

MEDICIÓN DE LA POSTURA TRI-PLANAR EN BÍPEDO A SEDENTE.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO GOSS PARA LA MEDICIÓN DE LA POSTURA TRI-PLANAR EN BÍPEDO A
SEDENTE**

INVESTIGACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Ft. KATHERINE ELIZABETH PETROCCI, MSPT

Docente Invesigadora ECR

JOSÉ MIGUEL GÓMEZ T., MD,LO

Gómez Orthotic Systems,LLC

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIAESCUELA COLOMBIANA DE REHABILITACIÓN

FACULTAD DE FISIOTERAPIA

MOVIMIENTO CORPORAL: DISCAPACIDAD, SALUD Y EDUCACIÓN

BOGOTÁ, NOVIEMBRE DE 2012

Tabla de Contenido

Índice de Tablas.....	3
Índice de Figuras.....	4
Resumen.....	5
Problema de Investigación.....	6
Marco Referencia.....	9
Método.....	23
Resultados.....	24
Discusión.....	35
Conclusión.....	40
Hoja de agradecimientos.....	41
Lista de Referencias	42
Anexos.....	46

Índice de Tablas

Tabla 1. Método GOSS de la postura en bípedo

Tabla 2. Método GOSS - Petrocci: Segmentos corporales y su medición por plano corporal

Índice de Figuras

Figura 1. Líneas de referencia método GOSS y otros métodos

Figura 2. Fotos tomadas- planos coronal con LCC y plano sagital con LCS- método GOSS

Figura 3. Fotos tomadas- plano transverso y LCT- método GOSS

Figura 4. Segmentos corporales por plano corporal

Figura 5. Sistema de Referencia y medición de ángulos de segmentos corporales

Figura 6. Posición de prueba y Línea central en el plano

Resumen

La postura en sedente es un elemento esencial de la valoración global fisioterapéutica, el análisis en el campo de la ergonomía y para la prescripción de silla de ruedas. De los métodos existentes, ninguno ofrece la combinación de ser comprehensiva con el uso técnicas de medición fáciles de implementar y económica. Este estudio presenta un método de medición de la postura en sedente que se adaptó con base en un método de medición tri-planar de la postura en bípedo. Se presentan los resultados del método de medición *GOSS - Petrocci*, que incluyen la identificación de los parámetros (el sistema de referencia, los segmentos corporales, los puntos de referencia corporal) y los mecanismos (los instrumentos de medición y el protocolo de medición) de la postura en sedente.

Palabras Claves: Postura en sedente, método de valoración, fotometría

Abstract

Seated posture is an essential element in global physical therapy evaluations, in analysis in the field of ergonomics, and for the prescription of wheelchairs. Existing methods of seated posture do not offer the combination of measuring posture comprehensively in an easy and economic way. This study presents a seated postural measurement method based on the adaptation of a three-plane measurement method of standing posture. The results of the *GOSS – Petrocci* method, which include the identification of the parameters (the reference system, the body segments, body reference points) and the mechanisms (the measurement instruments and the measurement protocol) of seated posture.

Key Words: Sitting posture, evaluation method, photography

Problema de Investigación

La alineación pélvica y espinal, y su relación al control postural son variables importantes en el posicionamiento en sedente ya que potencializan el confort, movilidad y funcionamiento en dicha posición (Hirose, 2005). En la presencia de patologías osteomusculares y/o neuromusculares, se busca desarrollar la eficiencia muscular y minimizar los esfuerzos potencialmente patológicos sobre las estructuras espinales (Perry, Smith, Straker, Coleman & O'Sullivan, 2008) y por lo tanto, la alineación pélvica y espinal son componentes esenciales de la valoración postural en sedente.

La valoración de la alineación postural se utiliza con muchos fines incluyendo el análisis de los efectos luego de intervenciones terapéuticas y en la prevención de patologías por causa de mal posicionamiento en personas quienes se encuentran en posiciones de sedente por su trabajo o en el caso de personas que requieren del uso de una silla de ruedas para su movilidad principal. Una silla de ruedas, cuando está bien configurada según las necesidades y presentación del usuario, sirve no solamente para la movilidad sino adicionalmente como un elemento ortésico que ayuda a posicionar y dar estabilidad al usuario para recuperar una función faltante y así, los hallazgos de una valoración cuantitativa de la postura sirven para justificar el elemento de sedestación más adecuado para el usuario frente a empresas prestadoras de salud.

La valoración de la postura en sedente de forma cuantitativa se realiza con el uso de herramientas de alta tecnología, como radiografías, que permiten la valoración de la alineación postural estática, estabilómetros que permiten la valoración del control postural a través de la medición en dos dimensiones de la posición del centro de gravedad sobre una plataforma de fuerza, ó, a través de sistemas de análisis de movimiento en 3D que tienen la capacidad de medir la alineación postural y el control postural con el uso de un sistema de cámaras y una plataforma de fuerza. Las herramientas de alta tecnología, aunque proveen resultados precisos, son costos y difíciles de encontrar en la clínica, lo cual hace que se utilice con mayor frecuencia formas cualitativas de valorar la postura en sedente, como escalas basadas en la observación.

Los profesionales de la salud, (médicos, fisioterapeutas o terapeutas ocupacionales) necesitan de un método clínico de medición cuantitativo de la postura en sedente que sea preciso y fácil de implementar en el entorno de la clínica (Peterson, Zimmermann, Cope, Bulow & Ewers-Panveno, 2008). De acuerdo a Fortin, Ehrmann, Cheriety Labelle (2011), "existe la necesidad de desarrollar una herramienta clínica y global de la postura que incluya todos los segmentos corporales pertinentes

especialmente en la población de niños y adultos con parálisis cerebral, hemiplejía, escoliosis idiopática quienes demuestran compensaciones posturales en todo el cuerpo.” (p. 379)

Un método clínico de medición de la postura en bípedo, diseñado por GomezOrthoticSystems,LLC (GOS) en Estados Unidos, que tiene distinciones en diferentes áreas del cuerpo humano, uno de esos la columna, identificado como Gomez Orthotic Spine Systems (GOSS), ha sido reconocido como un método viable ya que ofrece el uso de herramientas accesibles y adquiribles, y, permite valorar la postura en los tres planos corporales de manera cuantitativa. Se considera que se puede adaptar este método clínico de medición en bípedo a la posición sedente para diagnosticar una alteración en alineación postural en sedente y para la prescripción de sillas de ruedas.

Con base en lo anterior surge la pregunta general de investigación ¿cuáles son los parámetros (sistema de referencia, segmentos corporales y puntos de referencia corporales) y los mecanismos (instrumentos de medición y el protocolo de uso) que deben considerarse en la medición de la postura en sedente a partir de la adaptación del método GOSS de la postura en bípedo? Las sub-preguntas son: ¿Cuáles son los parámetros de medición de la columna en el plano sagital, coronal y transversal del método GOSS que son aplicables a la medición de la postura en sedente?, ¿Cuáles son los parámetros que requieren medirse en la posición sedente y que no se consideran en el método GOSS? ¿Cuáles son los instrumentos más adecuados para medir la postura en sedente? ¿Cuál es el protocolo de medición de la postura en sedente?

Este estudio tiene como objetivo general identificarlos parámetros (sistema de referencia, segmentos corporales y puntos de referencia corporales) y los mecanismos (instrumentos de medición y protocolo de medición) que deben considerarse en la medición de la postura en sedente a partir de la adaptación del método GOSS de la postura en bípedo. Los objetivos específicos son: identificar los parámetros de la columna en el plano sagital, coronal y transversal del método GOSS que son aplicables a la medición de la postura en sedente, determinar los parámetros que requieren medirse en la posición sedente y que no se consideran en el método GOSS, identificarlos instrumentos más adecuados para medir los parámetros de la postura en sedente, y diseñar el protocolo de medición de la postura en sedente.

El desarrollo de este proyecto cobra sentido teniendo en cuenta que un método de medición postural tri-planar es una herramienta pertinente para la valoración postural que permitirá identificar alteraciones posturales y sus cambios a través del tiempo en la población Colombiana y el resto del mundo. Actualmente, muchas clínicas utilizan métodos subjetivos ya que un método

objetivo de fácil implementación que no requiere de instrumentos de alta tecnología, no está disponible y validado en español. Contar con este método generará un impacto científico ya que presentará una nueva solución a este problema. Adicionalmente, este método permitirá que fisioterapeutas y otros profesionales de la salud realicen en su práctica clínica valoraciones posturales objetivas que muestren datos precisos que reflejen de manera confiable la postura de los pacientes. El mejoramiento de la calidad de los datos arrojados puede optimizar la atención de pacientes ya que con datos más precisos se pueden mostrar los cambios en la postura a través del tiempo, efectos de intervenciones terapéuticas o el progreso de la enfermedad/ patología, pre-quirúrgicas o post-quirúrgicas.

Marco de Referencia

Con la finalidad de dar soporte a la necesidad de un índice postural clínico en sedente que será adaptado de un método en bípedo, esta sección contiene los siguientes sub-temas: la postura tri-planar en bípedo y sedente (anatomía, valores de normatividad), métodos de medición de la postura en bípedo y sedente (referencia de alineación, segmentos corporales, puntos de referencia, herramientas de medición, el método GOSS).

La Postura Tri-planar en Bípedo y Sedente

“La postura corporal se define como la posición de todo el cuerpo o de un segmento de este en relación con la gravedad; o sea, es el resultado del equilibrio entre esta última y las fuerzas musculares anti gravitatorias y pudiesen variar en relación a la situación en que se enfrenta” (Miralles, 1998citado por DelSol& Hunter, 2004. p.340)

Según Nordin y Frankel (2001) la unidad funcional de la columna está compuesta por dos vértebras, el disco intervertebral que separa los dos cuerpos vertebrales superpuestos (componente responsable principalmente para soportar cargas compresivas), las articulaciones intervertebrales formadas por las facetas, y los ligamentos longitudinales que conectan las apófisis transversas y espinosas.

Las vértebras tienen 6 grados de libertad a través de los 3 ejes que forman los planos coronal, sagital y transversos. La orientación de las facetas en los planos coronal y transversos, a través del largo de la columna vertebral permiten diferentes grados de movimiento. Las facetas lumbo-sacrales permiten rotación y las facetas sacro ilíacas permiten la unión de la columna con la pelvis que permiten movimientos conocidos como la ante versión y retroversión pélvica y modulan los movimientos posibles en el resto de la columna vertebral. Las facetas lumbares se orientan a 90° con respecto al plano transversos y a un ángulo de 45° con respecto al plano coronal que permiten flexión, extensión, inclinación lateral con poca rotación. Las facetas torácicas están orientadas a un ángulo de 60° con respecto al plano transversos y a un ángulo de 20° con respecto al plano coronal y permiten inclinación lateral, rotación con poca flexión y extensión. Las facetas entre C1 y C2 son paralelas al plano transversos y permiten rotación. Las otras facetas de la columna cervical entre C3 hasta C7 están orientadas a un ángulo de 45° con respecto al plano transversos y permiten flexión, extensión, inclinación lateral y rotación. (Nordin & Frankel, 2001)

El movimiento activo de la columna depende de la interacción neuromuscular y según lo anteriormente descrito sobre la orientación de las facetas, los segmentos de la columna difieren en el rango de movimiento disponible. El movimiento entre dos vertebras es pequeño mientras la interacción entre varios segmentos permiten el acceso completo a la movilidad disponible. El movimiento posible depende del estado de los componentes de la unidad funcional, ya que cambios en las propiedades intrínsecas como en el caso de patología pueden limitar el movimiento de la columna vertebral. Adicionalmente, el movimiento posible depende de las interacciones anatómicas entre las estructuras esqueléticas, como la caja torácica, que limita el movimiento de la columna vertebral torácica. El movimiento complejo requiere de la combinación de movimiento de cada unidad funcional en los tres planos corporales. Por lo tanto, en la presencia de deformidad como en el caso de escoliosis, el tratamiento fisioterapéutico requiere intervención al nivel de cada plano (Bialek, 2011). De igual manera, la valoración cuantitativa de la postura en bípedo y sedente requiere de un análisis de los tres planos corporales buscando la alineación de acuerdo a los efectos de la gravedad sobre el control del centro de gravedad del usuario. En bípedo, la base de soporte se forma sobre los pies y los ajustes posturales se realizan a través de las articulaciones del tobillo, rodilla, cadera, y columna lumbar de forma independiente o combinado. En sedente, la base de soporte se forma sobre la pelvis y la columna lumbar está aislada de las articulaciones de los miembros inferiores (Cholewicki, Polzhofer & Radebold, 2000).

La postura se encuentra relacionada con entornos sociales, personalidad, ocupación, genética, edad, nutrición, estado de salud, actividad física, modelos socioculturales, actitud mental que hace que hay una gran variedad en la alineación espinal en la población normal (Del Sol et al, 2004). Por tanto, no se ha identificado un rango de valores normativos de postura recomendada en la posición bípeda (Barrey, Jund, Noseda & Roussouly, 2007), sin embargo se reconoce correlaciones entre segmentos corporales en la postura bípeda. Una de estas correlaciones existe entre la forma y orientación pélvica con la organización de la columna lumbo-torácica. El valor de cifosis se correlaciona positivamente con una disminución en el rango de movimiento en elevación de la articulación gleno-humeral, aumenta con edad y es más prevalente en mujeres que en hombres (Barrey et al, 2007).

La postura recomendada es la que muestra eficiencia o economía biomecánica o en otras palabras una postura balanceada. En la medición de curvas presentes en el plano coronal, utilizando el ángulo Cobb, se puede existir una curva que mide menor a 10° sin que sea considerado patológica. No obstante, las situaciones en donde la postura se presenta de manera no balanceada han sido

asociadas con patrones patológicos a corto o largo plazo ya que generan un desbalance en esfuerzos distribuidos, contracciones musculares compensatorias que pueden generar dolor y producir lesiones de sobrecarga (Grimmer,Dansie, Milanese, Pirunsan&Trott 2002), (Boulay, Tardieu, Hecquet, Benaim, Mouilleseaux, Marty, et al 2006), (Lewis & Valentine, 2010), (Olaru, Parra Farré&Balius 2006). Adicionalmente, el artículo por Glassman y colaboradores (2005 citado por Kim M, Lee S, Kim E, Chung S & Lee C, 2011) mostró una correlación positiva entre el valor de la distancia entre la línea plomada C7 y la línea vertical de S1 posterior-superior, y presencia de dolor y disminución de función.

Los valores de normatividad de la postura en sedente no han sido extensivamente documentados y de acuerdo a Prins y colaboradores (2008), la literatura no especifica los ángulos que generan incomodidad musculoesquelético. Black (1996) mostró, en una población normal en la posición sedente, correlación positiva entre extensión lumbar y flexión de la columna cervical y viceversa en el plano sagital. Adicionalmente, estudios han mostrado diferencias en la postura en sedente por género, específicamente que mujeres se posicionan con mayor lordosis lumbar y extensión torácica que hombres (Straker, O 'Sullivan, Smith, Perry & Coleman, 2008). Aunque en este estudio la postura mencionada no mostró relación con dolor del cuello y hombro, otros estudios recomiendan que la postura óptima en sedente para personas con dolor lumbar sea con la columna en neutro con una leve lordosis lumbar y con el tórax relajado, ya que esta posición evita rangos terminales que pueden ser dolorosos (Sondergaard K, Olesen, Sondergaard E, Zee, Madeleine, 2010).

Adaptar una postura cómoda en sedente, en una población normal, requiere del funcionamiento correcto del sistema propioceptivo que da el sentido de la necesidad de reposicionarse (Peterson et al, 2008). No obstante, en la presencia de patología, la postura en la posición de comienzo es distinto en comparación a individuos sin patología por causa de debilidad muscular, activación muscular asimétrica, espasticidad, retracciones musculares, deficiencia en el funcionamiento del sistema propioceptivo, etc., y de la misma manera puede ser una estrategia para controlar el centro de gravedad y mantener el equilibrio (Shirardo, Kawase, Minami, Strax, 2004). Un ejemplo de esto se ve en la población con trauma raquímedular (TRM). Ellos demuestran en promedio 15° más de retroversión pélvica que el grupo control cuando se encuentran sentado sobre una superficie estándar horizontal y con una inclinación del espaldar de 10°. Este aumento en retroversión y la deficiencia en el control postural genera una hipercifosis torácica (Alm, Gutierrez, Hulting, Saraste, 2003).

Métodos de medición de la postura en bípedo y sedente

El método de medición de la postura en bípedo y sedente requiere de la identificación del sistema de referencia (sistema de coordenadas o línea de referencia), los segmentos corporales por medir en cada plano, los dos puntos de referencia corporal que corresponden cada segmento corporal y los instrumentos de medición.

Sistema de Referencia.

El sistema de referencia consiste tradicionalmente de una línea de referencia que representa una alineación óptima y que parte de un punto de referencia pre-determinado en cada uno de los tres planos corporales. Con respecto a ésta línea, se determina la posición de los segmentos corporales y su grado de alineación o mala alineación.

En la medición de la postura en el plano sagital en bípedo, varios autores han documentado como línea de referencia de alineación “la línea plomada” ó plumbline, una línea de proyección vertical que parte de la protuberancia externa occipital (Bialek, 2011) o el proceso espinal de C7. Se determina el balance sagital en analizar la desviación de la columna de esta línea.

En la medición de la postura en el plano coronal en bípedo, la línea de referencia tradicionalmente es la línea vertical que pasa por el punto central entre las espinas iliacas anterior-superiores en la vista anterior o el centro del cuerpo vertebral de S1 en la vista posterior. Esta línea en la vista posterior se extiende hasta el proceso espinal de T1 y la alineación de la columna espinal se relaciona con la distancia medida entre los procesos espinales y ésta línea ó con el ángulo de una curva presente (Asher& Cook, 1995). Adicionalmente, ha sido documentado el uso de la línea plomada C7 de manera individual o en conjunto con la línea central del sacro para analizar la distancia entre las dos líneas (Zhu, Zhao, Wang, Yu, Quian, Ding et al, 2011).

De acuerdo a Asher y colaboradores (1995), no se puede medir la postura en el plano transversal de manera directa sino de manera indirecta a través del análisis en el plano sagital y coronal. Así que tradicionalmente, los estudios realizan el análisis del plano transversal de esa manera, no se identifican una línea de referencia de alineación.

Segmentos y Puntos de Referencia.

Un segmento corporal es una unidad o parte del cuerpo entero y está determinado a través de la identificación de puntos óseos específicos de referencia. En la valoración postural en sedente, los segmentos corporales son divididos normalmente por la clasificación de vertebra, cervical, torácica, lumbar o sacra, y por una función o presentación que se busca tener el segmento. Las mediciones de estos segmentos reflejan un ángulo o una distancia que permite entender la postura

cuantitativamente. En el plano sagital, se busca la presencia de curvas lordóticas y cifóticas y anomalías de las mismas y las medidas frecuentemente tomadas son, la posición de la cabeza, lordosis cervical, cifosis torácica, lordosis lumbar, inclinación sacral e inclinación pélvica, tradicionalmente, descritas de forma cefálica caudal. En el plano coronal se busca la presencia de desviaciones de la columna y discrepancia en el nivel de la pelvis y las medidas frecuentemente tomadas son, la posición de la cabeza, desviación de la columna, ángulo de escoliosis e inclinación pélvica, tradicionalmente descritas de forma cefálica caudal. Se utiliza la línea central coronal como una línea vertical de referencia (Fortin et al, 2011) cuyo punto medio de la base de sustentación. El plano transversal es el plano menos estudiado en la literatura aunque es igual de importante ya que los movimientos de la columna en planos sagital y coronal influyen los movimientos rotacionales de la columna en el plano transversal.

En el Anexo 1, se puede encontrar información detallada sobre los puntos óseos representantes de segmentos corporales medidos en la posición sedente en la literatura. En algunos casos, según los criterios de los autores del presente estudio, se incluyeron datos de artículos en donde midieron la postura en la posición bípeda por falta de documentación adecuada en la literatura de estos segmentos en la posición sedente. Adicionalmente, los autores del presente estudio decidieron no incluir los resultados del estudio por Hirose (2005) en el Anexo 1 ya que requieren mayor explicación. Este estudio tenía como objetivo identificar puntos de referencia ventrales que se puede utilizar para describir la alineación de la columna. El autor se identificó dos líneas: 1. La línea esternal que conecta el esternón superior al esternón inferior y 2. La línea abdominal que conecta el esternón inferior al punto medio entre las espinas ilíacas anteriores superiores derecha e izquierda. Se realizó el análisis en 3D de 10 sujetos sin patología de la columna en 16 posiciones diferentes en sedente y los resultados mostraron una asociación alta entre las inclinaciones torácicas con la inclinación de la línea esternal y entre la inclinación lumbar con la inclinación de la línea abdominal. Por lo tanto el autor concluyó que investigadores pueden utilizar las líneas torácica y abdominal para predecir inclinaciones torácicas y lumbares en los planos frontal y sagital.

Estándar de medición propuestos por ISO

Así como hay mucha variedad en los segmentos corporales y puntos de referencia corporales utilizados en la medición de la postura en sedente, como presentado anteriormente, y por la variación en terminología, la Organización Internacional de Estándares (ISO) y

RehabilitationEngineering and AssistiveTechnologySociety of North América(RESNA) realizaron un trabajo en conjunto cuyo objetivo era desarrollar estándares en cuanto a la terminología relacionado con la medición de la postura en sedente. El producto de este trabajo ISO 16840-1, del 2006, define específicamente el sistema global de coordenados, los términos y definiciones de la postura, las medidas antropométricas, dimensiones lineales y orientación de la superficie de soporte. Para muchos clínicos, éste estándar, por su nivel técnico no es fácil entender, ni es fácil conseguir por su alto costo, razones por las cuales no ha sido bien implementado en el ambiente clínico desde su publicación. La asociación Paralyzed Veterans of América financiaron un proyecto titulado *A ClinicalApplication Guide toWheelchairSeatingMeasures of BodyPosture and Postural SupportSurfaces* cuyo objetivo es presentar en una manera fácil de entender los principios y terminología del estándar que a la vez sería accesible sin costo. Los resultados de este trabajo aún no están publicados sin embargo fueron presentados en una exposición durante la International SeatingSymposium2012 en Vancouver, Canada por Waugh y Crane (2012).

De forma distinta a los sistemas de referencia descritos anteriormente, el guía identifica dos diferentes sistemas de referencia(el sistema global llamado el Sistema de Coordenadas de la Silla de Ruedas (Wheelchiar Axis System o WAS) y el Sistema Local de Coordenadas (Local Axis System o LAS)) basadas en la regla de la mano izquierda en la cual el pulgar, dedo índice y segundo dedo se colocan a 90° del otro; el dedo índice representa el eje X en el sentido positivo, el segundo dedo representa el eje Y en el sentido positivo y el pulgar representa el eje Z en el sentido positivo así que el plano sagital que se mueve al redado del eje X, el plano coronal que se mueve al redado del eje Y y el plano transversal que se mueve al redado del eje Z. El WAS es un sistema de referencia externa, fijo en el espacio que se utiliza para la medición de ángulos absolutos de los segmentos corporales o las superficies de soporte (se entiende por ser la superficie que da soporte al usuario en sedente que combina el asiento, respaldo, soportes de piernas, etc. con respecto al global y con respecto a las mediciones corporales de la persona). El eje de cada plano se basan en la descripción anterior de la regla de la mano izquierda y el punto 0,0 se ubica sobre el piso en donde el eje Z es la línea vertical, el eje Y está alineado con el eje central de las ruedas de manejo. El LAS permite valorar la orientación angular de un segmento corporal o de la superficie de soporte y cada uno de éstos tiene su propio sistema. De esta forma, las mediciones corporales angulares se determinan en comparar el LAS de cada segmento al WAS. Cuando el ángulo correspondiente es 0° entre el LAS y WAS, se considera que están alineados. La Posición de Referencia en Sedente o la posición zero es la posición cuando todos los segmentos y superficies con el LAS miden 0 con respecto al

WAS. Esta posición se considera por ser la posición neutro pero no se intenta que es la posición esperada (Waugh et al, 2012).

Se identifican 10 segmentos corporales que requieren medición en la posición sedente: cabeza, cuello, tronco superior, pelvis, muslo, pierna inferior, pie, brazo, antebrazo y mano que se relacionan a uno o ambos sistemas de referencia previamente presentados. Dos puntos de referencia corporal forman la línea corporal que representa cada segmento (estos puntos no fueron específicamente identificados dentro del contenido de la exposición del trabajo actualmente disponible). En el plano sagital se identifican las líneas sagital de cabeza, sagital del cuello, sagital del tronco superior, sagital de la pelvis, sagital de la pierna superior, sagital de la pierna inferior y sagital del pie. En el plano coronal se identifican las líneas coronal de cabeza, coronal de cuello, coronal del brazo superior, coronal de la pelvis, coronal de la pierna inferior, todas con base en puntos de referencia ubicados en la vista anterior. En el plano transversal, se identifican las líneas transversal del tronco, transversal del brazo inferior, transversal de la pierna superior, transversal del pie. (Waugh et al, 2012)

Utilizando dos sistemas de referencia permite comparar la orientación de un segmento al sistema de referencia externa que se considera como un ángulo absoluto o comparar la orientación de un segmento o superficie a otro segmento o superficie, un ángulo relativo. Un ejemplo de un ángulo absoluto es el ángulo del tronco con respecto al WAS. Un ejemplo de un ángulo relativo es el ángulo del tronco a la pierna superior con respecto al ángulo del espaldar a asiento de la silla de ruedas. Cuando los dos ángulos están iguales se considera que los segmentos corporales están paralelos a las respectivas superficies de soporte. En utilizar este estándar se puede analizar la postura con respecto a un fijo y la postura con respecto a la silla de ruedas u otra superficie de soporte.

Herramientas de Medición.

Existen varias formas de realizar medición de la postura en sedente entre ellas escalas, imágenes estáticas de alta tecnología, fotografía, herramientas de posturografía, análisis de movimiento en 3D, videografía y herramientas simples.

Escalas, como la Seated Postural Control Measure (SPCM), que fue desarrollado al hospital pediátrico SunnyHill, Vancouver, British Columbia, Canadá, (Hirose, 2005) permiten la valoración de forma subjetivo (Fortín et al, 2011). Específicamente, esta escala contiene categorías descriptivas y puntajes asociados a la postura como oblicua pélvica, desviación lateral del tronco en la vista

anterior, inclinación pélvica e inclinación de la cabeza en la vista lateral. La escala Ottawa SittingScale, reportada en el artículo por Thornton y Sveistrup(2010), cuantifica, a través de 12 ítems funcionales, el cambio en el equilibrio en sedente y fue diseñada para uso en la etapa de cuidado agudo. Escalas proveen información subjetiva de forma cuantitativa pero no proveen los ángulos o distancias correspondientes a los segmentos corporales.

Videografía también ha sido instrumento usado en estudios sobre la postura en sedente sin embargo este método provee resultados cualitativos con base en una observación realizado con o sin el uso de marcadores de puntos óseos corporales.

Varios estudios han documentado el uso de imágenes estáticas de alta tecnología como la Tomografía Axial Computarizada (TAC) (Triolo, 2009) y radiografías. Esta forma de medición se han utilizado, adicionalmente, como un estándar de oro (goldstandard) en la validación de herramientas que miden la postura de forma externa, sin embargo, ya que es un método interno no se recomienda utilizar para la validación externa (Fortín et al, 2011). Al contrario, se recomienda el uso de sistemas de análisis de movimiento en 3D, como 3Space Fastrack, Isotrack, Vicon 512, Oxford Metrics Limited, Oxford, Reino Unido, Box-Cox(Mohsen,Cichowski,Cheng, Fasanati, Grant, Hendrix et al, 2009), entre otros, como el estándar de oro en la validez de herramientas que miden la postura de forma externa ya que ambos son métodos externos. Ambos métodos, radiografía y TAC, son muy efectivos en la medición de la postura interna pero son muy costos, requieren mucho tiempo para implementar y no están accesibles en el entorno clínico diariamente. Aunque estos instrumentos están considerados ser precisos, son la palpación de los puntos óseos y movimiento de la persona durante la prueba que genera error (Sheeran, Sparkes, Busse& Van Deursen, 2010).

El uso de herramientas simples incluyendo goniómetros e inclinómetros, y el uso de la fotografía son métodos que también requieren de identificar los puntos óseos con marcadores como sistemas de análisis de movimiento en 3D y todos muestran limitaciones sobre su uso como: error por causa de inexperiencia por parte del examinador, mal posicionamiento del sujeto o cambios en la posición de la cita por movimiento de la piel. Como documentado en la revisión documental por Fortín et al (2011), la mayoría de los estudios utilizan medición con herramientas simples como goniómetros y inclinómetros digitales, y muestran moderada a buena confiabilidad inter-juez y intra-juez ($ICC > 0.50$) pero que no todos los estudios estudiaron validez y cuando estudiado mostraron mucha variedad ($r = -0.13$ a 0.60).

En el uso de la fotografía se marca los puntos óseos con cinta reflectiva que se coloca sobre la piel y se utilizan luego en el análisis de datos con un software (Perry et al, 2008). A través de los

marcadores, se miden los ángulos y distancias correspondientes a los segmentos corporales. Algunos estudios utilizan en adición una cuadrícula métrica como referencia que se posición por detrás del sujeto en el plano en que se realiza las mediciones. La mayoría de los estudios que utilizan el método fotográfico realizan análisis en el plano coronal y sagital, no transverso (Brink et al, 2009) (Straker et al, 2008). Perry y colaboradores (2008) reporta que el error con este método es por causa de posicionamiento de los marcadores o de los sujetos sobre la superficie y no por el proceso de digitación. Fortiny colaboradores (2011), en su revisión documental documentó que los estudios que utilizaron la fotografía mostraron buena confiabilidad inter- juez y intra-juez (ICC >0.75).

Otros estudios utilizan herramientas de posturografía, como plataformas de fuerza para medir el centro de gravedad (CG) en la posición sedente (Kamper, Pamianpur, Barin, Adams, Linden & Hemami, 1999) (Shirado et al, 2004). Shirado y colaboradores (2004), estudiaron la estabilidad lateral en personas con TRM sometidas a perturbaciones externas en una posición sedente con las piernas extendidas (long-sitting). Otro estudio por Perlmutter, Lin y Makhsous (2010), utilizó una plataforma de fuerza para cuantificar el control postural de la columna lumbar en pacientes con ECV crónico. En otro estudio, por Cholewicki y colaboradores (2000), participantes saludables sin dolor lumbar realizaron pruebas en cuatro posiciones distintas con una variación en la inestabilidad de la superficie. En este estudio, se tomó datos por siete segundos y recomendaron que estudios en el futuro tomen datos mayores a 30 hasta 60 segundos por prueba. Aunque esta tecnología permite la valoración de la postura a través del movimiento de CG en los planos sagital y coronal, es una tecnología costo que no está disponible con frecuencia en el entrono de la clínica (Shirardo et al, 2004).

Otros estudios documentan el diseño de nuevas herramientas para la medición de la postura. El estudio por Sheeran et al (2010), se diseñó la Rueda Espinal, un dispositivo con una rueda plástica de 10cm de diámetro que se rueda por el largo de la columna en un movimiento continuo y a través de un sistema de análisis en 3D da un imagen exacta de la postural de la columna. Este instrumento mostró validez intra-tester, inter-tester (Sheeran et al, 2010). El SpinalMouse (Igiag, Voletswil, Suiza) que se utiliza sobre el largo de la columna para medir distancia e inclinación a través de acelerómetros. Un dispositivo “pen-pointer” (Zebris, Alemaña) puede detectar posicionamiento en 3D a través de transmisión ultrasónica (Sheeran et al, 2010). Finalmente, en un estudio realizado por Yin Wong y San Wong (2008), los autores evaluaban un sistema de tres módulos de sensores, cada uno con un acelerómetro tri-axial y tres giroscopios uni-axiales alineados octogonalmente, y un sistema de retroalimentación con adquisición de los datos de puntos de referencia de hombros,

tronco y pelvis. Con estos sensores se monitoreó la postural realizado a través de marcadores C7, T3, T5, T7, T9, T11, L1, L3, L5, S2 con el fin de detectar cambios posturales en las curvas en los planos sagital y coronal (Yin Wong et al, 2008).

El método GOSS en posición Bípeda.

El método GOSS se enfoca en el tratamiento conservador de deformidades de la columna, incluyendo la escoliosis, a través de la valoración clínica de la postura corporal global y segmentaria como también la flexibilidad de la deformidad en los tres planos corporales buscando últimamente el balance y estabilidad corporal y espinal. Este método reconoce que una mala alineación presentada en los pies causa mala alineación en los segmentos más superiores y por eso se mide la postura con respecto a la línea de referencia que emerge de la base de sustentación. Adicionalmente, este método parte del conocimiento biomecánico de la columna que un movimiento en un plano crea movimiento en los otros planos y por tanto las intervenciones que involucra la columna consideran los efectos en los tres planos.

El método GOSS en bípedo utiliza como sistema de referencia tres líneas centrales que representan la línea de mayor estabilidad en cada plano. La posición de ambos pies sobre el suelo crea la base de sustentación en bípedo, una posición de acuerdo a las características corporales que son distintas en cada individuo. La ubicación de ambos pies es diferente para cada individuo pero muestra la posición de máxima estabilidad de este individuo. De esa manera, la línea central de máxima estabilidad emerge del punto central identificado en cada plano y que refleja el centro de la base de sustentación en cada plano. La línea central sagital (LCS) es una línea vertical que emerge y asciende del borde anterior del maléolo lateral. El plano sagital requiere ser medido tanto en la vista derecha e izquierda. La línea central coronal (LCC) es una línea vertical que emerge y asciende del punto medio de la base de sustentación en el plano coronal. Se encuentra en el punto medio entre el borde medial de ambos calcáneos en la vista posterior. El plano transversal es el puente que conecta los planos sagital y coronal y así la orientación de la columna en este plano depende de los movimientos que ocurren en el plano sagital y coronal. En el plano transversal la postura que muestra mayor estabilidad es la que no presenta una rotación. La línea central transversal (LCT) es la paralela al plano coronal que se ubica al borde posterior de ambos calcáneos y se mide a diferentes niveles ascendentes correspondientes a los segmentos corporales en grados rotacionales.

El sistema de referencia en el método GOSS es distinto a otros métodos tradicionales que utilizan la línea plomada o la línea central del sacro. Evaluando las imágenes radiográficas

presentadas en Figura 1 partiendo de la LCCen el método GOSS, el paciente está desalineado hacia la izquierda. La línea plomada o la línea central del sacro no proporcionan una información exacta de la alineación global del paciente y así si se evalúa partiendo de cualquier de estas líneas se podría interpretar que este paciente está alineado y un tratamiento podría únicamente considerar la curva escoliótica y no la desalineación en combinación con la curva escoliótica. De acuerdo al método GOSS, el tratamiento debe ser integral, el cual se establece partiendo desde la base de sustentación.

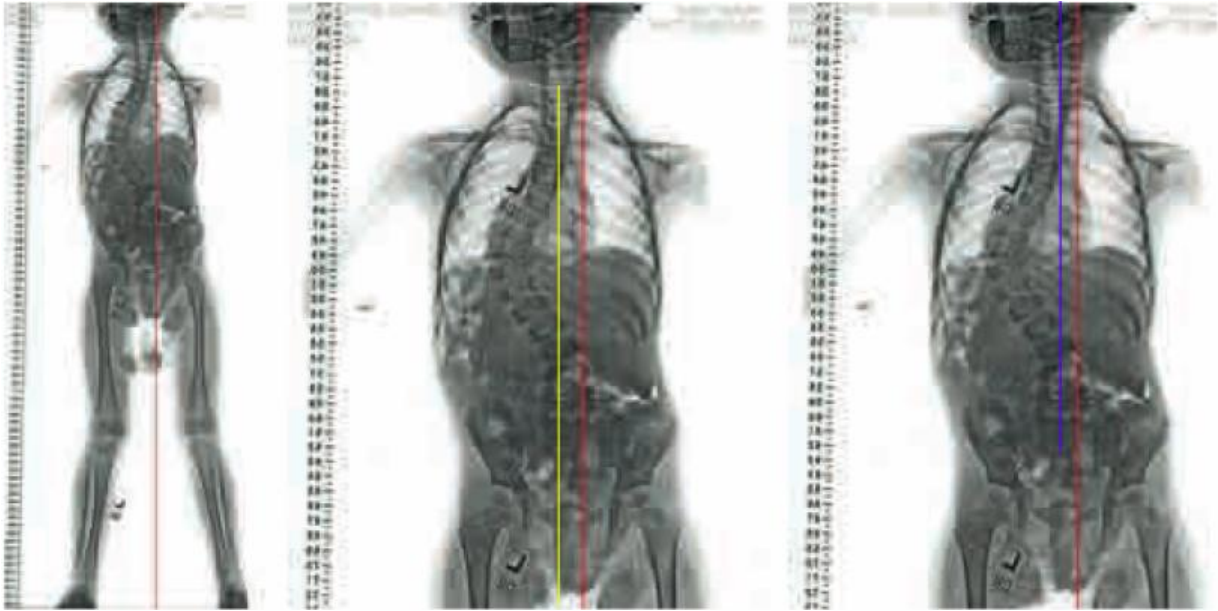


Figura 1. Líneas de referencia método GOSS y otros métodos

Línea Central Coronal en método GOSS (roja). Línea plomada (amarillo). Línea central del sacro (azul). (Esta imagen se utilizó y modificó con el permiso del autor original, Gomez (2012))

En el método GOSS, se realizan fotos del paciente (Figura 2 y 3) en el plano sagital del lado derecho e izquierdo, el plano coronal de vista anterior y posterior y el plano transversal de vista distal y proximal a través del test de Adams y una foto de pie tomada desde la cabeza hacia abajo. Se toman las fotos con una cuadrícula de fondo y un tapete en forma “T” para posicionar de manera equidistante los pies.

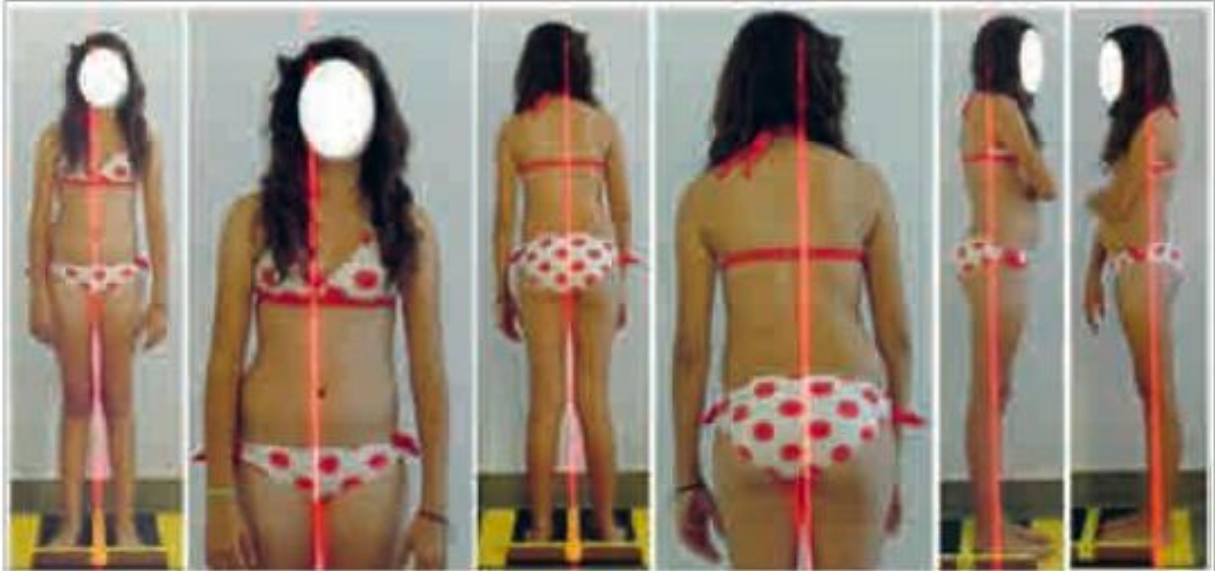


Figura 2. Fotos tomadas- planos coronal con LCC y plano sagital con LCS- método GOSS
(Utilizado con el permiso del autor original, Gomez (2012))



Figura 3. Fotos tomadas- plano transversal y LCT- método GOSS

Foto izquierda: test de Adams vista anterior. Foto Central: Test de Adams vista posterior. Foto Derecho: Foto desde la cabeza hacia abajo. (Utilizado y modificado con el permiso del autor original, Gomez (2012))

La valoración de estas fotos nos muestran que la paciente presenta una desalineación izquierda de aproximadamente 3 cm en el plano coronal, una desalineación anterior de aproximadamente 5 cm en el plano sagital con una inclinación anterior pélvica y hiperextensión de las rodillas y una rotación toraco-lumbar de 8° a la izquierda en el test de Adams vista proximal (Figura 3- Foto izquierdo, central) y de 17° a la izquierda en la medición desde posición bípeda recta (Figura 3- Foto derecho). Con base en este análisis se determina que la paciente tiene deformidades en desalineación (medida en cm) y en rotación (medida en grados). El plano transverso es el más involucrado y por tanto de acuerdo al método GOSS esta deformidad en rotación debe ser la primera al tratar. Con base en este análisis se crea la posición de corrección de las deformidades que tomará la ortesis de columna que utilizará la paciente en combinación con fisioterapia como tratamiento conservador de escoliosis.

El método GOSS identifica por plano los siguientes segmentos corporales a partir de los puntos de referencia corporales que son los necesarios para la medición de la postura en bípedo (Tabla 1). Por cada segmento se mide la distancia del punto de referencia de la línea central del plano correspondiente. En el plano sagital, se identifican los segmentos de los pies, rodillas, pélvico, torácico, hombro y cabeza. El segmento del pie se representa por el punto de referencia que es el borde anterior del maléolo lateral. El segmento de la rodilla se representa por el punto medio de la articulación la rodilla. El segmento pélvico se representa por el punto de referencia el trocánter mayor. Se realiza las mediciones y comparaciones de estos puntos de la línea central por ejemplo, cuando el punto del trocánter mayor se aleja de la línea central sagital en el sentido posterior se reconoce una anteversión pélvica y cuando se acerca a la línea central sagital se reconoce una retroversión pélvica. En el segmento torácico se utiliza el ápex de la cifosis como punto de referencia óseo y la distancia de este punto de la línea central sagital representa el desplazamiento anterior o posterior de la LCS. En el segmento hombro se utiliza el punto medio de la articulación. El segmento cabeza se utiliza el punto medio del pabellón auricular. En el plano coronal, se identifican los segmentos pélvico, torácico-lumbar, y cabeza. El segmento pélvico se identifica por la apófisis de la vertebra S1, el segmento torácico-lumbar por la apófisis de la vertebra C7, el segmento cabeza por el punto central del occipucio. En la presencia de una escoliosis se puede dividir el segmento torácico-lumbar en segmentos adicionales. Se utiliza la apófisis de la vertebra de la ápex de la curva y si hay más que una curva se mide cada curva por aparte. En el plano transverso, se identifica el segmento pélvico que está representado por la línea creada entre las espinas iliacas anterosuperiores bilateral (en la vista anterior) o las espinas iliacas posterior superiores (en la vista posterior), el segmento torácico-lumbar que está representado por la línea creada entre la articulación acromio-clavicular

bilateral (cuando se presenta una curva rotacional), y el segmento cervical que está representado por la línea entre los pabellón auricular bilateral. En la presencia de una escoliosis en donde hay más que una curva rotacional en el segmento torácico lumbar, se puede dividirlo en segmentos adicionales. Se utiliza la línea paralela al piso al nivel de la apófisis de la vertebra de la ápex de la curva y se mide cada curva por aparte.

Tabla 1.
Método GOSS de la postura en bípedo

Plano	Tipo de Medición	Segmento	Línea de Referencia	Punto de Referencia Corporal
Sagital	Distancia *	Pies	Línea Central Sagital	Borde anterior del maléolo lateral
		Rodillas		Punto medio de la articulación de la rodilla
		Pélvico		Trocánter mayor
		Torácico		Ápex de la cifosis
		Hombro		Punto medio de la articulación Glenohumeral superficie lateral
		Cabeza		Pabellón auricular
Coronal	Distancia *	Pélvico	Línea Central Coronal	Apófisis de la vertebra S1
		Torácico-lumbar**		Apófisis de la vertebra C7; Apófisis del apex de la curva
		Cabeza		Punto central del occipucio
Transverso	Angulo *	Pélvico	Línea Central Transversa	Línea entre las Espina Iliaca Anterior Superior
		Torácico-Lumbar**		Línea entre las articulaciones acromio-claviculares; Línea paralela al piso al nivel de la ápex de cada curva
		Cabeza		Línea entre los pabellones auriculares
* Medición tomada entre la línea de referencia y el punto de referencia corporal.				
** Se puede tener una o más mediciones de acuerdo a las curvas presentes.				

Método

El presente estudio es de tipo descriptivo lo cual permite especificar los componentes de un método de medición tri-planar de la postura en bípedo, identificar los componentes necesarios para medir la postura de manera tri-planar en sedente y realizar el análisis requerido para la posterior adaptación a la posición sedente. Se utilizó como unidades de análisis el método de medición tri-planar de la postura en bípedo GOSS descrito en el apartado anterior (Tabla 1), y los documentos de referencias primarias y secundarias a partir de los cuales se determinó los parámetros no desarrollados en el método GOSS que requieren inclusión en el método en posición sedente. Como instrumento se utilizó una matriz analítica para organizar dichos documentos de acuerdo a la temática, nivel de evidencia, naturaleza, población, muestra, variables dependientes, segmentos medidos, procedimiento y conclusiones, (Ver Anexo 2).

Este estudio se desarrolló a través de las siguientes etapas: Recolección y revisión de los documentos de referencia, y diligenciamiento de la matriz analítica de acuerdo con los documentos recopilados. Posteriormente se generó un cuadro comparativo entre las técnicas documentadas y la técnica GOSS para luego definir los parámetros y los mecanismos que se necesitan para la medición de la postura en sedente a partir del cuadro comparativo. En último término se diseñó la hoja de registro de datos y el protocolo del método de medición de la postura en sedente GOSS-Petrocci.

El método GOSS ha sido usado con el permiso del autor, Dr. José Miguel Gómez, para el desarrollo de este estudio y participa en calidad de co-autor en el presente estudio.

Resultados

El método de medición de la postura en sedente GOSS-Petrocci, adaptado del método de medición de la postura GOSS en bípedo, está presentado en la siguiente orden: Parámetros- Método GOSS Bípedo (sistema de referencia, segmentos corporales y puntos de referencia corporales de la columna en el plano sagital, coronal y transversal del método GOSS que son aplicables a la medición de la postura en sedente); Parámetros- Otras Referencias (segmentos corporales y puntos de referencia corporales de la columna en el plano sagital, coronal y transversal que requieren medirse en la posición sedente y que no se consideran en el método GOSS); Mecanismos (instrumentos más adecuados para medir los parámetros de la postura en sedente y el protocolo de medición). Estos componentes se pueden encontrar resumidos en Tabla 2.

Parámetros- Método GOSS Bípedo

Sistema de Referencia

El sistema de referencia fue seleccionado del método GOSS en bípedo. Se utiliza la misma terminología para las tres líneas de referencia y se definen para reflejar la posición en sedente. Así, se identifican las siguientes líneas de referencia de acuerdo a los tres planos corporales: línea central sagital, línea central coronal, línea central transversal. La línea central sagital se define como la línea vertical que emerge del punto central del trocánter mayor femoral. La línea central coronal se define como la línea vertical que emerge del punto central del sacro con la pelvis en una posición ajustada (ver el componente de resultados titulado *procedimiento* para una mayor explicación). La línea central transversal se define como la línea horizontal paralelo al piso que pasa paralelo al borde posterior del asiento, (Ver Figura 4).

Las mediciones en ángulos y distancias de los segmentos corporales se presentan con relación al sistema cartesiano de referencia tanto en el plano sagital como en el coronal y transversal. De esta manera cada medición se entiende por dos componentes: 1. El valor descrito en grados (ángulo) o cm (distancia) y 2. La descripción de la dirección de la medición con respecto al cuadrante en donde se encuentra la medición. La línea que representa cada segmento corporal que se requiere medición en ángulo se hace desde abajo hacia arriba, así que el ángulo que se mide es siempre el ángulo superior y que un ángulo en el cuadrante 1 da un valor positivo que se describe como arriba y adelante y un ángulo en el cuadrante 2 da un valor negativo que se describe como arriba y atrás, (Ver Figura 5).

De tal forma se entiende que en el plano sagital la línea central que emerge del trocánter

mayor del fémur debe pasar luego por la articulación acromio-clavicular y por el trago de la oreja. Se entiende que en la postura de mayor estabilidad, se encuentra el segmento pélvico con un ángulo direccionado hacia arriba y adelante, el segmento lumbar con un ángulo direccionado hacia arriba y atrás, el segmento torácico y cervical con un ángulo direccionado hacia arriba y adelante. El ángulo de la cabeza en la postura ideal está en 90° con respecto a la línea central. Un ángulo menor a 90° representa una extensión y un ángulo mayor a 90° representa una flexión. Se entiende que las distancias de los segmentos corporales lumbares, torácicas y cervicales corresponden al grado curva lordótico o cifótica.

De igual manera, en el plano coronal, la postura de mayor estabilidad es la en que la columna vertebral y cabeza no se desvían de la línea central. Se entiende que en ésta postura, el segmento pélvico se encuentra a un ángulo de 90° positivos en el lado derecho. Así, se entiende un oblicuo pélvico derecho (la pelvis derecha se encuentra más inclinada que la pelvis izquierda) por presentarse cuando el ángulo de este segmento es menor a 90° , y un oblicuo pélvico izquierdo (la pelvis izquierda se encuentra más inclinada que la pelvis derecha) por presentarse cuando el ángulo de este segmento es mayor a 90° .

En el plano transversal, la postura de mayor estabilidad es la en que no se presenta una rotación en ninguno de los segmentos corporales en este plano. Así, cada segmento se encuentra a un ángulo de 90° positivo en el lado derecho. Desde la vista superior de este plano, una rotación menor a 90° en el lado derecho se entiende como una rotación en contra de las manecillas del reloj, una rotación anterior derecha y una rotación mayor a 90° en el lado derecho se entiende como una rotación con las manecillas del reloj o una rotación anterior izquierda.

Segmentos corporales, Puntos de referencia corporales

El método GOSS en bípedo identifica los siguientes segmentos que requieren la medición de una distancia que han sido seleccionados en el método GOSS-Petrocci sedente (Ver Figura 4). En el plano sagital se identifican los segmentos corporales lumbar, torácico y cervical en los cuales se mide la distancia entre el ápex de la curva y la línea central sagital. En el plano coronal se identifica un segmento cuya medición corresponde a la distancia entre el ápex de la curva (se toma una medición individual por cada curva que presenta en este plano) y la línea central coronal. En el plano transversal se identifican los segmentos pélvico, torácico-lumbar y cabeza en los cuales se mide el ángulo entre la línea de referencia del segmento y la línea central transversal. La línea de referencia del segmento pélvico es la formada entre las espaldas ilíacas posterior superior en la vista posterior, y

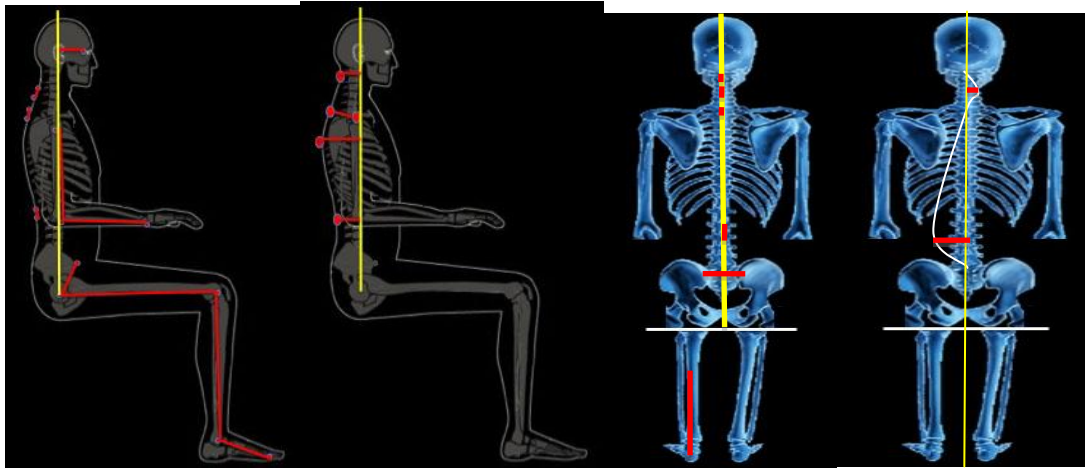
las espinas iliacas anterior superior en la vista anterior. La línea de referencia del segmento torácico-lumbar es la formada entre la articulación acromio-clavicular derecho e izquierdo. Vale mencionar que dentro del segmento torácico-lumbar se puede tener mayor a una curva con diferentes curvas rotacionales que generalmente corresponden a las curvas presentes en el plano coronal. En este caso se forma una línea de referencia por cada segmento con una curva rotacional distinta al nivel del ápex de la curva. La línea de referencia del segmento cabeza es la formada entre la pabellón auricular de la oreja derecha e izquierda.

Parámetros- Otras Referencias

Segmentos corporales, Puntos de referencia corporales

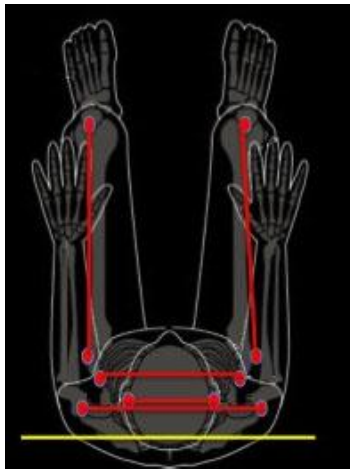
El método GOSS en bípedo no identifica unos segmentos que requieren medición para describir la postura en sedente. Estos segmentos han sido seleccionados y modificados de otras referencias (Ver Tabla 2). En el plano sagital se identifican los segmentos pélvico, lumbar, torácico, cervical inferior, cabeza (tomados en la vista derecha), brazo superior, brazo inferior, pierna superior, pierna inferior, pie (tomados en la vista derecha e izquierda) que requieren medición en ángulo y el segmento escapular que requieren medición en distancia. En el plano coronal se identifica los segmentos pélvico, lumbar, torácico, cervical inferior, cabeza y pierna inferior que requieren medición en ángulo. En el plano transversal se identifica los segmentos pélvicos y pierna superior (derecha e izquierda) que requieren medición en ángulo.

Los puntos de referencia corporales son: el trocánter mayor del fémur bilateral, la espina iliaca anterior superior bilateral, el apófisis espinosa de L1, T12, T1, C7, C5, C3, el occipus, el acromion, la tuberosidad mayor del humero bilateral, el epicóndilo lateral del humero bilateral, el proceso estiloides del cubito bilateral, el punto central entre los cóndilos femorales bilateral, el cóndilo lateral femoral bilateral, la cabeza del peroné bilateral, maléolo lateral bilateral, el quinto metatarsiano lateral bilateral, el punto central de la masa muscular de la pantorrilla (vista posterior) y el punto central del calcáneo. Se pueden ver en detalle los segmentos corporales a que corresponden estos puntos de referencia corporales en Tabla 2.



a) C

d)



e)

Figura 4. Segmentos corporales por plano corporal

a) Sagital (ángulos); b) Sagital (distancias); c) Coronal (ángulos); d) Coronal (distancias); e) Transverso (ángulos)

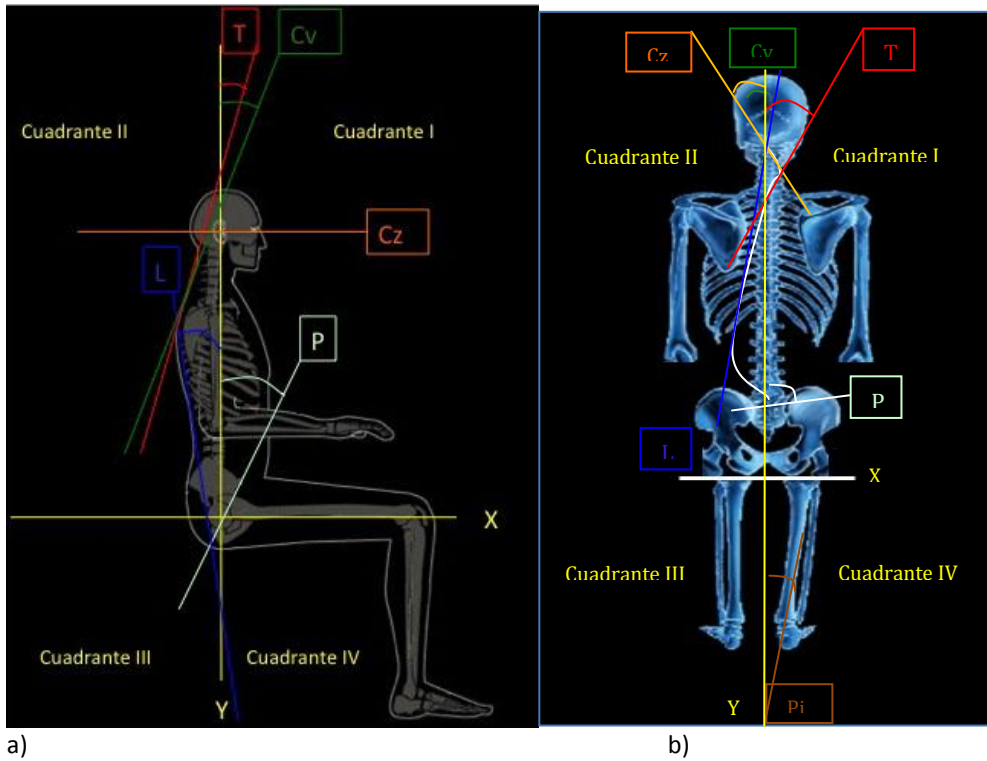


Figura 5. Sistema de Referencia y medición de ángulos de segmentos corporales

a) Plano Sagital; b) Plano Coronal (con 2 curvas escolióticas)

P= segmento pélvico; L= segmento lumbar; T= segmento torácico; Cv= segmento cervical; Cz= segmento cabeza; Pi= Pierna inferior

Tabla 2.

Método GOSS-Petrocci: Segmentos corporales y su medición por plano corporal

Plano	Tipo de Medición	Segmento	Término	Referencia (Línea o punto) del Segmento	Referencia (Línea o punto) Global	Referencia Bibliográfica
Sagital	Angulo	Pélvico	Anteversión, Retroversión	Línea entre el trocánter mayor del fémur y la espina iliaca anterior superior	LCS	Modificado de Perry (2008)
		Lumbar	Flexión, Extensión	Línea entre el apófisis espinoso de T12 y L1		Modificado de Kapandji (1998)
		Torácico		Línea entre el apófisis espinoso de C7 y T1		
		Cervical Inferior		Línea entre el apófisis espinoso de C3 y C5		
		Cabeza		Línea entre el punto externo del ojo y el punto medio del trago de la oreja		
		Brazo Superior *		Línea entre la tuberosidad mayor del humero y el epicondilo lateral del humero		Modificado de Waugh, Crane (2012)
		Brazo Inferior *	Flexión, Extensión	Línea entre el epicondilo lateral de humero y el proceso estiloides del cubito	Línea entre la tuberosidad mayor del humero y el epicondilo lateral del humero	Modificado de Taboadela (2007)
		Pierna Superior *		Línea media de la pelvis	Línea entre el trocánter mayor del fémur y el cóndilo lateral del fémur	Modificado de Taboadela (2007)
		Pierna Inferior *		Línea entre el trocánter mayor del fémur y el cóndilo lateral del fémur	Línea entre el cóndilo lateral del femar y el maléolo lateral	Modificado de Taboadela (2007)

	Pie *	Dorsiflexión, Plantiflexión	Línea entre la cabeza del peroné y el maléolo lateral	Línea entre el maléolo lateral y el longitud del quinto metatarsiano lateral del pie	Modificado de Taboadela (2007)
	Curva Lumbar	Desplazamiento	Línea horizontal que emerge del apófisis espinoso del ápex de la curva	LCS	Modificado de Sondergaard (2010), GOSS
	Curva Torácico		Línea horizontal que emerge del apófisis espinoso del ápex de la curva		GOSS
	Curva Cervical		Línea horizontal que emerge del apófisis espinoso del ápex de la curva		GOSS
	Escapular		Distancia entre la apófisis espinosa de C7 y el borde anterior del acromion		Perry (2008)
Coronal	Pélvico (posterior)	Inclinación D, I	Línea horizontal que pasa por las espinas iliacas posterior superior	LCC	Modificado de Canhadas Belli et al (2009)
	Lumbar		Línea entre el apófisis espinoso de T12 y L1		Modificado de Kapandji (1998)
	Torácico		Línea entre el apófisis espinoso de C7 y T1		
	Cervical Inferior		Línea entre el apófisis espinoso de C3 y C5		
	Cabeza		Línea entre la Protuberancia Occipital y el apófisis espinoso de C2		GOSS- Petrocci
	Pierna Inferior		Línea entre el punto central de la masa muscular de la pantorrilla y el punto central del calcáneo		
	Distancia	Curva Ápex **	Desplazamiento	Línea horizontal que emerge del apófisis espinoso del ápex de la curva	GOSS

Transverso	Angulo	Pélvico	Rotación	Línea entre los puntos centrales de la cresta iliaca D, I	LCT	Waugh, Crane (2012)
		Torácico-lumbar**		Línea entre la articulación acromioclavicular derecha e izquierda		Modificado de Normand (2007), GOS
		Cabeza		Línea entre el pabellón auricular de la oreja derecha e izquierda		
		Pierna Superior	Separación	Línea entre la espina iliaca anterior superior y el punto central entre los cóndilos femorales		Modificado de Taboadela (2007)
*Se realiza mediciones en ambos lados						
** Se puede tener una o más mediciones de acuerdo a las curvas presentes						
LCS= Línea vertical que emerge del punto central del Trocánter Mayor						Perry 2008
LCC= Línea vertical que pasa por el punto central de S1 (punto central entre las espinas iliacas posterior superior)						GOSS
LCT= Línea horizontal paralelo al superficie de la silla						GOSS

Mecanismos

Instrumentos de medición

Se identifican los siguientes instrumentos para la aplicación del método GOSS-Petrocci.

1. Silla de prueba: La silla debe estar sin espaldar y con asiento firme y plano (sin contorneo). La silla debe ser de una altura que permite la ubicación de ambos miembros inferiores sobre el piso. Esta silla debe ser siempre la misma utilizada para no generar diferencias en las mediciones que resultan como un factor de la silla de prueba.
2. Cuadrícula: Se requiere de una cuadrícula de tamaño 1m x 1.5m con cuadros de 3 x 3cm que se coloca en cada plano: sagital vista derecha e izquierda, coronal vista anterior y posterior, trasverso vista superior. En el plano transversal se coloca sobre el piso y se utiliza para establecer la posición de prueba. En los planos sagital y coronal la cuadrícula se puede colocar sobre la pared o sobre un soporte móvil para colocar en cada vista.
3. Marcadores: Los marcadores deben ser pre-cortados en cinta reflectiva con un diámetro de 1cm.
4. Calibrador antropométrico
5. Cámara digital y trípode
6. Laser
7. Software (ImageJ)

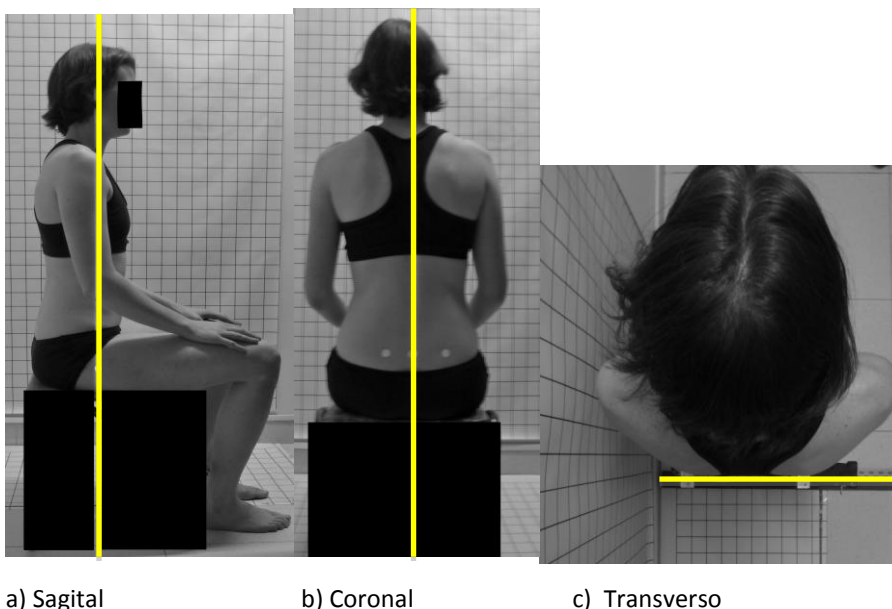


Figura 6.

Posición de prueba y Línea central en el plano

Protocolo de Medición

Se identifican los siguientes 10 pasos en el protocolo de uso requeridos para la aplicación del método GOSS-Petrocci. El sujeto siempre debe utilizar ropa que permite acceso a los puntos de referencia. Se recomienda el uso de ropa interior.

1. Establecer la posición de prueba: La posición de prueba se demuestra en Figura 6. La silla de prueba se posiciona en el rincón mirando hacia la pared y de una distancia de 1 metro de cada pared. Se coloca o se da las instrucciones verbales al paciente para adaptar la posición de prueba en pedir que se siente en el centro del asiento mirando hacia delante con los pies sobre el piso y con los miembros superiores sobre los muslos en una posición relajada. Se coloca la cuadrícula sobre la pared o sobre un soporte movable como fondo de la foto tomado en cada plano.
2. Ubicación de los puntos de referencia corporales: Se recomienda que primero se limpia la piel para quitarla de aceites. Después, se marca todas las apófisis espinosas de la columna vertebral con un marcador permanente utilizando las técnicas de palpación documentadas por Hoppenfeld (1976). Luego, se ubican los puntos de referencia en los 3 planos y se identifican con los marcadores pre-cortados (de 1cm de diámetro) en cinta reflectiva.
3. Ubicación de la línea central sagital: Se posiciona el laser para que la línea de luz pasa por el punto central del trocánter mayor del fémur.
4. Tomar la foto en plano sagital: Se posiciona la cámara digital montado en su trípode 1 metro de distancia de la silla de prueba en la vista derecha. (Se repite paso 3 y 4 en la vista izquierda).
5. Ubicación de la línea central coronal: Se posiciona el laser para que la línea de luz pasa por el punto central de S1 (el punto central entre las espinas iliacas posterior superior). En el caso que la persona presenta un oblicuo pélvico se posición la pelvis en neutro primero para ubicar la posición de mayor estabilidad y se posiciona el laser para que emerge del punto central entre las espinas iliacas posterior superior. Luego se suelta la pelvis de su posición en neutro a su posición actual.
6. Tomar la foto en el plano coronal: Se posiciona la cámara digital montado en su trípode una distancia de 1 metro de la silla de prueba en la vista posterior.
7. Ubicación de la línea central transversal: Se posiciona el laser para que la línea de luz pasa horizontal al piso sobre el borde posterior del asiento.

8. Tomar foto en plano transverso: Se posiciona la cámara digital montado en su trípode 1 metro de distancia de la silla de prueba en la vista posterior.
9. Análisis de la foto con el softwareImageJ.
10. Documentación de resultados en hoja de valoración.

Discusión

Los elementos en esta sección están organizados en el siguiente orden: Parámetros (Sistema de referencia, Segmentos corporales y puntos de referencia corporales), Mecanismos (instrumentos de medición y protocolo de uso).

Parámetros

Sistema de referencia

Estudios como Canhadas Belli, Chávez, Siriani de Oliveira y Bevilaqua (2009) y Perry et al (2008) documentan segmentos corporales cuya medición se entiende con respecto a una línea vertical. Esta línea vertical puede ser diferente en cada segmento haciendo que con varias líneas de referencia, se puede entender la interacción entre un segmento de la columna y otro globalmente pero no permite entender la postura a partir de la base de sustentación (Canhadas Belli et al, 2009). Así es el caso, también, con las mediciones realizadas con base en una fórmula similar a la utilizada en el método Cobb, en el cual se entiende el ángulo de una curva representado por dos segmentos corporales pero que no se relacionan con la base de sustentación o una postura ideal. De esta manera no permite entender la totalidad de la postura, la combinación de una curva con una desviación del centro de gravedad o un oblicuo pélvico y así cualquier intervención basada en este análisis tratará a un segmento pero no la totalidad del cuerpo.

La línea vertical de referencia también ha sido documentado como una línea plomada que en el estudio de Perry et al (2008), se utilizaron para calibrar distancia y corregir la alineación de ángulos verticales. Se reconoce que una línea plomada, ya que emerge de un punto rostral, tampoco representa la postura desde la base de sustentación. De igual forma, otros estudios documentan el uso de una línea vertical de referencia que se ubica a una distancia fuera del sujeto (Dunk, Chung, Compton&Callaghan, 2004). Los mismos autores reportan que este tipo de medición no produce mediciones de las curvas espinales relevantes biológicamente. El estándar ISO utiliza dos sistemas de referencia, LAS y WAS, ambos que no se relacionan con la base de sustentación ni la posición de mayor estabilidad de la persona

Por tal razón, los autores del presente estudio realizaron una adaptación del método de medición postural GOSS en bípedo con base principalmente en el sistema de referencia que es distinto a lo presentado en otros métodos y estudios. Se considera que este método ofrece una manera de entender y analizar la postura de acuerdo a la posición de mayor estabilidad y la medición

de cada segmento es una representación directa del segmento con respecto a la postura ideal del individuo, la postura de mayor estabilidad. La postura de mayor estabilidad en cada plano es la que emerge del punto central sobre la base de sustentación y está representado por la línea central identificado en cada plano corporal. Cada segmento, independientemente de si el segmento requiere una medición en ángulo o distancia, se entiende por su relación con respecto a la línea central, lo cual permite realizar un análisis completo de la postura con respecto a la postura de mayor estabilidad.

Adicionalmente, los índices posturales deben ser útiles no solamente en usuarios no patológicos sino también para caracterizar una patología específica (Fortín et al, 2011) y los autores del presente estudio consideran que el sistema de referencia presentado en el método GOSS permite lo mismo.

Segmentos corporales, Puntos de referencia corporales

De acuerdo a Fortinet al (2011), se recomienda que un índice postural debe representar todos los segmentos corporales (cabeza: flexión/extensión, flexión lateral, rotación; posición del tronco; posición de la pelvis/ cadera: retroversión/anteversión, inclinación lateral; posición de las escapulas, miembros superiores, rodillas y pies; curvas espinales sagitales). El estándar ISO identifica 10 segmentos que pueden ser tomados en diferentes planos por un total de 17 mediciones requeridas para demostrar la postura entre los tres planos. Los autores reportaron que esto fue el número más conciso de segmentos necesarios para correctamente representar la postura.

Los autores del presente estudio, en el método GOSS-Petrocci, nombran 15 segmentos y un total de 25 mediciones que incluyen todos los segmentos sugerido por Fortín et al (2011) y segmentos adicionales esenciales. Se entiende que en aumentar el número de segmentos la aplicación del método demora más tiempo, sin embargo, se considera que otros métodos no consideran que algunas mediciones sean esenciales.

Se seleccionaron segmentos con base en la clasificación y función anatómica de las vértebras. Como reportado por Kapandji (1988) y Nordin et al (2001) las vértebras están clasificados en lumbares, torácicos y cervicales por su anatomía estructural que permiten distintos movimientos en los tres planos. Por esta razón un método de valoración postural debe contener mediciones que representan cada uno de estas clasificaciones de vértebras. Adicionalmente, ya que la pelvis forma la base de funcionamiento de la columna vertebral, es necesario incluirlo como segmento aparte. Se seleccionaron los puntos de referencia corporales reportados por Perry et al (2008), el trocánter mayor del fémur y la espina iliaca anterior superior, para formar la línea del segmento pélvico ya que

mostró confiabilidad en su medición con fotometría. Perry et al (2008) relación este segmento con la línea vertical que pasa por el trocánter mayor del fémur y misma línea central sagital utilizado en el método GOSS-Petrocci. Se seleccionaron dos vértebras continuas, la última del segmento superior y la primera del segmento inferior para representar los segmentos lumbar (T12 y L1) y torácico (C7 y T1). El segmento cervical se divide en dos segmentos cervical inferior y cabeza ya que la mayor función del cervical inferior C2- C7 es flexión en el plano sagital y de C1-C2 es rotación en el plano transverso. Incluso, Kapandji (1988) reporta que la mayoría de flexión cervical ocurre entre las vértebras C3-C5 y por tanto se seleccionó estas dos vértebras como los puntos de referencia corporales para representar el segmento cervical inferior. El segmento de cabeza que corresponde a la articulación entre vértebras C1 y C2 está representado por la línea entre el punto externo del ojo y el punto medio del trago de la oreja, como reportado por Kapandji (1988).

En el plano transverso, se identificaron cuatro segmentos en la columna: pélvico, torácico-lumbar y cabeza. Se entiende que en este plano los movimientos de la columna torácica siguen en la misma dirección los movimientos de la columna lumbar y que no han sido reportados puntos de referencia óseos que pueden representar por aparte estos dos segmentos. Por tanto y como reportado en Normandet al (2007), se seleccionó las articulaciones acromio-clavicular derecho e izquierdo como los puntos de referencia corporal que representa el segmento torácico-lumbar ya que en este artículo mostró confiabilidad excelente inter- e intra-juez (ICC= 0.84) tomado en posición bípeda.

El método GOSS-Petrocci, adicionalmente, mide los segmentos escapula (modificado de Perry et al (2008)), brazo superior (modificado de Waugh et al (2012)), brazo inferior, pierna superior, pierna inferior y pie (mediciones de goniometría modificadas de Taboadela (2007)) ya que son necesarios para entender completamente la postura en sedente y su relación al posicionamiento para la propulsión de una silla de ruedas y el componente distal de la base de sustentación. En los miembros inferiores, se miden el segmento pierna superior en el plano sagital y transverso para conocer el grado de flexión o extensión y separación de piernas en la posición sedente; el segmento pierna inferior en el plano sagital y coronal para conocer el grado de flexión o extensión de rodilla e inclinación de la tibia. La inclinación tibial, normalmente, presenta cuando hay una rotación externa o interna presente a la cadera y se anticipa que será relacionada con la medición de separación de las caderas. Se mide el segmento pie en el plano sagital para conocer el grado de dorsiflexión o plantiflexión.

El estándar ISO, en la formación de los segmentos corporales, no permite la medición además que un ángulo espinal en el segmento torácico en el plano coronal y transversal. En el plano coronal utilizan un segmento pélvico y varios segmentos cervicales pero no tiene un segmento lumbar, torácico o lumbo-torácico lo cual no permite la medición de una curva escoliótica en “C” ni en “S”. En el plano transversal si utilizan un segmento torácico pero no se considera que pueda haber curvas distintas rotacionales. Por tanto, el método GOSS-Petrocci requiere la medición por aparte de las curvas que se pueden presentar en los planos sagital (las curvas fisiológicas de lordosis lumbar, cifosis torácica y lordosis cervical), coronal y transversal y a través de la medición de la distancia del ápex de la curva a la línea central del plano. Así que cada persona tiene una presentación única en cuanto a su postura es importante que mientras un método de medición esté estandarizada que permite la libertad de tomar todas las mediciones necesarias dependiendo del individuo. El método GOSS-Petrocci se basa en la valoración individual de cada persona, entiende que la presentación de la postura es única y de esta forma estandariza la medición de curvas adicionales presentes en un segmento corporal sin la necesidad de definir segmentos adicionales.

Mecanismos

Instrumentos de medición

El uso de fotografía para calcular ángulos corporales en el plano sagital y coronal ya que la adquisición de fotografía está rápida, fácil y accesible en el entorno de la clínica. Técnicas manuales que incluyen entre otros la goniometría puede ser un proceso bastante largo en el cual la persona puede mover durante la valoración que puede afectar la validez de las mediciones. (Fortín et al, 2011) Los autores del presente estudio seleccionaron la fotometría con uso de cinta reflectiva y el laser que marca la posición de mayor estabilidad de la persona lo cual permite una aplicación fácil y rápida tanto para el paciente como el clínico que ha mostrado ser un método válido en otros estudios utilizando software computador que mide ángulos y distancias (no cabe dentro de los propósitos de este estudio).

Se seleccionó el software ImageJ como el software de análisis fotográfica ya que es un software de libre acceso y disponible en versiones para MacOSX, Microsoft Windows y Linux. Este software puede demostrar, editar, analizar, procesar, guardar e imprimir imágenes en formatos como permite el análisis de ángulos y distancias, lo requerido dentro de este método además que TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, y FITS. Dentro de sus funciones de análisis permite afinar bordes, filtrar, rotar las imágenes y medir ángulos y distancias en varias unidades de medición.

Se estima que el costo de todos los instrumentos necesarios en el método es menor a \$600 USD, dependiendo del estilo de cámara y laser que se compre y así se considera que el método GOSS-Petroccies un método económico.

Protocolo de Medición

Se diseñó el protocolo con base en técnicas que permiten estandarizar las tomas con el fin de evitar factores de error en cuanto al posicionamiento del usuario (en la utilización de la misma silla), colocación de marcadores sobre los puntos de referencia corporales (el uso de marcadores preformados y ropa ajustada al cuerpo que permite el acceso a todos los puntos) y en la toma de fotografías (manejo de distancia de ubicación del laser y de la cámara sobre el trípode).

Limitaciones

Los autores reportan limitaciones en el presente estudio en cuanto a la inhabilidad de determinar valores de normatividad utilizando este método que pueden ser comparados a valores de normatividad presentados en otros estudios en población sana. Adicionalmente, los índices posturales deben ser estudiados por su validez, confiabilidad y la medida de error estándar (Standard Error Measurement- SEM) (Fortín et al, 2011) lo cual no se trató dentro del propósito del presente estudio, pero que se espera en un estudio en el futuro.

Conclusiones

El método de medición tri-planar GOSS-Petroccide la postura en sedente es un método que permite entender la postura del usuario de acuerdo a la posición de mayor estabilidad o postura ideal. El análisis comprehensivo de la postura en este método permite su uso en una población sin patología, con una patología asociada a la postura, y en una variedad de campos como ergonomía, rehabilitación neurológica, ortopedia, y temas asociados al posicionamiento para mejor funcionamiento en una silla de ruedas. Se recomienda el uso de este método en entornos de la clínica tal y como investigativos por su fácil aplicación con instrumentos accesibles.

Hoja de Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes (Sandra Milena Castro P, Paula Andrea Peñaranda V, Shirley Vanessa Rincón U, Mónica Fernández Lozada Devi Geesel Peñaranda Flórez, Eliana Fernanda Montenegro R, Martha Isela Córdoba Z, Paola Andrea Nustes Peña, Sandra Rocío Rodríguez, YassizaYidid Salcedo, Margarita Suarez, Gerardo A Tobito Cuberos) de la Especialización en Neurorehabilitación Cohorte III de la facultad de Fisioterapia de la Escuela Colombiana de Rehabilitación, por su participación en llevar acabó esta investigación. Adicionalmente a Beatriz Bravo, estudiante de fisioterapia de la Escuela Colombiana de Rehabilitación por su soporte en la modificación de algunas figuras.

LISTA DE REFERENCIAS

- Akel I, Pekmezci M, Hayran M, Genc Y, Kocak O, Derman O, et al. (2008). Evaluation of shoulder balance in the normal adolescent population and its correlation with radiological parameters. *Eur Spine J*, 17,348-54.
- Alm M, Gutierrez E, Hultling C, Saraste H. (2003). Clinical evaluation of seating in persons with complete thoracic spinal cord injury. *Spinal Cord*, 41, 563-71.
- Asher, MA; Cook, LT. The transverse plane evolution of the most common adolescent idiopathic scoliosis deformities. A cross-sectional study of 181 patients. (1995). *Spine*, 20(12):1386-91.
- Barrey, C. Jund, J. Nosedá, O. Roussouly, P. (2007). Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases.
- Bialek M. (2011). Conservative treatment of idiopathic scoliosis according to FITS concept: presentation of the method and preliminary, short term radiological and clinical results based on SOSORT and SRS criteria. *Scoliosis* 2011, 6:25.
- Black, K; McClure, P; Polansky, M. (1996). The Influence of Different Sitting Positions on Cervical and Lumbar Posture. *Spine*, 21(1), 65-70.
- Boulay, C; Tardieu, C; Hecquet, J; Benaim, C; Mouilleseaux, B; Marty, C; Prat-Pradal, D; Legaye, J; Duval-Beaupère, G; Pélissier, J.(2006). Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J*, 15: 415-422.
- Brink, Y; Crous, L; Quinette, A, Grimmer-Somers, K; Schreve, K. (2009). The association between postural alignment and psychosocial factors to upper quadrant pain in high school students: A prospective study. *Manual Therapy*, 14, 647–53.
- Canhadas Belli, JF; chaves, TC; Siriani de Oliveira, A; Bevilacqua, D. (2009). Analysis of body posture in children with mild to moderate asthma. *European J Ped*, 168(10), 1207-16).
- Cholewicki J, Polzhofer GK, Radebold A. (2000). Postural Control of Trunk during unstable sitting. *J Biomechanics*, 33, 1733-7.
- Claus AP, Hides JA, Moseley GL, Hodges PW. (2009). Different ways to balance the spine: subtle changes sagittal spinal curves affect regional muscle activity. *Spine*. 34 (6), E208–E214.
- Claus, A; Hides, J; Moseley, G; Hodges, P. (2009). Is "Ideal" sitting posture Real? Measurement of spinal curves in four sitting postures. *Manual Therapy*, 14, 404–408.
- Deffeyes, J; Harbourne, R; DeJong, S; Kyvelidou, A; Stuberg, W; Stergiou, N. (2009). Use of information entropy measures of sitting postural sway to quantify developmental delay in infants. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6(34), 1-14.

- De Rosario, H; Page, A; Porcar, R; Mata, V; Hoyos, J; Begoña, M. (2006). Measure of trunk 3D kinematics in sitting posture by stereophotogrammetry. Implications for seat design. Institute of Biomechanics of Valencia.
- Del Sol, M; Hunter, K. (2004) Evaluación postural de individuos Mapuche de la zona costera de la IX región de Chile. *Int J Morphol*, 22 (4): 339-342.
- Dunk, NM; Chung, YY; Compton, DS; Callaghan, JP. (2004). The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. *Manipulative Physiol Ther*, 27(2), 91-6.
- Ferguson-Pell, MW; Wilkie IC; Reswick B, Barbenal JC. (1980). Pressure sore Prevention for the Wheelchair Bound Spinal Injury Patient. *Paraplegia*, 42-51.
- Fortin, C; Ehrmann, D; Cheriet, F; Labelle, H. (2011). Clinical methods for quantifying body segment posture: a literature review. *Disability and Rehabilitation*, 33(5), 367-83.
- Gomez, JM. (2012). Tratamiento de la escoliosis idiopática basado en alineación, equilibrio y estabilidad: sistema GOSS. Orthopadie-Technik. Edición Española III: 3-6.
- Goossens RH, Snijders CJ, Fransen T. (2000). Biomechanical analysis of the dimensions of pilot seats in civil aircraft. *Applied Ergonomics*, 31, 9-14.
- Grimmer, K; Dansie, B; Milanese, S; Pirunsan, U; Trott, P. (2002). Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomised controlled experimental study. *BMS Musculoskeletal Disord*, 3:10.
- Harrison, DD; Harrison, SO; Croft, AC; Harrison, DE; Troyanovich, SJ. (2000). Sitting biomechanics, Part II: optimal car driver's seat and optimal driver's spinal model. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*. 23(1), 37-47.
- Hirose, H. (2005). Development of clinical methods for measuring geometric alignment of the thoracic and lumbar spines of wheelchair-seated persons. *Journal of rehabilitation research & development*, 42 (4), 437-46.
- Hoppenfeld, S. (1976). Physical Examination of the Spine and Extremities. Appleton Century Crofts: East Norwalk, CT
- Kamper, D; Pamianpur, M; Barin, K; Adams, T; Linden, M; Hemami, H. (1999). Postural stability of wheelchair users exposed to sustained, external perturbations. *J Rehabil Res Dev*, 36(2): 121-32.
- Kapandji, IA. (1988). Cuadernos de Fisiología: Esquemas comentados de mecánica articular. Masson, SA: Barcelona.
- Kim, MK; Lee, S; Kim, E; Chung, S; Lee, C. (2011). The impact of sagittal balance on clinical results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: A Pilot Study. *BMC Musculoskeletal Disord*, 12(69), 1-8.
- Levangie, PK; Norkin, CC. (2001). Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis, 3ª Ed. FA Davis Co: Philadelphia.

- Lewis, J; Valentine, R. (2010). Clinical measurement of the thoracic kyphosis. A study of the intra-rater reliability in subjects with and without shoulder pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11 (39), 1-7.
- Mitchell, T; O'Sullivan, P; Burnett, A; León, S; Smith, A. (2008). Regional differences in lumbar spinal posture and the influence of low back pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9 (152), 1-11.
- Makhsous, M; Lin, F; Bankard, J; Hendrix, R; Hepler, M; Press, J.(2009). Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial and lumbar support on occupational low back pain: evaluation of sitting load and back muscle activity. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10 (17), 1-11.
- Mohsen, M, Cichowski, A; Cheng, I; Fasanati, C; Grant, T; Hendrix, R; Lin, F. (2009). Tissue thickness overlying the ischial tuberosity in a simulated sitting posture through measurement on MRI images. *Clinical Anatomy*, August, under revision).
- Nordin, M; Frankel VH. (2001) *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*, 3ª Ed. McGraw Hill: Madrid.
- Normand, MC; Descarreaux, M; Harrison, DD; Harrison, DE; Perron, DL; Ferrantelli, JR; Janik, TJ. (2007) Three dimensional evaluation of posture in standing with the Posture Print: an intra- and inter-examiner reliability study. *Chiropractic Osteopathy*, 15(15).
- Olaru, A; Parra Farré, J; Balius, R. (2006). Estudio de validación de un instrumento de evaluación postural (SAM, spinal analysis machine). *Apunts Medicina de L'Esport*, 150, 51-9.
- O'Sullivan, K; O'Dea, P; Dankaerts, W; O'Sullivan, P; Clifford, A. O'Sullivan, L. (2010). Neutral lumbar spine sitting posture in pain-free subjects. *Manual Therapy*, 15, 557-61.
- Perlmutter, S; Lin, F; Makhsous, M. (2010). Quantitative analysis of static sitting posture in chronic stroke. *Gait and posture*, 32, 53-56.
- Perry, A; Smith, L; Straker, L; Coleman, J; O'sullivan, P. (2008). Reliability of sagittal photographic spinal posture assessment in adolescents. *Advances in Physiotherapy*, 10, 66-75.
- Petersen, C; Zimmermann, C; Cope, S; Bulow, M; Ewers-Panveno, E. (2008). A new measurement method for spine reposition sense. *J NeuroEngineering and Rehabilitation*, 5 (9), 1-11.
- Prins, Y; Crous, L; Louw, QA. (2008). A systematic review of posture and psychosocial factors as contributors to upper quadrant musculoskeletal pain in children and adolescents. *Physiotherapy Theory Pract*, 24(4): 221-42.
- Sheeran, L; Sparkes, V; Busse, M; Van Deursen, R. (2010). Preliminary study: reliability of the spinal wheel. A novel device to measure spinal postures applied to sitting and standing. *European Spine J*, 19, 995- 1003.
- Shirado, O; Kawase, M; Minami, A; Strax, T (2004). Quantitative Evaluation of Long Sitting in Paraplegic Patients with Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 85, 1251-6.

- Sondergaard, K; Olesen, C; Sondergaard, E; Zee, M; Madeleine P. (2010). The variability and Complexity of sitting postural control are associated with discomfort. *JBiomechanics*, 43, 1997-2001.
- Straker, LM; O'Sullivan, PB; Smith, AJ; Perry, MC; Coleman, J. (2008). Sitting spinal posture in adolescents differs between genders, but is not clearly related to neck/shoulder pain: an observational study. *Australian J Physiotherapy*, 54: 127-133.
- Thornton, M; Sveistrup, H. (2010). Intra- and inter-rater reliability and validity of the Ottawa Sitting Scale: a new tool to characterize sitting balance in acute care patients. *Disability and Rehabilitation*, 32(19), 1568–75.
- Triolo, R; Boggs, L; Miller, M; Nemunaitis, G; Nagy, J; Bailey, SN. (2009). Implanted Electrical Stimulation of the Trunk for Seated Postural Stability and Function after Cervical SCI: A Single Case Study. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(2): 340-7.
- Van Niekerk, S; Louw, Q; Vaughan, C; Grimmer-Somers, K; Schreve, K. (2008). Photographic measurement of upper-body sitting posture of high school students: a reliability and validity study. *BMC Musculoskelet Disord*, 9 (113), 1-11.
- Waugh, K; Crane, B. (2012). Measuring Wheelchair Seated Posture and Seating Supports: Standardization of Terms and Methodologies. International Seating Symposium. Vancouver, Canada. March 7-9, 2012.
- Wong, W; Sang Wong, M. (2008). Trunk posture monitoring with inertial sensors. *European Spine J*, 17, 743–53.
- Zhu, Z; Zhao, Q; Wang, D; Yu, Y; Qian, B; Ding, T; Qiu, Y. (2011). Scoliotic posture as the initial symptom in adolescents with lumbar disc herniation: its curve pattern and natural history after lumbar discectomy. *BMC Musculoskelet Disord*, 12(216), 1-8.

Anexo 1

Segmentos corporales y su medición en sedente por plano corporal

Plano	Tipo de Medición	Segmento Corporal	Línea o punto de Referencia 1	Línea o punto de Referencia 2	Fuente Bibliográfica
Sagital	Angulo	Cabeza	Línea entre el punto externo del ojo y el punto medio del trago de la oreja	Línea horizontal por el centro del trago de la oreja	Van Niekerk (2008); Brink et al. (2009)
			Línea entre el punto externo del ojo y el punto medio del trago de la oreja	Línea vertical por el centro del trago de la oreja	Perry (2008)
		Craneo-cervical	Línea entre el punto externo del ojo y el punto medio del trago de la oreja	Línea entre el punto medio del trago y C7	Perry (2008)
		Cervical	Línea entre el punto medio del trago de la oreja y la apófisis espinosa de C7	Línea horizontal a través de la apófisis espinosa de C7	Raine et al. (1997) †citado por Fortin et al (2011); Straker et al.(2008); Van Niekerk(2008); Brink(2009)
			Línea entre el trago de la oreja y C7	Línea vertical por C7	Perry (2008)
			Línea que pasa por la apófisis espinosa de C1	Línea que pasa por la apófisis espinosa de T1	Dunk(2005) † como citado por Fortín et al (2011)
		Hombro (Protracción/retracción)	Línea entre el punto medio del húmero y la apófisis espinosa de C7	Línea horizontal por el punto medio del humero	Raine et al (1997) †como citado por Fortín et al (2011);Straker et al (2008); Van Niekerk (2008); Brink (2009)
		Brazo	Línea entre el punto medio del húmero y el epicóndilo lateral del codo	Línea vertical a través del punto medio del humero	Van Niekerk (2008)

		Cervico-torácico	Línea entre el punto medio del trago de la oreja y la apófisis espinosa de C7	Línea entre la apófisis espinosa de C7 y la apófisis espinosa de T12	Perry (2008)
		Torácico	Línea entre T1–T5	Línea entre T5–T10	Claus (2009b)
			Línea de la apófisis espinosa de C7 al centro del borde superior del manubrio	Línea de la apófisis espinosa de T8 y el punto medio del borde superior del manubrio	Van Niekerk (2008); Brink (2009)
			Línea entre la apófisis espinosa de C7 y la apófisis espinosa de T12	Línea entre la apófisis espinosa de T12 y el trocánter mayor del fémur	Perry (2008)
			Línea que pasa por la apófisis espinosa de T1	Línea que pasa por la apófisis espinosa de T12	Dunk (2005) †
		Cifosis torácico (Suma del ángulo encontrado de referencia 1 y 2)	El ángulo de T1-T2 con respecto a vertical	El ángulo T12 -L1 con respecto a vertical	Lewis (2010) †
		Torácico-lumbar	Línea entre T5–T10	Línea entre T10–L3	Claus (2009b)
		Lumbar	Línea entre T10–L3	Línea entre L3–S2	Claus (2009b)
			Línea entre la apófisis espinosa de T12 y la espina iliaca anterior superior	Línea entre la espina iliaca anterior superior y el trocánter mayor del fémur	Perry (2008)
			La apófisis espinosa de L1 y S2	El punto representante del punto perpendicular más distante de la línea entre L1 y S2	Sondergaard (2010)
			Línea que pasa por la apófisis espinosa de T12	Línea que pasa por la apófisis espinosa de S1	Dunk (2005) †
		Pélvica	Línea entre el trocánter mayor del fémur y la espina iliaca anterior superior	Línea vertical por el trocánter mayor del fémur	Perry (2008)
	Distancia Horizontal	Cabeza	La apófisis espinosa de C7	El punto medio del trago de la oreja	Perry (2008)
		Escapular	La apófisis espinosa de C7	El borde anterior del acromion	Perry (2008)

		Lumbar (lordosis)	Línea entre la apófisis espinosa de L1 y S2	El punto representante del punto perpendicular más distante de la línea entre L1 y S2 sobre la apófisis espinosa	Sondergaard (2010)
		Escapular	La apófisis espinosa de C7	El borde anterior del acromion	Perry (2008)
Coronal	Angulo de inclinación lateral	Cabeza	Línea entre el punto central entre los ojos y el punto central del labio superior *	Línea vertical que pasa por el punto central entre los pies**	Normand et al (2007)†
			Línea entre el lóbulo interior de la oreja bilateral	Línea horizontal paralelo al piso	Canhadas Belli et al (2009) †
		Torácica	Línea entre el punto central del esternón y el punto central entre las espinas iliacas anterior superior *	Línea vertical que pasa por el punto central entre los pies**	Normand et al (2007)†
			Línea entre la articulación acromio-clavicular bilateral	Línea horizontal paralelo al piso	Canhadas Belli et al (2009) †
			Línea entre la articulación esterno-clavicular bilateral	Línea horizontal paralelo al piso	Canhadas Belli et al (2009) †
		Pélvica (vista anterior)	Línea entre el punto central entre las espinas iliacas anterior superior y un punto de referencia en el eje X del plano sagital y el eje Z del plano coronal punto *	Línea vertical que pasa por el punto central entre los pies**	Normand et al (2007)†
			Línea entre las espinas iliacas anterior superior bilateral	Línea horizontal paralelo al piso	Canhadas Belli et al (2009) †
		Pélvica (vista posterior)	Línea entre las espinas iliacas posterior superior bilateral	Línea horizontal paralelo al piso	Canhadas Belli et al (2009) †
			Línea entre las espinas iliacas posterior inferior bilateral	Línea horizontal paralelo al piso	Canhadas Belli et al (2009) †
		Torácico Superior, Inferior	Midieron el segmento superior e inferior torácico		Raine and Twomey (1994) en Fortin et al (2011)
		Lumbar Superior, Inferior	El segmento superior e inferior lumbar en pacientes con escoliosis		Raine and Twomey (1994) en Fortin et al (2011)

	Distancia	Cervical	Acromion	Apófisis mastoideo	Taylor et al (1995) como citado por Fortin et al (2011)
		Hombros (Distancia entre las 2 líneas horizontales)	Línea horizontal que pasa por el acromion bilateral	Línea vertical por el pliegue axilar bilateral	Akel et al (2008)†
		Torácico-lumbar	Acromion	Cresta Iliaca	Taylor et al (1995) como citado por Fortin et al (2011)
Transverso	Angulo	Cabeza	Línea entre la aurícula de la oreja derecha e izquierda *	Línea calculada entre los puntos de referencia en el eje X del plano sagital y el eje Z del plano coronal**	Normand et al (2007)†
		Torácica	Línea entre la articulación acromio-clavicular derecha e izquierda *	Línea calculada entre los puntos de referencia en el eje X del plano sagital y el eje Z del plano coronal**	
		Pélvica	Línea entre la espina iliaca anterior superior derecha e izquierda *	Línea calculada entre los puntos de referencia en el eje X del plano sagital y el eje Z del plano coronal**	

* Se infiere a partir del artículo citado

** Se infiere a partir del sistema de referencia referenciado en el artículo citado

† Se indica artículos que tomaron medidas en la posición bípedo

Anexo 2

Criterios de Búsqueda	Lugar	Referencia Bibliográfica	Tipo de Estudio	Nivel de Evidencia (según CEBM)	Temática	Naturaleza	Población	Muestra	Criterio de Inclusión/Exclusión	Variab les Depend ientes	Segmentos Medidos	Procedimi ento del estudio	Tipo de Análisis de datos	Limitaciones
-----------------------	-------	--------------------------	-----------------	---------------------------------	----------	------------	-----------	---------	---------------------------------	-----------------------------------	-------------------	----------------------------------	---------------------------	--------------

Anexo 3

Cronograma

Cronograma- 076													
Año-Semestre	2011-2						2012-1						
Mes	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Enero	Feb	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio
Anteproyecto. Recolección y revisión de los documentos de referencia.													
Diligenciar la matrizanalítica de acuerdo con los documentos recopilados.													
Generar de un cuadro comparativo entre las técnicas documentadas y la técnica GOSS.													
Definir los parámetros y los mecanismos que se necesitan para la medición de la postura en sedente a partir del cuadro comparativo.													
Diseñar la hoja de registro de parámetros identificados para la medición de la postura en sedente.													
Diseñar el protocolo de medición del método de la postura en sedente.													
Preparación de documento final													
Preparación de artículo por publicación													