de rangos de IMC en pacientes sin dolor lumbar

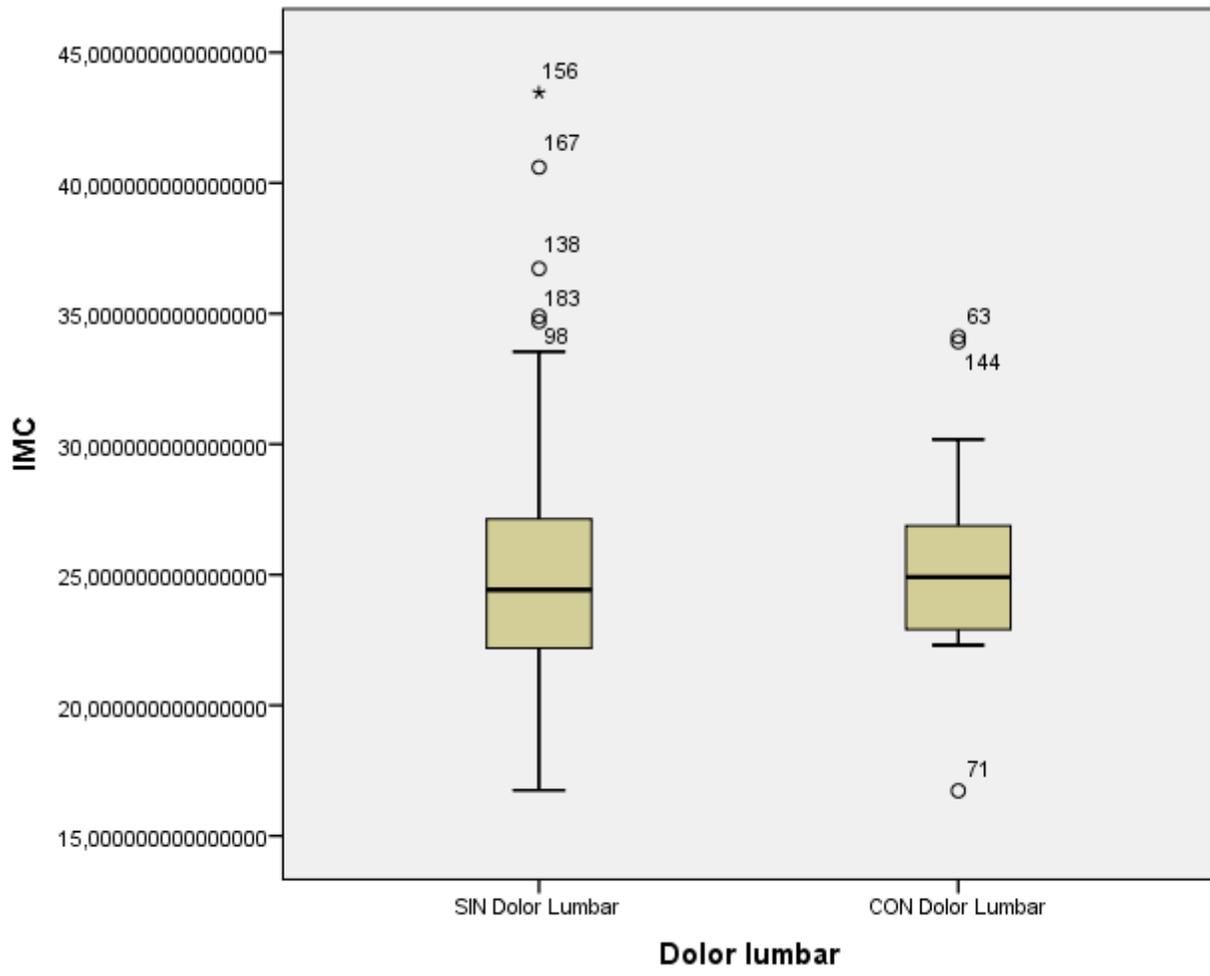


En este grafico se observa la frecuencia del índice de masa corporal (IMC), relacionado con los pacientes sin dolor lumbar, en el cual la media es 25 en un N de 171 pacientes.

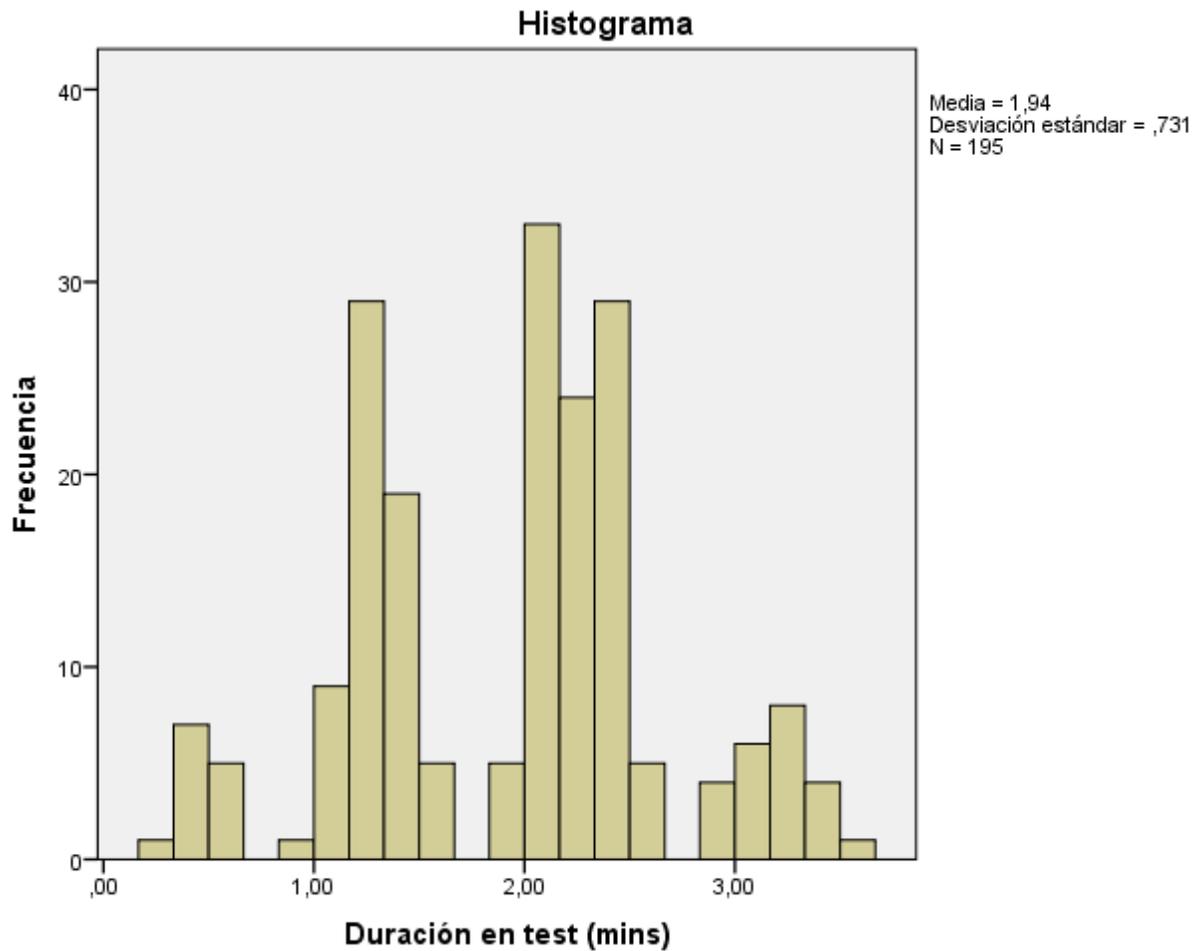
## Frecuencia de rangos de IMC en pacientes con dolor lumbar



En este grafico se observa la frecuencia del índice de masa corporal (IMC), relacionado con los pacientes con dolor lumbar, en el cual la media es 25 en un N de 24 pacientes.

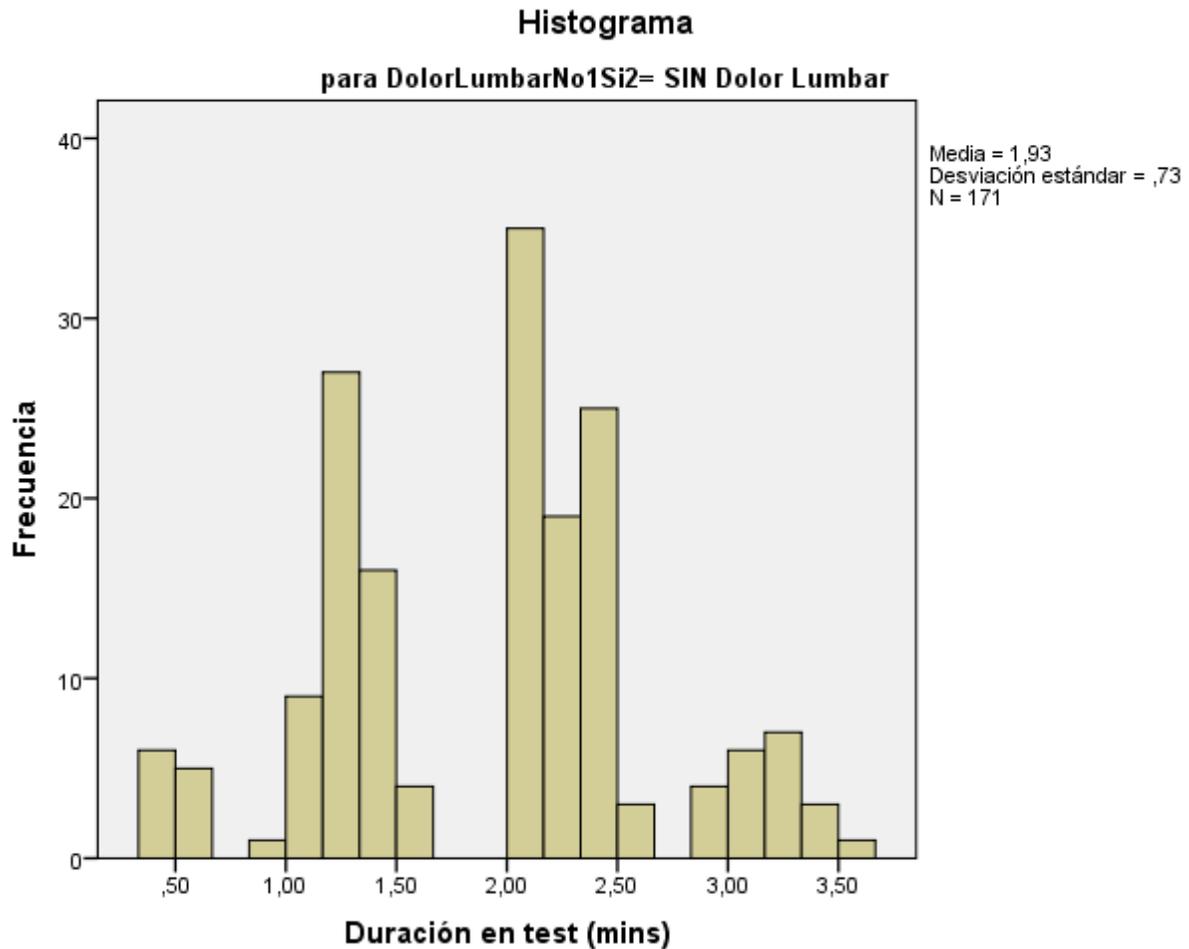


Frecuencia en relación a la duración del test en el total de la muestra



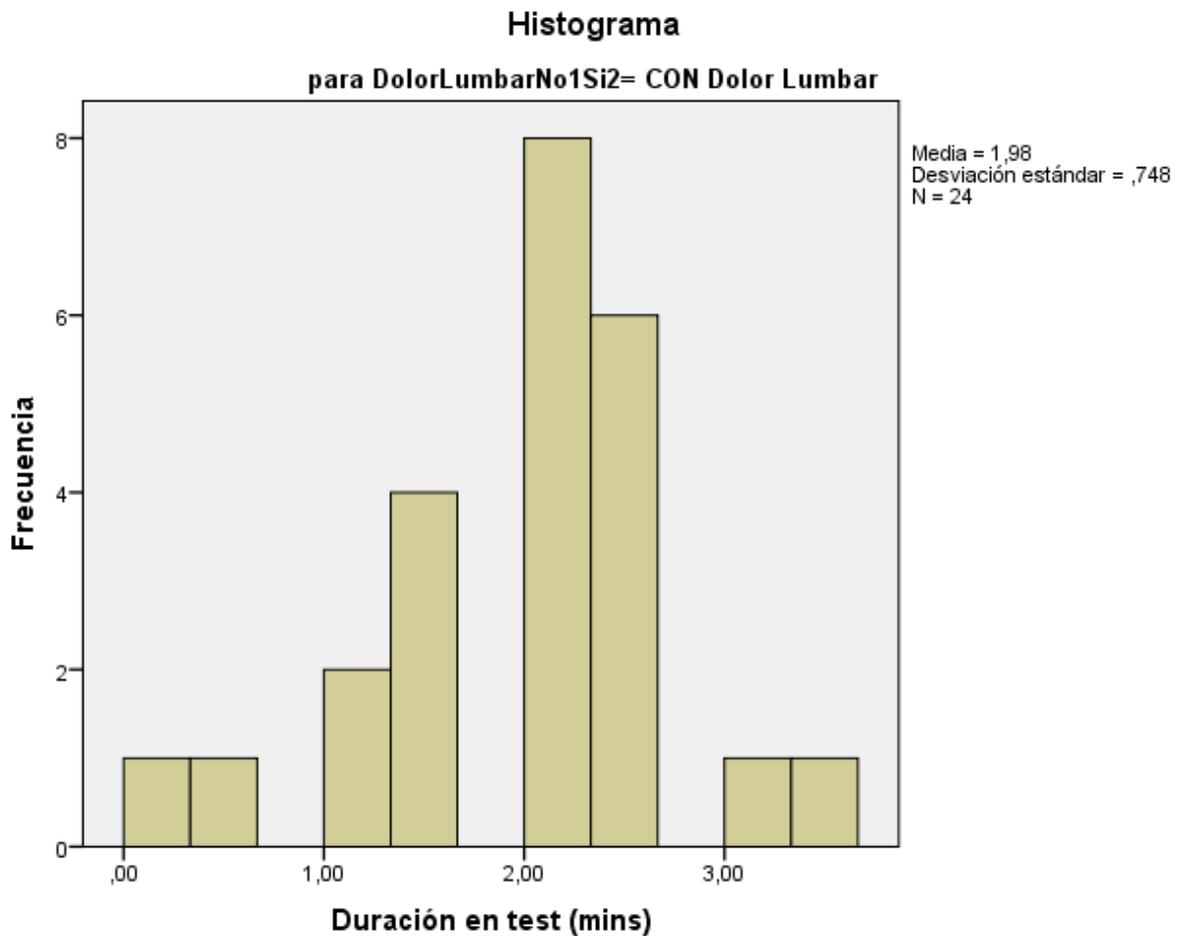
En este grafico se observa la frecuencia de la duración del test de sorensen (mins), relacionado con el total de la muestra en un N de 195 pacientes , en donde la Media en cuanto a la duración del test es de 1,94 mins.

Frecuencia en relación a la duración de la realización del test de sorensen en pacientes sin dolor lumbar

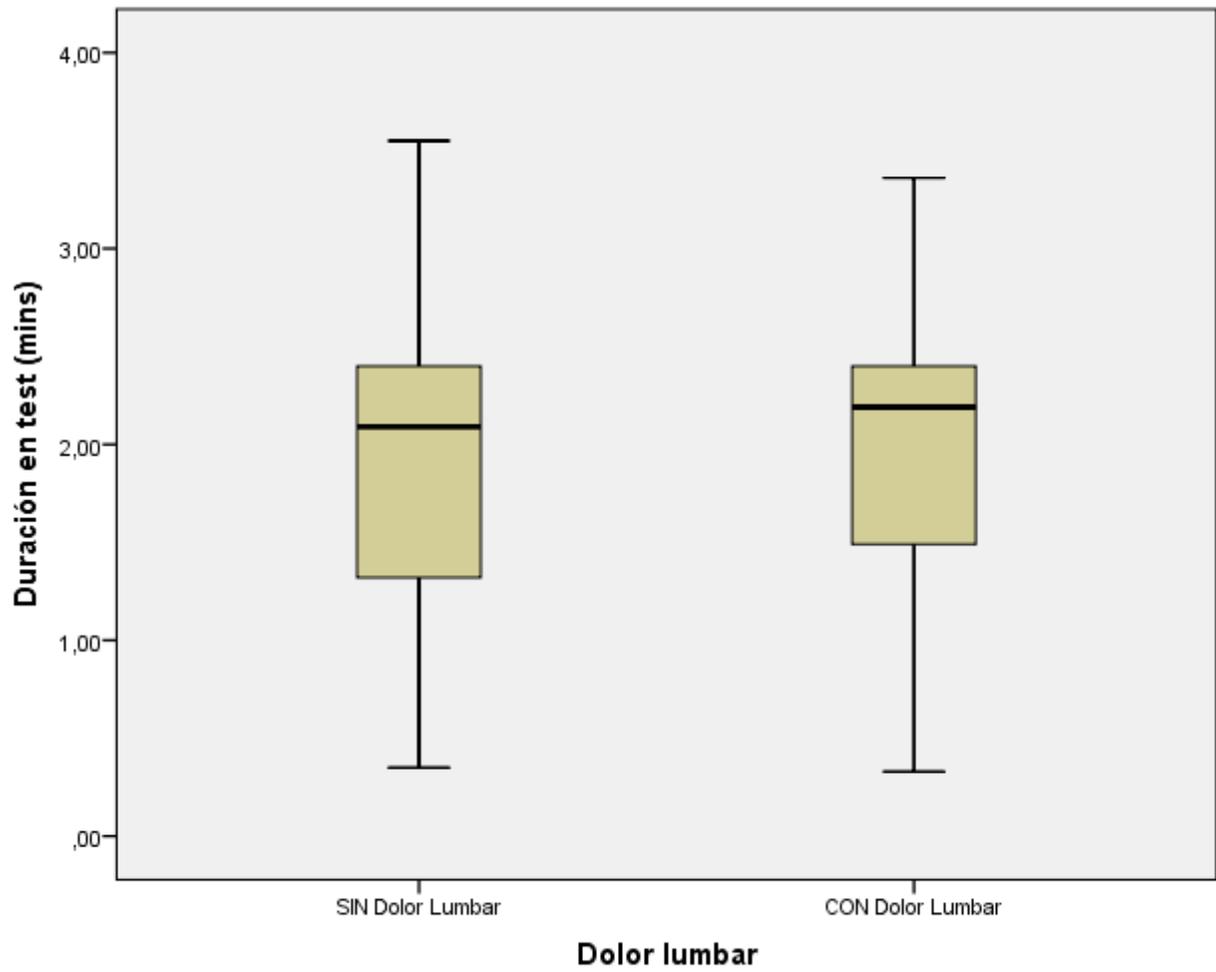


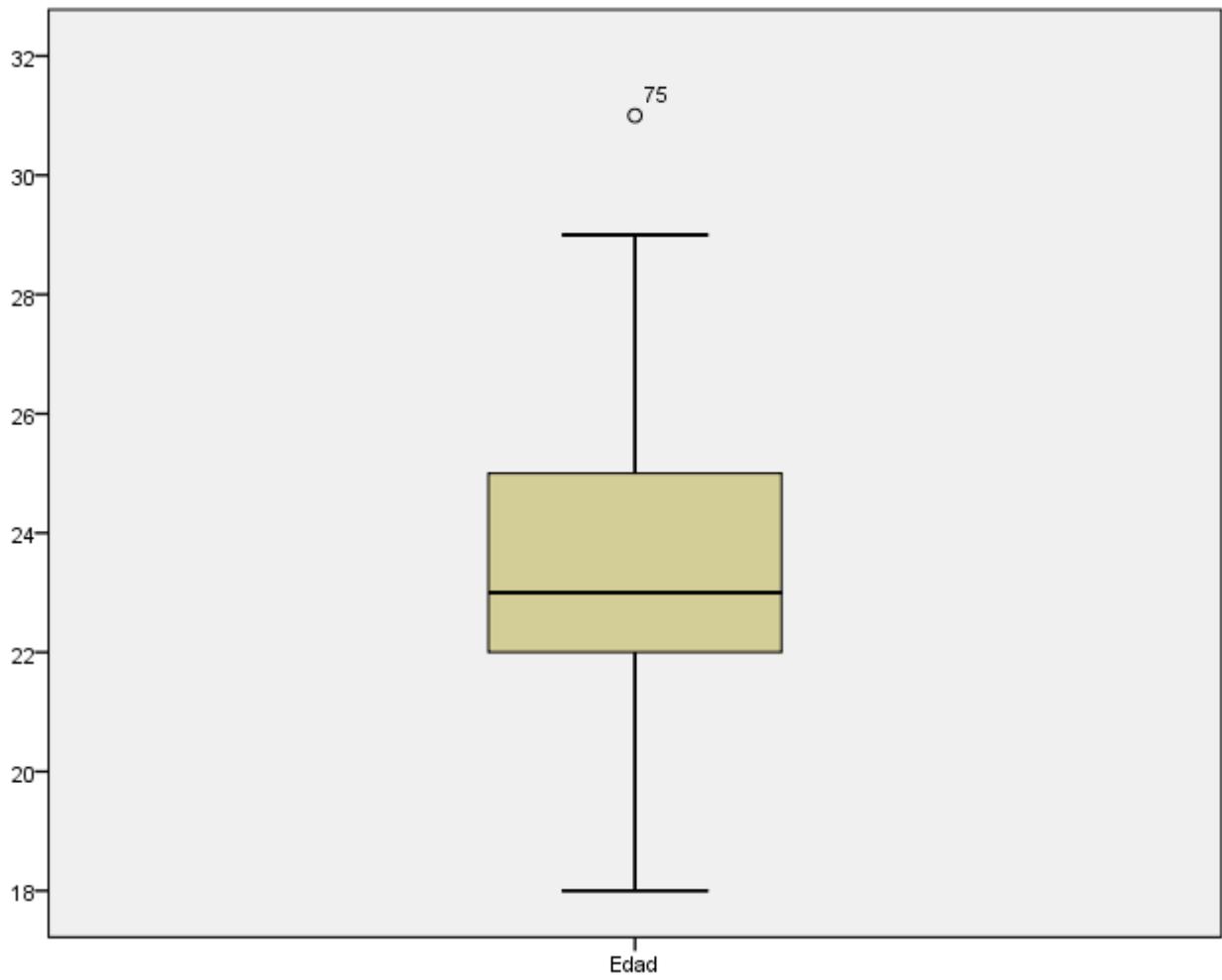
En este grafico se observa la frecuencia de la duración del test de sorensen (mins), relacionado con los pacientes sin dolor lumbar, en donde la Media en cuanto a duración de la realización del test es de 1,93 mins en un N de 171 pacientes.

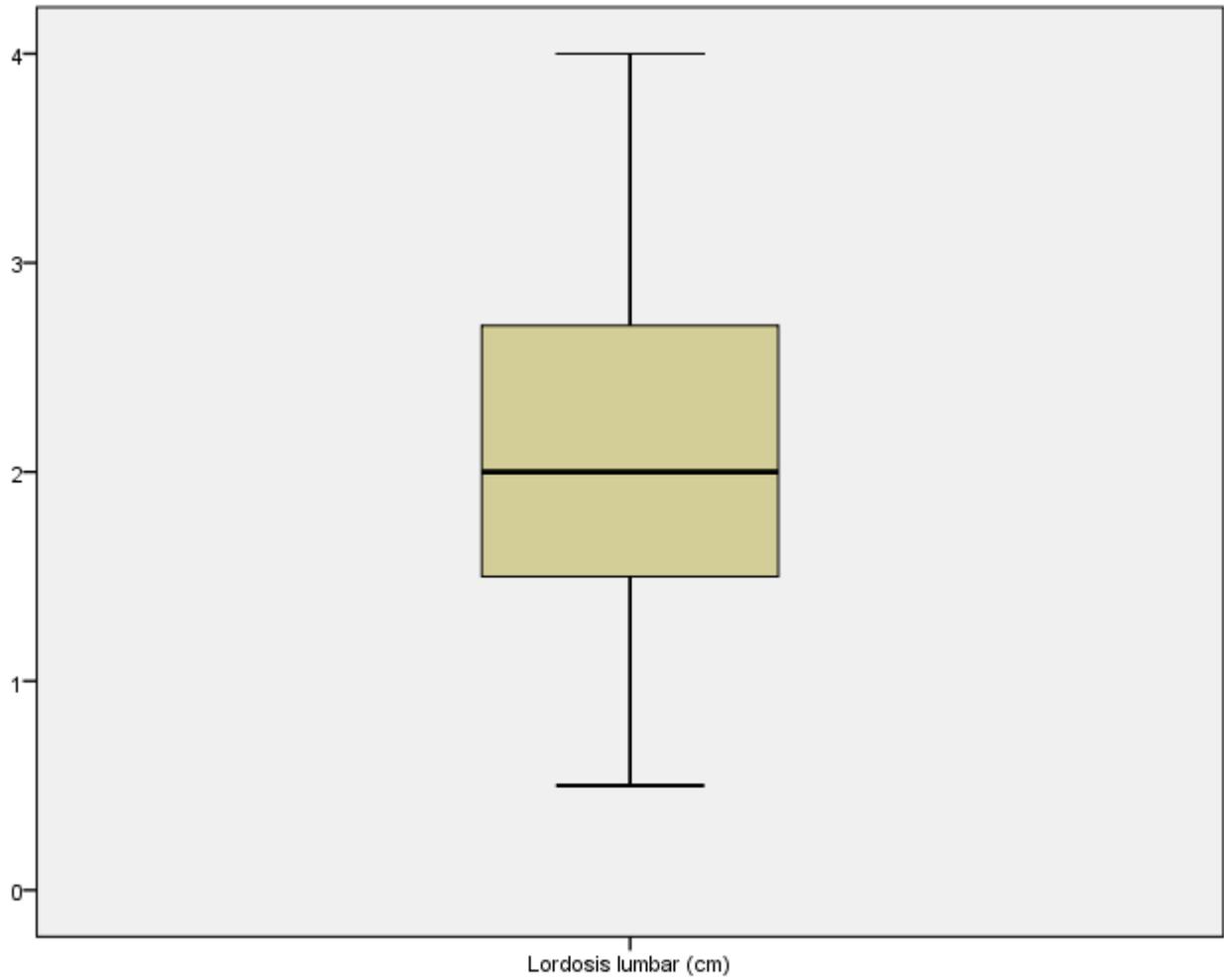
Frecuencia en relación a la duración de la realización del test de sorensen en pacientes con dolor lumbar.

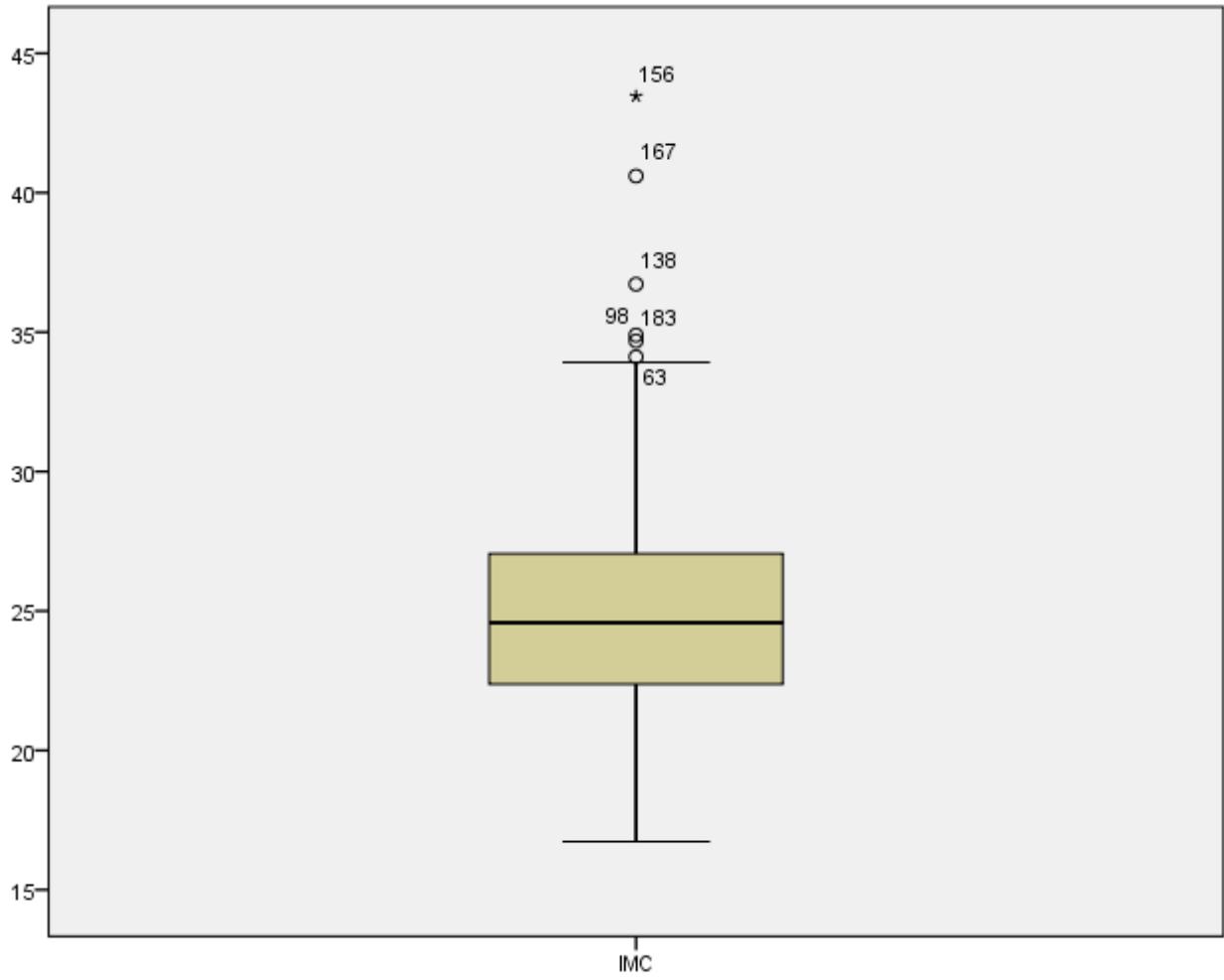


En este grafico se observa la frecuencia de la duración del test de sorensen (mins), relacionado con los pacientes con dolor lumbar, en donde la Media en cuanto a duración del test es de es de 1,98 mins. En un N de 24 pacientes.





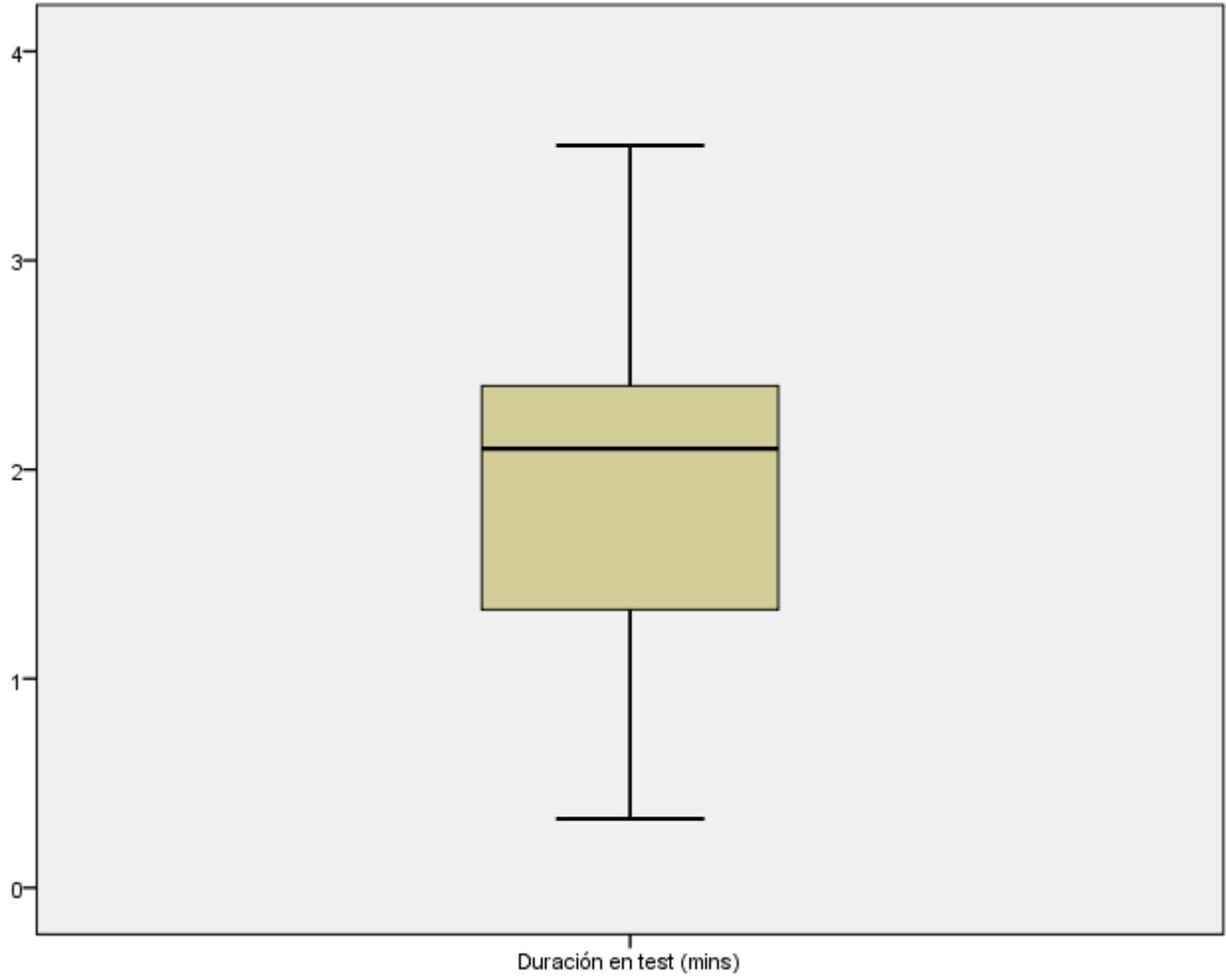




### Correlaciones

		Duración en test (mins)	Lordosis lumbar (cm)
Duración en test (mins)	Correlación de Pearson	1	,620**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	195	195
Lordosis lumbar (cm)	Correlación de Pearson	,620**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	195	195

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).



## 7. DISCUSIÓN

Tal como se esperaba dentro de la hipótesis, las personas que presentaron disminución de su lordosis lumbar o derechamente rectificación lumbar, tienen mayor fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco ( $P=0,01$ ).

Se ha descrito que el menor tiempo de trabajo de la musculatura tiene directa relación con alteraciones biomecánicas, por lo tanto, en presencia de debilidad de musculatura estabilizadora, se producirá mayor movilidad en otras estructuras, llevándolas a rangos extremos que provoquen su lesión o incluso cambios degenerativos, lo que puede llegar a cursar un cuadro de dolor (Panjabi, 2003)

No obstante, no se demostró una relación significativa entre la presencia de dolor lumbar y la resistencia de la musculatura estabilizadora de tronco, por lo que el dolor parece no afectar ni contribuir a la fatigabilidad, ( $P=0,01$ ) por lo que la forma de la columna se convierte en un predictor.

La forma de la curvatura es un factor que puede predecir fatiga, que se entiende como la incapacidad de un músculo o grupo de músculos para sostener la fuerza requerida o esperada en un momento dado (Bigland-Ritchie B, 1984) es importante y nos ayuda, ya que la fatiga es una causa del dolor lumbar.

En otros resultados no se encontró una relación directa entre índice de masa corporal (IMC) alto, la rectificación lumbar y una significativa disminución del tiempo de trabajo de la musculatura estabilizadora de tronco. Por lo cual podemos decir que la rectificación y el sobre peso u obesidad no son predictores de la fatigabilidad.

Es interesante analizar que la relación existente entre la rectificación de la columna lumbar y la fatigabilidad de la musculatura estabilizadora de tronco es más relevante o más importante de acuerdo a nuestras conclusiones, que el mismo dolor lumbar, el género y la edad.

### **7.1 Limitaciones del Estudio**

Nuestro estudio se ve limitado por las adaptaciones físicas del lugar al momento de realizar la prueba del test de sorensen, al no contar con salas individualizadas ya que puede interferir en el comportamiento de los pacientes al momento de la evaluación.

### **7.2 Proyecciones**

Para un próximo estudio sería ideal contar con mayores recursos económicos, y así implementar una sala personalizada que no invada la privacidad de los sujetos participantes, con el fin de no alterar el resultado del test por componentes emocionales y/o motivacionales. Además, sería ideal realizar un análisis electromiografico de la musculatura estabilizadora de tronco durante la realización del test de sorensen, para que se cuantificarse la fatiga muscular, y junto

a esto realizar también la objetivación de la rectificación lumbar a través de una radiografía, con el objetivo de en el obtener un menor sesgo, y la obtención de datos fidedignos.

Finalmente nuestro estudio entrega datos importantes en cuanto a la incidencia que tiene la rectificación lumbar sobre la musculatura estabilizadora de tronco, por lo que proponemos, incluir en la clínica la medición de la curvatura lumbar dentro de todo el arsenal kinésico de evaluación.

## 8. CONCLUSIÓN

En nuestro trabajo de investigación podemos concluir que existe una fuerte relación, la cual es estadísticamente significativa, entre el grado de curvatura lumbar y la fatiga de la musculatura estabilizadora de tronco, esta asociación está presente en pacientes con y sin dolor lumbar, que al someterlos a todos a la misma intervención, el dolor no parece afectar o contribuir a la fatigabilidad, por lo tanto, la forma de la columna es más importante como predictor de fatiga que el mismo dolor lumbar.

La forma de la curvatura es un factor que puede predecir fatiga lumbar, es importante y nos ayuda, ya que la fatiga es una causa de dolor lumbar.

Por lo tanto personas que tengan disminución de la curvatura y/o rectificación, van a tener menor tiempo de duración (fatigabilidad) que personas que tengan una curvatura dentro de los rangos normales establecidos, dejando en manifiesto que el corregir la curvatura lumbar es un parámetro que debiese mejorar la resistencia muscular ya que están estadísticamente relacionados el uno con el otro y es más importante la curvatura que el resto de factores que interactúan con el individuo como la edad, género y el dolor .

## 9. BIBLIOGRAFÍA

*Escuela de Medicina Pontificia Universidad Católica de Chile. (2009).*

BIERING–SORENSEN. (1984). *Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period.*

Bigland-Ritchie B, W. J. (1984). *Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue.*

Christophe Demoulin, M. V.-M. (2004). *Spinal muscle evaluation using the Sorensen test.*

Cuadrado, R. L. (1993). *Higiene postural en la etapa escolar.*

ENTHOVEN P., S. E. (2003). *Course of back pain in primary care: a prospective study of physical measures. Journal of Rehabilitation Medicine.*

F. Ruiz Santiago, M. C. (2010). *Tomografía computarizada y resonancia magnética en las enfermedades dolorosas del raquis.*

F. Santoja Medina, A. P. (1992). *Valoración radiografica de las desalineaciones sagitales del raquis.*

F. Santonja Medina, V. F.-M. (1995). *Exploración clínica del síndrome de isquiosurales.*

Hides JA, S. M. (1994). *Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain.*

Hurley, M. a. (1993). *The influence of arthrogeous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early, unilateral osteoarthritic knees. . British Journal Rheumatology.*

J cholewicki, P. ., (1996). *Mechanical inestability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain.*

Kapandji, I. (1980). *Cuadernos de fisiología Articular 5º ed. Barcelona. toray.*

Kendall´s. (2005). *Músculos, pruebas, funciones y dolor postural. Marban.*

- L Grimby, J. H. (1979). *Contractions time and voluntary discharge properties of individual shorts toe extensor motor unit in man.*
- L. Herraiz Hidalgo, E. A. (2011). *Entero-resonancia magnética: revisión de la técnica para el estudio de la enfermedad de Crohn.*
- Lapierre, A. (1996). *Cinesilogia : reeducacion postural, reeducacion psicomotriz. la reeducacion fisica 2. DOSSAT.*
- lumbar spinal condiciones,chapter 11. (s.f.).*
- M N Martínez Pérez, M. V. (2002). *Estudio epidemiológico del absentismo laboral en el personal hospitalario por dolor de espalda.*
- M, M. M. (1998). *Biomecánica Clínica del Aparato Locomotor.*
- M. J. Comerford, S. L. (2001). *functional stability re-training: Principles and strategies for managing mechanicals dysfunctions.*
- Makenzie, R. (1998). *The lumbar spine 15º Reprinted. Spinal publications New Zealand .*
- Margareta Nordin, S. S. (2009). *biomecanica de la columna lumbar.*
- Miralles, R. C. (1998). *biomecanica clinica del aparato locomotor.*
- Moreside J., V.-g. F. (2007). *Trunk Muscle Activation patterns , lumbar compressive foreces, and spine stability when using the bodyblade,physical therapy .*
- Nieves Gómez-Leóna, R. R.-G.-C. (2004). *Evaluación de la calidad de los exámenes de tomografía computarizada de columna lumbar .*
- Novotny, .. P. (1993). *Etiology of spondylolisthesis: Assessment of the role played by lumbar facet morphology spine.*
- P W Hodges, R. C. (1999). *Ineficients muscular stabilization of the lumbar spine asociated with the low back pain. a motor control evaluation of the transversus abdominis .*
- P. Andujar, C. A. (1996). *Tratamiento de la cortedad de isquiosurales .*

- Panjabi, M. M. (2003). *Clinical spinal instability and low back pain*.
- Paul W. Hodges, K. T. (2011). *Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain*.
- Roger Chou, M., Amir Qaseem, M. P., Vincenza Snow, M., Donald Casey, M. M., & J. Thomas Cross Jr., M. M. (2007). *Diagnosis and Treatment of Low Back Pain: A Joint Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society*.
- Stokes I, H. S. (2003). *Surface emg electrodes do not accurately*.
- TAPIA, M. L. (2011). *Estudio de la cifosis torácica y la lordosis lumbar mediante un dispositivo electro-mecánico computerizado no-invasivo*.
- Taylor J, O. P. (2000). *Lumbar segmental instability: pathology*.
- Tebet, M. A. (2013). *Conceitos atuais sobre equilíbrio sagital e classificação*.
- White A A, P. M. (1990). *Clinical Biomechanics of the spine*.
- Wiggins, G. C. (2003). *Management of Iatrogenic Flat Back Síndrome*.
- Yuing, F., & Almagia, A. (1996). *Comparacion entre dos metodos utilizados para medir la curva lumbar*.

## **10. ANEXOS**

### **10.1 Anexo N° 1 “Criterios de inclusión y exclusión”**

#### 10.1.1 Criterios de inclusión

- Sujetos mujeres y hombres
- Rango etario entre 18-30 años

#### 10.1.2 Criterios de exclusión

- Hernia de núcleo pulposos
- Artrosis de columna
- Escoliosis
- Espondilosis
- Osteoporosis
- Espina bífida
- Embarazadas

## 10.2 Anexo N° 2 “Cuestionario con criterios de rigor”

### 10.2.1 Encuesta

1. Nombre:
2. Edad:
3. Sexo: F\_\_\_ M\_\_\_
4. Talla:
5. Peso:
6. Teléfono de contacto:
7. Intervenciones quirúrgicas: SI \_\_\_ NO \_\_\_
8. ¿Dónde?
9. Horas de sueño en noche anterior:
10. ¿Tiene dolor lumbar? SI \_\_\_ NO\_\_\_
11. ¿Dónde tiene dolor?
12. ¿Ha realizado ejercicio durante los últimos 4 días?
13. ¿Ha bebido alcohol durante las últimas 24 hrs?
14. Hora de última comida:
15. Cm de curvatura lumbar:
16. Tiempo de duración en el Test de Sorensen:

## **10.3 Anexo N°3 “Consentimiento informado”**

### 10.3.1. Consentimiento informado

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Este formulario de consentimiento puede contener algunas palabras que usted probablemente no entienda. Por favor pida explicación a uno de los integrantes del grupo de investigación para que lo asesore.

Antes de tomar la decisión de participar en la investigación, lea cuidadosamente este formulario de consentimiento y, discuta cualquier inquietud que usted tenga con el entrevistador.

1. Usted ha sido invitado a participar en un proyecto de investigación, conducida por Carla Gasca, Romina Tolorza, Juan Carlos Quintana y Miguel Vásquez, alumnos de kinesiología de la universidad UCINF.
2. Su participación incluye:
  - a) La entrevista será realizada por el grupo de alumnos anteriormente mencionados; la información suministrada en la entrevista es confidencial y podrá ser realizada si usted así lo desea.
  - b) Esta entrevista es para propósitos de investigación y los resultados no serán reportados individualmente.

La participación es voluntaria y usted puede rehusarse de participar o retirarse de la investigación en cualquier momento sin ninguna penalidad. Si una vez realizada la entrevista usted desea retirarse del proyecto de investigación, este material será eliminado a petición suya. Sin embargo una vez procesada su información, los resultados derivados de la investigación no podrán ser

eliminados de aquellos trabajos derivados de este estudio y que ya estén entregados.

3. Los responsables de esta encuesta tomarán medidas para proteger la confidencialidad de su registro médico y su identidad no será divulgada en ningún otro medio que no sea referido a la investigación.
4. Este proyecto de investigación no está destinado a proveer diagnóstico ni tratamiento.
5. Si tiene preguntas o preocupaciones sobre esta encuesta, o si experimenta cualquier problema, puede llamar a Romina Tolorza Ramírez fono: 54136099

---

He leído este formulario de aprobación y he tenido la oportunidad de hacer preguntas. Entiendo que me darán copia de este documento. Consiento en participar en esta investigación.

Nombre \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ participante:

.....

RUT.....

Firma.....Fecha.....

Nombre del encuestador designado.....

RUT..... Firma.....Fecha