

Valores normales de propiocepción y lateralidad en la población normal

Autores

Guillermo Alfredo Alvarez Antich

José Carlo Vieira Trujillo

Juan Manuel Herrera Arbelaez

Universidad el Bosque

Facultad de Medicina

Programa de Ortopedia y Traumatología

Bogotá 2014

Valores normales de propiocepción y lateralidad en la población normal

Autores

Dr. Guillermo Alvarez

Dr. José Carlo Vieira Trujillo

Dr. Juan Manuel Herrera Arbelaez

Investigación de postgrado

Investigador

Guillermo Alfredo Alvarez Antich

José Carlo Vieira

Franklin Xavier Bravo

Asesor Clínico

Dr. Juan Manuel Herrera

Dr. Eduardo Reina

Dr. Gabriel Ochoa Del Portillo

Asesor Metodológico

Dra. Ana Marcela Corredor

Universidad el Bosque

Facultad de Medicina

Programa de Ortopedia y Traumatología

Bogotá 2014

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en este trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

## Agradecimientos

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Dr. Juan Manuel Herrera como tutor científico y la Dra. Ana María Corredor como tutora metodológica, agradeciéndoles la dedicación, tiempo y esfuerzo para que este trabajo de investigación culminara de forma satisfactoria.

Agradezco a los profesores Gabriel Ochoa Del Portillo y el Dr. Eduardo Reina su asesoría.

A la Universidad el Bosque por ser nuestra alma mater, promotora y garante de la ejecución de este estudio.

A nuestras familias por ser el soporte emocional durante las horas de estudio, planificación y ejecución de este trabajo de investigación.

## Guía de Contenido

1. Introducción
2. Planteamiento del problema
3. Pregunta de investigación
4. Justificación
5. Marco teórico
6. Objetivos
  - 6.1 General
  - 6.2 Específicos
7. Hipótesis
  - 7.1 Nula
  - 7.2 Alterna
8. Metodología
  - 8.1 Materiales y Métodos
    - 8.1.1 Tipo de estudio
    - 8.1.2 Criterios de inclusión y exclusión
    - 8.1.3 Población y muestreo

8.1.4 Instrumento de recolección de datos

8.1.5 Definición de Variables

8.1.6 Plan de análisis de la información

8.1.7 Posibles sesgos de investigación

9. Consideraciones Éticas

10. Cronograma

11. Presupuesto

12. Resultados

13. Conclusiones

14. Anexos

15. Referencias bibliográficas

16. Resumen

Se establecieron valores de normalidad propioceptiva en la población colombiana sana según la edad, sexo y lateralidad en estudio, mediante la aplicación del test de romberg modificado, esto permitirá conocer objetivamente el estado del paciente con respecto a la población sana, estos parámetros son útiles en la valoración de pacientes, atletas, programas de rehabilitación y/o entrenamiento.

Se estudio si el valor del romberg modificado de la extremidad inferior derecha es diferente de la izquierda, si el valor del romberg modificado varía según la edad, la posibilidad de validar una prueba de lateralidad para las extremidades inferiores y se estableció si el valor del Romberg modificado estaba relacionado con el sexo.

Se realizó un estudio de corte transversal en el que se aplicaron las guías la recolección y medición de datos desde el año 2012 al 2014 a la población que se encontraba en la ciudad de Bogotá-Colombia.

El formato se diseñó en el programa Excel de Office, donde se registró la información obtenida. Se construyó una base de datos. El análisis de los datos arrojaron resultados que nos indica que la variación en el romberg según la edad es estadísticamente significativa, los resultados la propiocepción es dependiente de la edad, ya que a mayor edad esta disminuía ( $p=0,0001$ ), a diferencia del sexo donde vemos que no hay una diferencia significativa ( $p=0,074$ ).

En las prueba realizadas, la del “Balón” fue la prueba del miembro inferior que mostró mayor sensibilidad (97%) y especificidad (71%) para determinar la dominancia del miembro inferior.

## **Abstract**

Values proprioceptive normal in healthy Colombian population were established according to age, sex and laterality study, by applying the test of modified romberg, this will objectively know the status of the patient with respect to the healthy population, these parameters are useful in the assessment of patients, athletes, rehabilitation and / or training.

Was studied if the value of the modified romberg of the right lower extremity is different from the left, if the value of the modified romberg varies with age, the ability to validate a test laterality for the lower extremities and settled if the value of Romberg It was modified with sex.

Cross-sectional study in which the guidelines were applied collection and measurement data from 2012 to 2014 the population that was in the city of Bogotá-Colombia was performed.

The format was designed in Office Excel program, where the information obtained is recorded. A database is built. The data analysis showed results that indicates that the variation in romberg by age is statistically significant, the results proprioception is dependent on age, since older is decreased ( $p = 0.0001$ ), unlike sex we see that there is no significant difference ( $p = 0.074$ ).

In the test performed, with the "ball" was proof of the lower limb showed higher sensitivity (97%) and specificity (71%) to determine the dominance of the lower limb.



## **Introducción**

La propiocepción se define como un complejo sistema de receptores y sensores corporales que mantienen informado al cerebro constantemente sobre cuestiones tan variadas como nuestra posición, estado de contracción muscular o equilibrio.

La lateralidad corporal es la preferencia en razón del uso más frecuente y efectivo de una mitad lateral del cuerpo frente a la otra. Inevitablemente hemos de referirnos al eje corporal longitudinal que divide el cuerpo en dos mitades idénticas, en virtud de las cuales distinguimos dos lados derecho e izquierdo y los miembros repetidos se distinguen por razón del lado del eje en el que se encuentran (brazo, pierna, mano, pie....derecho o izquierdo). Igualmente, el cerebro queda dividido por ese eje en dos mitades o hemisferios que dada su diversificación de funciones (lateralización) imponen un funcionamiento lateralmente diferenciado.

Entendiendo la importancia que tiene el sistema propioceptivo en la estructura general de nuestro funcionamiento y comunicación con nuestro entorno, se pretende establecer la relación que esta tiene con la lateralidad.

El trabajo de investigación tiene como objeto establecer valores propioceptivos en la población sana y determinar cuanto es el deterioro del mismo en el tiempo medido cronológicamente, si tiene o no una influencia el lado dominante. De esta forma se pueden examinar, diagnosticar y determinar en los pacientes que asisten a la consulta externa y/o servicios de urgencias de un centro de salud y establecer si se encuentra dentro de los parámetros normales acorde a su grupo etario.

Nos damos cuenta de la relevancia que esto significa, ya que en la actualidad no se han establecido estos valores ni relaciones entre los dos puntos expuestos, creemos que es un aporte significativo para el desarrollo de la ciencia medica y entrenamiento de cualquier actividad deportiva, por esto nuestro interés en desarrollar este trabajo de investigación.

## **Planteamiento del Problema**

La pérdida propioceptiva de una extremidad se presenta frecuentemente por traumas durante actividades físicas y/o procedimientos quirúrgicos, generando limitación o ineficiencia para la realización de actividades deportivas y/o laborales. Por esto, su recuperación es uno de los objetivos principales de la rehabilitación física, para mejorar tanto el desempeño físico como prevenir futuras lesiones.

Actualmente no existen valores de referencia claros que permitan establecer normalidad o anormalidad ni la magnitud de la alteración. Siendo esto necesarios para evaluar y dirigir el programa de rehabilitación, permitiendo definir si el paciente está listo para regresar a sus actividades diarias.

El estudio está dirigido a la evaluación de una muestra por conveniencia de colombianos sanos, que permita realizar una caracterización de los valores de la prueba de Robert Modificado para la valoración de la propiocepción de los miembros inferiores y establecer si esta es dependiente de variables demográficas como la edad, sexo y lateralidad

## **Pregunta de Investigación**

¿Cuál es el comportamiento del Romberg Modificado en la población colombiana y qué relación tiene con la edad, sexo y lateralidad?

## **Justificación**

Establecer valores de normalidad propioceptiva en la población colombiana, permitirá conocer objetivamente el estado del paciente con respecto a la población sana. Parámetros útiles en la valoración de pacientes, atletas, programas de rehabilitación y/o entrenamiento.

## Marco Teórico

La propiocepción hace referencia a la capacidad del cuerpo para detectar el movimiento y posición de las articulaciones. Es importante en los movimientos comunes que se realizan a diario, especialmente en los movimientos deportivos que requieren un mayor nivel de coordinación

El término propiocepción ha evolucionado, hoy se conoce como la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento, la cual consta de tres componentes:

- a. *Estatestesia*: Provisión de conciencia de posición articular estática.
- b. *Cenestesia*: Conciencia de movimiento y aceleración.
- c. *Actividades efectoras*: Respuesta refleja y regulación del tono muscular.

La propiocepción mantiene la estabilidad articular bajo condiciones dinámicas, proporcionando el control del movimiento deseado y la estabilidad articular. La coordinación apropiada de la coactivación muscular (agonistas – antagonistas) atenúa las cargas sobre el cartílago articular

La propiocepción, es entonces, la mejor fuente sensorial para proveer la información necesaria para mediar el control neuromuscular y así mejorar la estabilidad articular funcional.

La propiocepción depende de estímulos sensoriales tales como: visuales, auditivos, vestibulares, receptores cutáneos, articulares y musculares. En la rodilla es determinada principalmente propioceptores y mecano receptores articulares (Ruffini, corpúsculos Pacini, terminaciones nerviosas libres, órganos tendinosos de Golgi)

La también llamada sensibilidad cinestésica, permite moverse en la oscuridad o de percibir la posición de las extremidades. El concepto de hacer ejercicios propioceptivos para restaurar control neuromuscular fue introducido inicialmente en programas de la rehabilitación. Fue pensado porque

los ligamentos contienen mecano receptores, y una lesión a un ligamento alteraría información aferente, así que en el entrenamiento, después de una lesión, sería necesario restaurar esta función neurológica alterada.

Las técnicas de acondicionamiento neuromuscular se han utilizado para la prevención de lesiones.

*Mecanismos anatomo – fisiológicos que explican la propiocepción:*

La propiocepción depende de estímulos sensoriales provenientes de los sistemas visual, auditivo y vestibular, de los receptores cutáneos, articulares y musculares, que son responsables de traducir eventos mecánicos ocurridos en los tejidos en señales neurológicas.

La propiocepción ha sido caracterizada como una variación especializada del tacto, la cual incluye la habilidad para detectar tanto la posición como el movimiento articular. La propiocepción ocurre por una compleja integración de impulsos somatosensoriales (conscientes e inconscientes) los cuales se transmiten por medio de mecanorreceptores, permitiendo el control neuromuscular de parte del atleta

La estabilidad dinámica articular resulta de un preciso control neuromotor de los músculos esqueléticos que atraviesan las articulaciones. La activación muscular puede ser iniciada conscientemente o inconscientemente y automáticamente . El termino control neuromuscular se refiere específicamente a la activación inconsciente de los limitantes dinámicos que rodean una articulación

Existen básicamente tres clases de mecanorreceptores periféricos, los cuales incluyen receptores musculares, articulares y cutáneos, responden a deformación mecánica producida en los tejidos y es enviada al sistema nervioso central, modulando constantemente el sistema neuromuscular. Las vías

aferentes hacen sinapsis en el asta dorsal de la medula espinal y de allí pasan directamente o por medio de las interneuronas a las neuronas alfa y gamma, las cuales controlan la información proveniente de la periferia. La información aferente, también es procesada y modulada en otros centros de control en el sistema nervioso central como son el cerebelo y la corteza. Trabajando en forma completamente subconsciente, el cerebelo tiene un rol esencial en la planificación y modificación de las actividades motoras. El cerebelo es dividido en tres áreas funcionales, la primera es el Vestíbulo – cerebellum responsable de controlar los músculos axiales primarios que tienen que ver con el equilibrio postural; mientras que la segunda división, el cerebro – cerebellum, esta principalmente involucrada en la planificación e iniciación de movimientos que requieren precisión, rapidez y destreza. La tercera división, el espino – cerebellum, recibe información aferente somatosensorial, visual y vestibular, sirve para ajustar movimientos a través de conexiones con el bulbo raquídeo y la corteza motora. Adicionalmente, esta división regula el tono muscular por medio de motoneuronas gamma. A partir de lo anterior, los tres tipos de mecanorreceptores tienen un rol interactivo en el mantenimiento de la estabilidad articular

*Cuatro tipos de mecanorreceptores han sido descritos en la literatura:*

- 1) Tipo 1: Ruffini, que tienen un bajo umbral mecánico de activación y una lenta adaptación a la deformación. Esto hace que solo estén calificados para detectar posición estática articular, presión intraarticular, límite articular, amplitud y velocidad de movimiento. Estudios histológicos han demostrado que se encuentran localizados en la bursa subacromial, ligamentos glenohumerales, cápsula del hombro, ligamentos cruzados y colaterales de la rodilla, ligamentos meniscofemorales, meniscos, ligamentos talofibular anterior y posterior, ligamentos calcáneo fibular y deltoides.

2) Tipo 2: Corpúsculos de Pacini, tienen bajo umbral de excitación y se adaptan rápidamente. Son responsables de detectar señales de aceleración y desaceleración de la articulación. Están ubicados en los ligamentos glenohumerales del hombro, cápsula articular, todos los ligamentos estabilizadores de la rodilla, meniscos y todos los ligamentos del tobillo.

3) Tipo 3: Son similares al órgano tendinoso del Golgi que se encuentra en la unión miotendinosa. Tienen un alto umbral para la excitación y no son adaptables. Responden sobre los extremos de movimiento y pueden ser responsables en la mediación de arcos reflejos de protección. Además, detectan la dirección de movimiento y la posición articular. Están presentes en los ligamentos glenohumerales del hombro, ligamentos cruzados y colaterales de la rodilla y todas las estructuras ligamentosas del tobillo.

4) Tipo 4: Son terminaciones nerviosas libres que detectan estímulos de dolor.

Los receptores musculares consisten de husos y órgano tendinoso de Golgi. El huso muscular ayuda a controlar de forma precisa la actividad muscular. La longitud y velocidad de movimiento muscular son detectadas por fibras primarias y secundarias que están íntimamente conectadas con las fibras musculares intrafusales especializadas. Las fibras primarias tipo 1, detectan el grado y frecuencia del estiramiento en el músculo, mientras que las fibras aferentes tipo 2, detectan primariamente el grado de estiramiento. Esta información es transmitida al sistema nervioso central, donde es procesada, integrada y modulada en la medula espinal, cerebelo, corteza cerebral y otros centros de control. Una vez la información es procesada, la respuesta regulatoria apropiada es transmitida de regreso al músculo por medio de vías eferentes (motoneuronas alfa y gamma), que estimulan las fibras musculares tanto intrafusales (alfa) como extrafusales (gamma), ayudando a mantener así el control preciso del movimiento. El reflejo de estiramiento muscular sobre la rodilla, es una representación clásica de que este mecanismo ocurre a nivel medular espinal.



El órgano tendinoso de Golgi, localizado en el colágeno de la unión miotendinosa y posiblemente en los elementos contráctiles del músculo, responde a incrementos y disminuciones en la tensión muscular, principalmente durante la contracción muscular. La activación de ellos, produce relajación de los músculo agonistas estirados y contracción de los antagonistas.

Algunos investigadores han hipotetizado que el sistema husos musculares puede ser el componente más significativo del sistema muscular. Esto se debe a que los receptores articulares contribuyen con información sensorial al final del movimiento articular disponible, posiciones que no ocurren durante las actividades normales. Este sistema es especialmente activo durante la deambulación para facilitar la progresión del ciclo de marcha normal. Los receptores articulares juegan un rol mucho mas significativo en el rendimiento atlético, en el cual los extremos del movimiento articular es mas posible que ocurran.

Investigaciones han demostrado que los mecanorreceptores juegan un importante rol en la estabilización articular. Los mecanismos de retroalimentación están mediados por numerosos reflejos proyectivos, los cuales continuamente actualizan la actividad muscular.

Existen otros reflejos propioceptivos que se originan desde la cápsula articular o la unión músculo - tendinosa. Esto fue demostrado por Solomonov y cols. quienes reportaron actividad mioeléctrica incrementada en los isquiotibiales en un paciente con deficiencia del ligamento cruzado anterior durante una prueba isokinética maximal a baja velocidad del cuádriceps. El incremento de la actividad electromiografica ocurrió simultáneamente con luxación anterior de la tibia sobre aproximadamente 40 grados de flexión de rodilla y estuvo asociada con una disminución en el torque del cuádriceps y actividad electromiografica. Debido a que el ligamento cruzado anterior estaba roto, el reflejo de contracción de los isquiotibiales pudo no haber estado mediado por receptores originados en este ligamento. Fue propuesto que este reflejo de contracción estaba mediado por receptores en la cápsula articular o en el músculo isquiotibiales.

Aunque el mecanismo de retroalimentación ha sido considerado tradicionalmente el mecanismo primario de control neuromuscular, el mecanismo de anticipación o anterógrado que planifica programas de movimiento y activa la musculatura en base a las experiencias vividas anteriormente, también juega un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad articular. Este mecanismo está caracterizado por el uso de información propioceptiva en preparación para cargas anticipadas o actividades que pueden ser realizadas. Este mecanismo sugiere, que un constructo interno para la estabilidad articular es desarrollado y sufre continuas actualizaciones sobre la base de experiencias previas bajo condiciones conocidas. Esta información preparatoria es acoplada con impulsos propioceptivos de tiempo real, para generar comandos motores preprogramados que permitan lograr los resultados deseados.

Los mecanorreceptores cutáneos que rodean la articulación proveen exclusivamente información de eventos externos llamados exteroceptores que afectan el sistema articular. Los receptores cutáneos en la superficie plantar se cree juegan un importante papel en el control postural por señalización de la distribución del peso y localización del centro de masa.

Existen cuatro mecanorreceptores presentes en la piel: discos de Merkel, corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Rufini y Pacini.

*Vías propioceptivas:*

Tanto la sensibilidad exteroceptiva como propioceptiva caminan entremezcladas por los nervios periféricos hasta que penetran en la médula y tronco cerebral donde cada tipo de sensibilidad viaja en un fascículo propio.

### *Vías de la sensibilidad propioceptiva:*

Los cuerpos celulares de la primera neurona de esta vía se localizan en los ganglios espinales cuya prolongación central penetra por las raíces posteriores en la médula, asciende por los cordones medulares posteriores hasta los núcleos grácilis y cuneatus del tronco cerebral (bulbo) donde se encuentra localizada la segunda neurona. Las segundas neuronas tienen dos destinos :

Una parte cruzan el rafe medio, formando el lemnisco medio, que asciende por el tronco cerebral hasta alcanzar el núcleo posterolateral y ventral del tálamo. Desde el tálamo la tercera neurona establece conexiones con la corteza parietal.

Otra porción van al cerebelo: fascículos espinocerebelosos. Estos fascículos no proporcionan información consciente, al no llegar a niveles corticales. Contribuyen a regular el tono muscular y permiten que el cerebelo ejerza su función de control de la postura y locomoción.

### *Vías de la sensibilidad exteroceptiva:*

Penetra en la médula igualmente por las raíces posteriores y cruzando la comisura medular anterior ascienden por el cuadrante antero lateral como tracto espinotalámico, a través del tronco cerebral al tálamo.

### *Vías cerebelosas:*

El cerebelo mantiene conexiones tanto aferentes como eferentes con todos los elementos del sistema del equilibrio.

### *Aferencias cerebelosas:*

Reciben información de la tríada de orientación témporo-espacial: Así la información propioceptiva se la suministran los fascículos espinocerebelosos de las vías de la sensibilidad

propioceptiva. Son el haz espino-cerebeloso directo que alcanza el cerebelo por el pedúnculo cerebeloso inferior y el haz cruzado que lo alcanza por el superior. Ambos haces toman contacto primero con la corteza paleocerebelosa y luego con los núcleos emboliforme y globoso del cerebelo.

#### *Eferencias cerebelosas:*

Núcleos oculomotores: no están bien definidas cuales son las vías aferentes y eferente que interconectan el cerebelo y el Sistema Oculo Motor, pero es evidente que éste ejerce un control sobre los movimientos oculares.

Núcleo rojo, a través de él conecta con la vía extrapiramidal teniendo así acceso al control de las neuronas motoras de la sustancia gris medular. Núcleos talámicos y subtalámicos a través de los cuales conecta con la corteza cerebral. Sustancia reticular: conectando a través de sus proyecciones ascendentes con la corteza cerebral.

#### *Vias reticulares*

##### *Vía retículo-espinal:*

Las eferencias nerviosas de la formación reticular son dirigidas por esta vía que establece conexiones homolaterales y contralaterales a lo largo de toda la médula, transmitiendo impulsos inhibidores tanto para las motoneuronas extensoras como para las flexoras, e impulsos facilitadores. Aunque anatómicamente la vía no está bien definida por la cantidad de colaterales que tiene, funcionalmente está relacionada con la mayor parte de las acciones reflejas motoras del equilibrio, incluyendo ajustes posturales en respuesta a estímulos sensoriales extravestibulares como pueden ser estímulos auditivos, visuales o táctiles.

### *Vías motoras*

Las vías motoras son el elemento efector, o sistema eferente, de los reflejos del equilibrio y de la actividad consciente.

#### *Vía corticoespinal piramidal:*

El sistema motor tiene su origen en la corteza cerebral, circunvolución frontal ascendente (área prerrolándica, o área 4 de Brodmann), también denominada área motora cortical piramidal. Su lesión supone contralateralmente hemiplejía.

La vía desciende desde la corteza cerebral hacia los núcleos motores de los pares craneales del tronco cerebral (haz córtico-pontino, también conocido como fascículo geniculado) y a los núcleos de las astas anteriores de toda la médula espinal (haz córtico-espinal), siendo ambas conexiones de tipo directo y cruzado. Constituye la vía motora principal transmite las órdenes para los movimientos voluntarios considerados rápidos. Gobierna la marcha mediante la transmisión de órdenes voluntarias para la contracción dinámica muscular. Al ejecutar estos movimientos voluntarios se produce una inhibición del tono muscular reflejo que mantiene el equilibrio estático

#### *Sistema extrapiramidal:*

Tiene su comienzo en las áreas corticales extrapiramidales. Desciende hacia el troncoencéfalo donde está constituida por una serie de centros que integran y controlan las órdenes motoras. Este sistema superpone a la acción motora piramidal, una serie de respuestas lentas de tipo postural automáticas que son también necesarias para el mantenimiento del equilibrio durante el movimiento, como por ejemplo el balanceo de los brazos.

### *Circuitos propioceptivos intramedulares:*

Son la expresión más simple de lo que es un feed-back negativo y constituyen el circuito monosináptico del reflejo miotático: reflejo de estiramiento.

Elementos del circuito: El músculo. Este emite impulsos aferentes a través de la prolongación dendrítica de la neurona de un ganglio espinal. Estos impulsos procedentes del músculo penetran por el asta posterior medular y allí empalman directamente con las neuronas excitomotorias del asta anterior del mismo lado.

El impulso eferente sale por el nervio motor (cadena directa), que emergiendo por el asta anterior medular, llega al órgano efector, que es el músculo.

El estímulo desencadenante de este reflejo activador del circuito, es el estiramiento muscular. La función de estos circuitos es mantener el control isométrico (tono muscular) de la musculatura del esqueleto y fundamentalmente de los músculos antigravitatorios. Cuando el cuerpo está en reposo, la actividad muscular antigravitatoria consiste fundamentalmente en el mantenimiento y adecuado ajuste del tono muscular de sostén: reflejo miotático. Este tono muscular es el que fija en una determinada posición de las palancas osteomusculares del equilibrio, siendo el guardián del equilibrio en situación de reposo. Este reflejo miotático se manifiesta en toda la musculatura del esqueleto, tenga o no relación con el equilibrio.

El sistema así explicado parece muy simple, pero en la realidad es más complicado, ya que son tres los circuitos encargados del control automático del tono muscular. Sobre este circuito propioceptivo intramedular de naturaleza segmentaria, reflejo e inconsciente, base elemental del equilibrio, van a ejercer su acción moduladora otros circuitos con origen en los receptores propioceptivos y con participación de los órganos de gobierno supramedulares. Estos van a intervenir mediante ordenes facilitadoras o inhibidoras, tanto de forma refleja como consciente,

desencadenando contracciones isométricas e isotónicas capaces de originar movimientos para el mantenimiento constante de un equilibrio estable y el restablecimiento del equilibrio perdido.

#### *Circuitos propioceptivos supramedulares inconscientes*

Están constituidos por retroalimentación negativos suprasegmentarios y multisinápticos que tienen como función regular en todo momento el tono muscular agonista y antagonista en relación con la actitud postural del momento. Se encuentran identificados con los reflejos llamados supraespinales y van a producir respuestas más complejas y elaboradas que los anteriores, encontrándose reajustadas por un centro de gobierno que es el cerebelo.

#### *Esquema del circuito:*

Comienza por un receptor representado por los mecanorreceptores de los husos neuromusculares; sus cilindroejes aferentes, que constituyen la cadena inversa, van a penetrar en las astas posteriores de la médula donde conectan con otra segunda neurona. Tras esta sinapsis intramedular el circuito toma dos trayectos ascendentes distintos hacia el cerebelo, uno homolateral y otro heterolateral, formando los haces espino- cerebelosos directo (fascículo de Fleschsig) y cruzado (fascículo de Govers). El circuito al salir de su centro de gobierno, el cerebelo, atraviesa la línea media contactando con el núcleo rojo o de Stilling. Esta vía descendente cerebelo-rubro- espinal (vías espinocerebelosas) constituye la cadena directa o efectora que terminará en las neuronas estriomotoras del asta anterior de la médula, cuyas eferencias llegarán a los órganos ejecutores, la musculatura.

#### *Circuitos propioceptivos supramedulares conscientes:*

A través de estos circuitos, el sistema propioceptivo suministra información consciente de la postura corporal en su conjunto y de los movimientos de las diversas partes del cuerpo, tanto en sus

aspectos cuantitativos como cualitativos, siendo capaz de precisarlos en datos como la sinergia y eumetría. Esta información somatosensorial, que es muy precisa, es analizada y contrastada con la de los otros dos receptores de la tríada de información, para poder corregir cualquier actitud defectuosa en relación con el equilibrio, correcciones que se realizan tanto consciente como inconscientemente. La importancia de estos circuitos para el mantenimiento del equilibrio es capital, hasta el punto que una interrupción en los mismos, origina trastornos incompatibles con la posición ortostática en caso de faltar la información visual.

### *Lateralidad:*

La lateralización es la última etapa evolutiva filogenética del cerebro en sentido absoluto.

La lateralidad corporal es la preferencia en razón del uso más frecuente y efectivo de una mitad lateral del cuerpo frente a la otra.

Es la lateralidad cerebral la que ocasiona la lateralidad corporal. Es decir, porque existe una especialización de hemisferios, y dado que cada uno rige a nivel motor el hemisferio contra -lateral, es por lo que existe una especialización mayor o más precisa para algunas acciones de una parte del cuerpo sobre la otra. Pero, aunque en líneas generales esto es así, no podemos despreciar el papel de los aprendizajes y la influencia ambiental en el proceso de lateralización que constituirá la lateralidad corporal.

Efectivamente, la lateralización es un proceso dinámico que independientemente tiende a ponernos en relación con el ambiente; sería pues, una transformación o evolución de la lateralidad.

La investigación sobre la literalidad cerebral ha tenido particular relevancia en el estudio de las funciones referidas al lenguaje, pudiéndose constatar que los dos hemisferios son funcional y anatómicamente asimétricos. Como resultados de tales estudios parece deducirse que el hemisferio de derecho se caracteriza por un tratamiento global y sintético de la información, mientras que el



hemisferio izquierdo lo hace de modo secuencial y analítico. Estos estudios sitúan la lateralidad corporal, la mayor habilidad de una mano sobre la otra, en el marco de las asimetrías funcionales del cerebro.

La lateralidad corporal parece, pues, una función consecuente del desarrollo cortical que mantiene un cierto grado de adaptabilidad a las influencias ambientales. En realidad la capacidad de modificación de la lateralidad neurológicamente determinada en procesos motrices complejos es bastante escasa (no supera el 10%), lo que nos lleva a proclamar la existencia de una lateralidad corporal morfológica, que se manifestaría en las respuestas espontáneas, y de una lateralidad funcional o instrumental que se construye en interacción con el ambiente y que habitualmente coincide con la lateralidad espontánea, aunque puede ser modificada por los aprendizajes sociales.

La lateralidad corporal permite la organización de las referencias espaciales, orientando al propio cuerpo en el espacio y a los objetos con respecto al propio cuerpo. Facilita por tanto los procesos de integración perceptiva y la construcción del esquema corporal.

*La lateralidad se va desarrollando siguiendo un proceso que pasa por tres fases:*

1. Fase de identificación, de diferenciación clara (0-2 años)
2. Fase de alternancia, de definición por contraste de rendimientos (2-4 años)
2. Fase de automatización, de preferencia instrumental (4-7 años).

En la educación infantil se debe estimular la actividad sobre ambas partes del cuerpo y sobre las dos manos, de manera que el niño o la niña tenga suficientes datos para elaborar su propia síntesis y efectuar la elección de la mano preferente.

### *Mecanismos de la lateralidad*

Como señalamos en el apartado anterior, la lateralización es la última etapa evolutiva filogenética y ontogenética del cerebro en sentido absoluto.

El cerebro se desarrolla de manera asimétrica y tal asimetría hemisférica no se reduce sólo a la corteza, sino también a las estructuras que se encuentran por debajo de ella (a diferencia de los animales). Por ejemplo, en la memoria, el hipocampo parece tener un papel diferenciado: la parte derecha está preparada para las funciones propias de la memoria a corto plazo, mientras que la parte izquierda lo está para las funciones propias de la memoria a largo plazo. Hipocampo y tálamo, además, intervienen en el lenguaje. El nervio estriado y el hipotálamo regulan en modo diverso el funcionamiento hormonal endocrino, influyendo también en la emotividad. Igualmente, existen equivalencias derecha -izquierda también a nivel sensorial, a nivel de receptores sensoriales (nivel perceptivo).

También la actividad cognitiva se encuentra diferenciada: el hemisferio menor utilizada procesos estrechamente ligados a la espacialidad y por tanto los primeros aprendizajes deben producirse, forzosamente, a través de la acción. Los siguientes aprendizajes pasan, sin embargo, a través de la verbalización y por tanto presuponen el uso del hemisferio dominante. Es lo que ocurre en la escuela donde los contenidos se transmiten mediante la verbalización y por tanto a través del hemisferio dominante, sin que haya habido posibilidad de provocar la integración a nivel subcortical.

Si pensamos en los niños de Educación Infantil, nos damos inmediatamente cuenta de que algunos están habituados a utilizar el lenguaje verbal y consiguientemente el hemisferio dominante en el aprendizaje como estructura mental, aspecto éste derivado de la educación familiar; otros niños, sin embargo, utilizan un proceso de aprendizaje en términos de espacialidad utilizando el

hemisferio menor. La lógica del hemisferio menor respecto otro es diferente, por lo que decimos que estos niños se caracterizan por una inteligencia práctica y, si en la escuela se parte de un plano verbal, corren el riesgo de no poder integrarse.

#### *Tipos de lateralidad:*

Existen varias teorías que intentan explicar porque determinados individuos son diestros o zurdos.

Según Rizal en su obra "Motricidad humana", "ninguna de estas teorías van a ser absolutas, por lo que debemos aceptar que esta determinación de la lateralidad va a ser afectada por más de una causa".

Este mismo autor clasifica las siguientes causas o factores:

#### *Factores neurológicos:*

Basándose en la existencia de dos hemisferios cerebrales y la predominancia de uno sobre el otro, esto es lo que va a determinar la lateralidad del individuo. Esta dominancia de un hemisferio sobre el otro, según los investigadores, se puede deber a una mejor irrigación de sangre con uno u otro hemisferio.

En la actualidad, numerosos neurólogos han demostrado que la relación entre predominio hemisférico y lateralidad, no es absoluta.

#### *Factores genéticos:*

Esta teoría intenta explicar la transmisión hereditaria del predominio lateral alegando que la lateralidad de los padres debido a su predominancia hemisférica condicionará la de sus hijos.

De este modo se ha comprobado que el porcentaje de zurdos cuando ambos padres lo son se

dispersa (46%), sin embargo cuando ambos padres son diestros el por ciento de sus hijos zurdos disminuye enormemente (21%), 17% si uno de los padres es zurdo.

Zazo, afirma que la lateralidad normal diestra o siniestra queda determinada al nacer y no es una cuestión de educación, a su vez, el hecho de encontrar lateralidades diferentes en gemelos idénticos (20%), tiende a probar que el factor hereditario no actúa solo.

Sin embargo la dominancia no es total, es decir, que una gran mayoría, a pesar de tener claramente determinada la dominancia lateral, realizan acciones con la mano dominante.

#### *Factores sociales:*

Numerosos son los factores sociales que pueden condicionar la lateralidad del niño, entre los más destacables citaremos los siguientes:

#### *Significación religiosa.*

Hasta hace muy poco el simbolismo religioso ha influido enormemente en la lateralidad del individuo, tanto es así, que se ha pretendido reeducar al niño zurdo hacia la utilización de la derecha por las connotaciones que el ser zurdo tenía para la iglesia.

#### *El lenguaje:*

Éste, también ha podido influir en la lateralidad del individuo, en cuanto al lenguaje hablado, el término diestro siempre se ha relacionado con algo bueno. Lo opuesto al término diestro es siniestro, calificativo con lo que la izquierda se ha venido a relacionar. En cuanto al lenguaje escrito, en nuestra altura, la escritura se realiza de la izquierda a la derecha, por lo que el zurdo tapaná lo que va escribiendo, mientras que el diestro no lo hará.

### *Causas ambientales:*

#### *Del ámbito familiar:*

Desde la posición de reposo de la madre embarazada hasta la manera de coger al bebé para amamantarlo, mecerlo, transportarlo, la forma de situarlo o de darle objetos..., etc. puede condicionar la futura lateralidad del niño. Del mismo modo las conductas modelo que los bebés imitan de sus padres también pueden influir en la lateralidad posterior.

#### *Acerca del mobiliario y utensilios:*

Todos somos conscientes de que el mundo está hecho para el diestro. Los zurdos o los mal lateralizados tropiezan con especiales dificultades de adaptación, esto se debe a que la mayor parte del instrumental, se ha fabricado sin tener en cuenta los zurdos. Para concluir este punto, podemos decir que el medio social actúa sobre la manualidad reforzando la utilización de una mano en casi todos los aprendizajes.

En este sentido y centrando la dominancia lateral a manos, ojos, pies y oídos, principalmente a los dos primeros, podemos distinguir los siguientes tipos de lateralidad:

#### *Según la clase de gestos y movimientos a realizar:*

De utilización o predominancia manual en las actitudes corrientes sociales.

Espontánea (tónico, gestual o neurológico), que es la que se manifiesta en la ejecución de los gestos espontáneos. Ambos generalmente coinciden y en caso de discordancia originan dificultades psicomotrices.

*Según su naturaleza:*

Normal o predominio del hemisferio izquierdo o derecho.

Patología por lesión de un hemisferio, el otro se hace cargo de sus funciones.

*Por su intensidad:*

Totalmente diestros, zurdos o ambidiestros.

*Según el predominio de los cuatro elementos citados (manos, ojos, pies y oído): podemos establecer las siguientes formulas de lateralidad:*

*Destreza homogénea:* Cuando se usan preferentemente los miembros del lado derecho.

*Zurdería homogénea:* Se usan los miembros del lado izquierdo.

*Ambidextreza:* Se usa prioritariamente un elemento del lado derecho (por ejemplo la mano) y el otro del lado izquierdo (por ejemplo el ojo).

*Zurdera contrariada:* Se da esta forma cuando un sujeto zurdo se le ha obligado por razones sociales usar el miembro homólogo diestro. La más clara es la de la mano.

En definitiva, la lateralización puede entenderse como un conjunto de conductas, que se adquieren cada una de ellas de forma independientemente, por un proceso particular de entrenamiento y aprendizaje, en lugar de quedar determinadas por una supuesta facultad genérica neurológica innata

## Objetivos

### 6.1 General:

Caracterizar el estado propioceptivo de los miembros inferiores, utilizando la prueba de Romberg modificado en la población colombiana sana según la edad, sexo y lateralidad.

### 6.2 Específicos:

- Determinar si el valor del romberg modificado de la extremidad inferior derecha es diferente de la izquierda
- Determinar si el valor del romberg modificado varía según la edad
- Validar una prueba de lateralidad para las extremidades inferiores
- Evaluar si el valor del Robert modificado es dependiente de la lateralidad del paciente
- Establecer si el valor del Robert modificado es dependiente del sexo

## **Hipótesis**

### *7.1 Hipótesis nula:*

- El valor del Robert modificado es igual en las extremidades inferiores
- El valor del Robert modificado es igual en todos los grupos etarios
- El Robert modificado es igual en diestros y zurdos
- El Robert promedio es igual en hombres y mujeres

### *7.2 Hipótesis alterna:*

- El valor del Robert modificado es diferente en la extremidad inferior derecha con respecto a la izquierda
- El valor del Robert modificado es distinto en todos los grupos etarios
- El Robert modificado es distinto en diestros y zurdos
- El Robert promedio es distinto en hombre y mujeres



## **Metodología**

### 8.1 Materiales y Métodos

8.1.1 Tipo de estudio

8.1.2 Criterios de inclusión y exclusión

8.1.3 Población y muestreo

8.1.4 Instrumento de recolección de datos

8.1.5 Definición de Variables

8.1.6 Plan de análisis de la información

8.1.7 Posibles sesgos de la investigación

*8.1.1 Tipo de estudio:* Se realizó un estudio de corte transversal en el que se aplicaron las guías la recolección y medición de datos desde el año 2012 al 2014 a la población que se encontraba en la ciudad de Bogotá-Colombia, determinando los criterios de inclusión y exclusión para cada entrevistado.

Se documentaron los hallazgos en las guías que se implementaron para la recolección de los datos, en cada momento del estudio se contaba con los instrumentos necesarios para la adecuada toma de registros.

Se encontraron 163 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión

### *8.1.2 Criterios de Inclusión y exclusión*

#### *1. Criterios de inclusión:*

- a) Personas con patrón de marcha madura
- b) Mentalmente capaces de entender y realizar las instrucciones dadas por el examinador

#### *2. Criterios de exclusión:*

- a) Personas con antecedentes de fracturas, esguinces, luxaciones, mal formaciones, lesión neurológica que afecten los miembros inferiores así como también alteraciones de la marcha congénita o adquirida.
- b) Personas que no recuerden sus antecedentes patológicos
- c) Personas que no deseen firmar el consentimiento informado

### *8.1.3 Población y muestreo*

- 1. Universo: Todas las personas consideradas con patrón de marcha desarrollado, capaces de realizar las pruebas solicitadas por el examinador desde el 2012 al 2014 en la ciudad de Bogotá-Colombia.

2. *Muestra*: Las personas a las que se les realizó las pruebas de lateralidad y propiocepción durante los años 2012 a 2014, que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión.

#### *8.1.4 Instrumento de recolección de datos*

Formato diseñado en Microsoft Word para obtener la información en la entrevista realizada. Se le solicitó firmar el consentimiento informado a los interesados en participar en el proyecto de investigación posterior a la aplicación de criterios de inclusión y exclusión, se aplicaron las pruebas mencionadas en el formulario.

Se le solicitaba al entrevistado que mantuviera el equilibrio sosteniéndose en un solo miembro inferior, cerrando los ojos y se anotaba tiempo que duraba antes de perder el equilibrio. Esto se realizaba con la ayuda de un cronometro. Luego se evaluaba con el miembro inferior contralateral. Se realizó el ejercicio en 2 ocasiones por cada extremidad.

Todos los datos se registraron en las guías de recolección de datos.

Luego se determino la lateralidad de miembro superior determinando la mano que usaba para firmar el consentimiento informado. Posteriormente se le solicitaba patear el balón, luego se le indicaba pararse de frente a las escaleras y subir a ella.

Se realizó la prueba de los 3 empujones en la que se aplicaba una fuerza frontal simulando un empujón y se observaba el la extremidad que usaba como cimiento.

La prueba de la fatiga, se determinan el numero de zapateos y tiempo al realizarlos antes de fatigarse

Por ultimo se le pide que salte hacia delante y arriba, debe apoyar en una extremidad al caer inicialmente.

Todos los valores se registraron en las guías de recolección de datos.

Universidad El Bosque  
Facultad de medicina  
Posgrado de traumatología y ortopedia

Consentimiento informado

Trabajo de investigación

Evaluación propioceptiva de miembros inferiores en población normal

Fecha:

Declaro que he sido veraz en toda la información suministrada al examinador, no he callado nada en relación con mi salud y que se me ha informado adecuadamente la naturaleza y propósito del trabajo de investigación

Los realizadores del trabajo de investigación quedan autorizados para ordenar la disposición final de la información recolectada durante la evaluación

Declaro que he recibido satisfactorias y claras explicaciones sobre el particular por parte del profesional a cargo de la elaboración de la evaluación propioceptiva y que han sido aclarada las dudas que he manifestado al respecto

Nombre y Apellido

Documento de identidad

Firma

Universidad El Bosque  
Facultad de medicina  
Posgrado de traumatología y ortopedia  
Trabajo de investigación

Evaluación propioceptiva de miembros inferiores en población normal

Nombre

Teléfono

Email

Test de Robert

Pierna derecha

(        )

(        )

(        )

Pierna Izquierda

(        )

(        )

(        )

Lateralidad

Mano dominante:    (    )

Test de 3 empujones:    (    )    (    )    (    )

Nro. de zapateos:    (    )    (    )

Prueba de salto:    (    )    (    )    (    )

Escalera:    (    )

Patear el balón:    (    )

Se utilizó un cronometro estándar para el test de romberg



*Herramientas para determinar lateralidad:*

En los casos que escalones no eran accesibles a la población en estudio se contaba con una escalera portátil para realizar la prueba del escalón, Balón de fútbol.



### 8.1.5 Definición de Variables

Tomadas de acuerdo a la información obtenida en el instrumento de recolección de datos

Nombre	Descripción	Tipo de Variable	Escala de Medición	Codificación
Edad	Años cumplidos	Cuantitativa	Razón	Numérica
Sexo	Masculino	Cualitativa	Nominal	1-Masculino
	Femenino			2-Femenino
Lateralidad	Derecho	Cualitativa	Nominal	1-Derecho
	Izquierdo			2-Izquierdo
Propiocepción	Segundos	Cuantitativa	Razón	Numérica

*8.1.6 Plan de Análisis de información:* El formato se diseñó en el programa Excel de Office, donde se registró la información obtenida en la entrevista con cada uno de los encuestados.

Con los registros se construyó una base de datos.

Las variables de estudio organizadas en la base de datos se analizaron:

Con las variables cualitativas se obtienen gráficos estadísticos usando frecuencias absolutas y relativas porcentuales y con las variables cuantitativas se obtienen medidas estadísticas de centralización y dispersión como: media mediana moda rango varianza desviación estándar y otras. Estos gráficos y estas medidas se realizan usando el programa Excel de Office.

#### *8.1.7 Posibles sesgos de investigación*

1. Observadores que realizan las mediciones de los test de propiocepción y Lateralidad
2. Antecedente de fracturas, esquinces, lesión nerviosa u otra lesión en la extremidad valorada
3. Que el paciente no suministre información Veraz



## **Consideraciones éticas**

Este proyecto de investigación tiene en cuenta los principios éticos para las investigaciones en seres humanos de la declaración de Helsinki revisada en 1983, el Código de Núremberg, el Informe Belmont y las consideraciones éticas de la Resolución 8430 del año 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia. Por las características del trabajo se considera “sin riesgo” para los pacientes.

## **Cronograma**

- **Marzo a Mayo de 2012**

Planteamiento del proyecto ante el postgrado de Ortopedia y Traumatología de la Universidad El Bosque

- **Junio a Agosto de 2012**

Presentación Para el desarrollo

- **Septiembre a Noviembre de 2012**

Ejecución metodológica

- **Diciembre 2012**

Recolección de datos

- **Enero a diciembre de 2013**

Recolección de datos

- **Enero de 2014**

Recolección de datos

- **Febrero a Abril de 2014**

Análisis y procesamiento de datos

- **Mayo a Junio de 2014**

Construcción de documento

- **Julio a Diciembre de 2014**

Revisión final y presentación para aprobación de asesor metodológico y estadístico

**Tabla 3. Cronograma**

	enero	febrero	M arzo	Abril	M ayo	J unio	J ulio	Ag osto	Septie mbre	Oct ubre	novie mbre	Dicie mbre
Año 2012												
Planteamiento del problema												
Presentación para el Desarrollo												
Ejecución metodológica												
Recolección de datos												
Año 2013												
Recolección de datos												
Año 2014												
Recolección de datos												
Análisis y procesamiento de datos												
Construcción documento												
Revisión y presentación final												

## **Presupuesto**

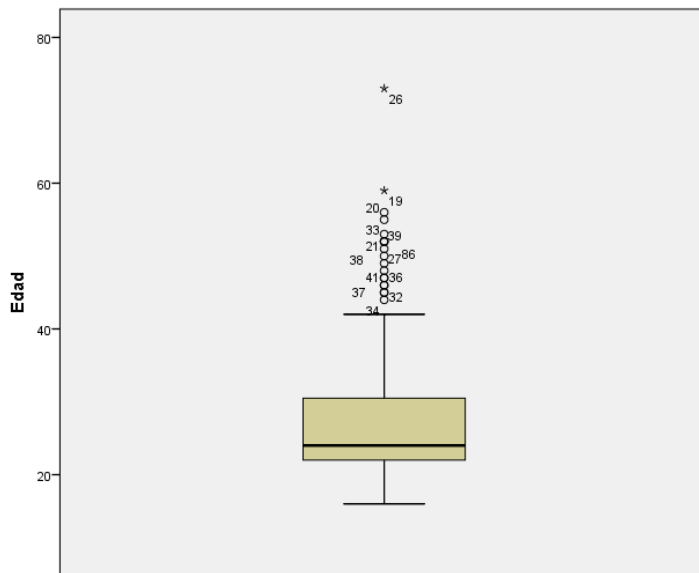
- Tiempo de trabajo del investigador/es
- Tutorías por parte de asesores clínico, metodológico y estadístico
- Impresión del documento así como presentación en medios magnéticos
- Transporte del investigador para obtención de información clínica y radiológica, evaluación de pacientes, solicitud de aprobaciones y asistencia a tutorías
- Total de presupuesto para el desarrollo del trabajo (Tabla 4)

<b>RUBRO</b>	<b>TIEMPO/INSUMOS</b>	<b>VALOR</b>
1. Tiempo trabajo investigadores	100 horas	Hora \$25.000  Total \$2'500.000
1. 2. Asesorías tutores (clínico, metodológico, estadístico)	20 horas	Hora: \$50.000  Total: \$1.000.000
2. Transporte del investigador para obtención de información clínica y evaluación de pacientes, solicitud de aprobaciones y asistencia a tutorías	14 meses	Mensualidad parqueadero \$60.000  Total \$840.000
3. Impresión del documento <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación en medios magnéticos</li> </ul>	Impresiones, fotocopias, encuadernación, Cd.	\$120.0000
4. Presupuesto total		\$ 4.460.000

## Resultados

Desde el año 2012 y 2013, Se evaluaron 163 personas de la ciudad de Bogotá, sin antecedentes de lesiones deportivas en los miembros inferiores, de los cuales 95 eran mujeres (58%) y 68 hombres (42%), con rango de edad de 16 a 73 años (promedio 27), 146 tenían dominancia diestra y 17 izquierda en su extremidad superior.

Figura 1. Distribución por edad



*¿El resultado de la prueba de Romberg modificado derecho es diferente del izquierdo?*

No se puede rechazar la hipótesis de igualdad entre las variables (la prueba Shapiro-Wilk nos dice que su hipótesis nula es la igualdad entre las variables y la  $p = 0,8377$  nos dice que no podemos rechazar esta hipótesis): la diferencia de 0,86 segundos no fue estadísticamente significativa., por lo cual se creara una variable de promedio del Robert modificado entre las dos extremidades inferiores de cada persona y este valor será utilizado para los siguientes análisis.

*¿El resultado de la prueba de Romberg modificado varía según la edad del paciente?*

Los pacientes fueron clasificados en 3 grupos según su edad. Grupo 1 pacientes hasta los 25 años, Grupo 2 de 26 a 50 años y Grupo 3 desde 51 años en adelante.

*Tabla 1. Resultados prueba Romberg modificado por grupos etarios*

<b>Robert Modificado</b>		
<b>Grupo</b>	<b>mediana</b>	<b>n</b>
<b>1</b>	53,7	104
<b>2</b>	6	50
<b>3</b>	3,5	9

Grupo 1: Coeficiente de variación (CV)=47%, Mediana 53 segundos, Q1=24,98, Q3=60.

Grupo 2: CV=119%, Mediana 6 segundos, Q1=3,56, Q2=16,88.

Grupo 3: CV=108%, Mediana 3,5 segundos, Q1=2,25, Q2=13

En los grupos etarios observamos una alta dispersión de los datos, por lo cual usamos como marcador central la mediana y de dispersión los cuartiles.

La hipótesis de igualdad entre los grupos de edad se rechaza (la prueba Kruskal-Wallis nos dice que su hipótesis nula es la igualdad del romberg entre los grupos y la  $p=0,0001$ , nos rechaza esta hipótesis): la variación en el romberg según la edad es estadísticamente significativa.

*¿Cuál prueba tiene mayor validez para determinar la lateralidad de miembros inferiores?*

En las pruebas realizadas encontramos que la del “Balón” fue la prueba del miembro inferior que mostró mayor sensibilidad (97%) y especificidad (71%) para determinar la dominancia del miembro inferior utilizando como estándar de oro la dominancia de la extremidad superior (*ver tabla 1*). Al ser esta prueba realizada directamente en el miembro inferior, consideramos que puede tener mayor validez como determinante de lateralidad del miembro inferior, en lugar de utilizar la dominancia de la extremidad superior, ya que puede estar sesgada por la presencia de lateralidad cruzada. Por ese motivo, se decidió realizar una prueba de concordancia para evaluar la



intercambiabilidad de la prueba del balón con la de la dominancia del miembro superior. Se realizó una estadística kappa, encontrando un valor de 0,7 que indica una buena fuerza de concordancia entre las dos pruebas.

Tabla 2. Sensibilidad y especificidad según dominancia extremidad inferior.

<b>Dominancia Extremidad inferior</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>
<b>Empujón</b>	71%	41%
<b>Fatiga</b>	84%	67%
<b>Salto</b>	87%	71%
<b>Escalera</b>	88%	41%
<b>Balón</b>	97%	71%
<b>Ochoa</b>	79%	67%

Al utilizar la prueba del balón como estándar de oro en nuestro estudio para lateralidad del miembro inferior, buscamos cuál de las pruebas restantes pueden ser utilizadas como ayuda en la determinación de la lateralidad de la extremidad inferior (*ver tabla 2*), encontrando que la prueba de la “Escalera” presentó la mayor sensibilidad (90%) y la prueba “Ochoa” la mayor especificidad (82%). Para el análisis de las dos pruebas conjuntas (Prueba de la escalera y Ochoa), se crearon dos nuevas variables llamadas prueba 1, donde se toman como prueba positiva en pacientes diestros si el resultados de las dos pruebas fue derecho independientemente y también cuando los resultados no concordaban. La segunda prueba se denominó “prueba 2”, donde se considera positiva si el resultado de las dos pruebas era derecho.

Posteriormente se calculó la sensibilidad de la prueba 1 y prueba 2 (*ver tabla 3*), encontrando que la prueba 1 tiene una alta sensibilidad (98%) permitiendo establecer cuales pacientes son diestros y la prueba 2 presenta la mayor especificidad de todas las realizadas (91%), siendo de gran utilidad para establecer que personas no son diestras.

*Tabla 3. Sensibilidad y especificidad según prueba del balón.*

<b>Prueba del Balón</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>
<b>Empujón</b>	73%	56%
<b>Fatiga</b>	87%	81%
<b>Salto</b>	88%	81%
<b>Escalera</b>	90%	69%
<b>Ochoa</b>	83%	82%

*Tabla 4. Sensibilidad y especificidad de las pruebas conjuntas.*

<b>Prueba conjunta de la Escalera y Ochoa</b>		
	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>
<b>Prueba 1</b>	98%	64%
<b>Prueba 2</b>	76%	91%

Se utilizaron dos pruebas para definir la lateralidad de los miembros inferiores, uno fue considerar el mismo lado de la dominancia del miembro superior y la prueba del balón tratando de prevenir el sesgo por lateralidad cruzada.

*Dominancia miembro superior:*

El Romberg promedio en diestros fue 31 segundos (SD=24,102), con valores entre 1 y 91 segundos y zurdos de 43 segundos (SD=21,982), con valores entre 5 y 60 segundos, respectivamente.

La diferencia de 12 segundos no es estadísticamente significativa ( $p=0,059$  Prueba U de Mann Whitney), sin embargo esta prueba puede haber sido no significativa por el bajo tamaño de muestra del grupo de personas zurdas ( $n=17$ ).

*Dominancia prueba balón:*

El romberg promedio en diestros fue 31 segundos (SD=25,117), con valores entre 1 y 91 segundos y los zurdos de 38 segundos (SD=23,455), con valores entre 3 y 60 segundos, respectivamente.

La diferencia de 7 segundos no es estadísticamente significativa ( $p=0,382$  Prueba de U de Mann Whitney).

*¿El resultado de la prueba de Romberg modificado varía según el sexo?*

El Robert promedio de las mujeres y los hombres fue de 30 segundos (SD=24,411; con valores entre 1 y 75 segundos) y 35 segundos (SD=23,510; con valores entre 2 y 91 segundos), respectivamente.

La diferencia de 5 segundos no fue estadísticamente significativa ( $p=0,074$ ; Prueba U de Mann Whitney).

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados la propiocepción es dependiente de la edad, ya que a mayor edad esta disminuía ( $p=0,0001$ ), a diferencia del sexo donde vemos que no hay una diferencia significativa ( $p=0,074$ ).

Considerando la muestra de 104 en el grupo etario 1, como una muestra por conveniencia, nos permite hacer una aproximación del comportamiento del valor normal del Romberg modificado en los colombianos entre los 16 y 21 años el cual sería 54 segundos, observando que 1 de cada 2 personas se encuentra entre 25 y 60 segundos, valores útiles para futuros estudios en la población colombiana.

Entre las pruebas realizadas para determinar la lateralidad del miembro inferior encontramos que la prueba del balón fue la de mayor precisión. Al comparar los valores del romberg modificado con la lateralidad obtenida según la dominancia del miembro superior y con la prueba del balón, observamos que en ninguno de los dos casos se presentó diferencias significativas entre la extremidad dominante y la no dominante ( $p=0,059$  y  $p=0,832$  respectivamente).

Al analizar el resto de pruebas, tomando como referencia la prueba del balón, encontramos que la prueba de la escalera tiene la mayor sensibilidad (90%), pero baja especificidad (69%) y la prueba de Ochoa mostró la mayor especificidad (82%) con una sensibilidad buena (83%), si combinamos estas dos pruebas tomando como positivo para lateralidad diestra el resultado derecho en las dos pruebas, se obtiene una sensibilidad del 98%. Por lo cual podemos considerar que presentan gran precisión para detectar los pacientes con lateralidad derecha del miembro inferior, lo cual es de gran utilidad si no tenemos un balón en el momento de la valoración.

## Referencias bibliográficas

1. Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ, and Welch-Fry D. Can proprioception really be improved by exercise? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9: 128–136, 2001.
2. Khan MA, Franks IM, Elliott D, Lawrence GP, Chua R, Bernier P-M, et al. Inferring online and offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. *Neurosci Biobehav Rev* (in press).
3. Ogard WK. Training for proprioception and kinesthesia. In: *Clinical Decisions in Therapeutic Exercise: Planning and Implementation*. Nyland J, ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson-Prentice Hall, 2006. pp. 273–305.
4. Ghez C. The control of movement. In: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, eds. *Principles of Neural Science*. New York, NY: Elsevier Science; 1991:533-547.
5. Emin Ergen, MD, PhD\*, Bu'lent Ulkar, MD, PhD Sports Medicine Department, Ankara University School of Medicine , Proprioception and Ankle Injuries in Soccer, *Clin SPORTS Med* 27 (2008) 195-217
7. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000;8:141-150.
8. Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in

Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: 2-Year Follow-up.

9. William Cates, PT, DPT, ES\*, John Cavanaugh, PT, Med, ATC, Advances in Rehabilitation and Performance Testing, Clin Sports Med 28 (2009) 63–76
10. Reiman BL and Lephart SM. The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. J Athl Train 37: 71–79, 2002.
11. 44. Reiman BL and Lephart SM. The sensorimotor system, part II: The physiologic basis of functional joint stability. J Athl Train 37: 80–84, 2002.
12. Bert R. Mandelbaum, Holly J. Silvers, Diane S. Watanabe, John F. Knarr, Stephen D. Thomas, Letha Y. Griffin, Donald T. Kirkendall and William Garrett, Jr Am J Sports Med 2005 33: 1003 DOI: 10.1177/0363546504272261
13. Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ, and Welch-Fry D. Can proprioception really be improved by exercise? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 9: 128–136, 2001.
14. Steven Robbins, Edward Waked\* and Ron Rappel, Ankletaping improves proprioception before and after exercise in young men, Br. J. Sports Med., Vol. 29, No. 4, pp. 242-247, 1995
15. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of

- ankle sprains. *Am J Sports Med* 1977;5:241–2.
16. Gandevia SC, McCloskey DI, and Burke D. Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends Neurosci* 15: 62–65, 1992.
  17. Gandevia SC, Smith JL, Crawford M, Proske U, and Taylor JL. Motor commands contribute to human position sense. *J Physiol* 571: 703–710, 2006.
  18. Bahr R, Lian O, Bahr IA. A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program: a prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports*. 1997;7: 172–177.
  19. Barker HB, Beynnon BD, Renstrom PAFH. Ankle injury risk factors in sport. *Sports Med* 1997;23:69–74.
  20. Beynnon BD, Renström PA, Konradsen L, et al. Validation of techniques to measure knee proprioception. In: Lephart SM, Fu FH, eds. *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability*. Pittsburgh, PA: Human Kinetics; 2000:127–138.
  21. Pearce JM. Romberg and his sign. *Eur Neurol* 2005; 53: 210-13
  22. Anskä DJ, Goetz CG. Romberg's sign: development, adoption, and adaptation in the 19th century. *Neurology* 2000; 55: 1201-6.
  23. Gait and Station en Campbell W. De Jongs the neurologic examination. Lippincott Williams & Wilkins. 6th Ed. 2005.



24. General Sensory Systems en Kiernan JA. (eds) Barr's The human nervous system. An anatomical viewpoint. 10th Ed. Ed. Lippincott Williams and Wilkins; 2014. ISBN 978-1-4511-7327- 7. p. 341-63.
25. Surve I, Schwellnus MP, Noakes T, et al. A fivefold reduction in the incidence of recurrent ankle sprains in soccer players using the Sport-Stirrup orthosis. *Am J Sports Med* 1994;22(5):601–6.
26. Campbell WW. The neurological exam. Course 7PC-001. AAN Syllabi CD ROM; 2006.
27. Ogard WK. Training for proprioception and kinesthesia. In: *Clinical Decisions in Therapeutic Exercise: Planning and Implementation*. Nyland J, ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson-Prentice Hall, 2006. pp. 273–305.
28. Hubscher M, Zech A, Pfeifer K, Hansel F, Vogt L, and Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 42: 413–421, 2010.
29. McHugh M, Bangsbo J, Lexell J. Principles of rehabilitation following sports injury: sports-specific performance testing. In: Kjaes M, Krogsgaard M, Magnusson P, et al, editors. *Textbook of sports medicine*. Oxford (United Kingdom): Blackwell Science; 2003. p. 201–25.
30. Xu D, Hong Y, Li J, and Chan K. Effect of tai chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *Br J Sports Med* 38: 50–54, 2004.

31. Emin Ergen, MD, PhD\*, Bu'lent Ulkar, MD, PhD Sports Medicine Department, Ankara University School of Medicine, Cebeci 06590, Ankara, Turkey, Clin sports Med 27 (2008) 195-217 Proprioception and Ankle Injuries in Soccer
32. RobbinsSE,WakedEG,MacClaranJ.Proprioceptionandstability: foot position awareness as a function of age and footwear. Age Ageing1995;24:67-72.
33. Inger Holm, PT, PhD,\* Merete Aarsland Fosdahl, PT,\* Astrid Friis, PT,\* May Arna Risberg, PT, PhD,† Grethe Myklebust, PT, PhD, Effect of Neuromuscular Training on Proprioception, Balance, Muscle Strength, and Lower Limb Function in Female Team Handball Players, Clin J Sport Med 2004;14:88–94
34. Co FH, Skinner HB, Cannon WD. Effect of reconstruction of the anterior cruciate ligament on proprioception of the knee and the heel strike transient. J Orthop Res 1993;11:696-704.
35. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments: a histological study. J Bone Joint Surg [Am] 1984;66-A:1072-6.
36. Bert R. Mandelbaum, Holly J. Silvers, Diane S. Watanabe, John F. Knarr, Stephen D. Thomas, Letha Y. Griffin, Donald T. Kirkendall and William Garrett, Jr. Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: 2-Year Follow-up Am J Sports Med 2005 33: 1003





