

UNIVERSIDAD DE SONORA

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS**

“Modelo para la estimación de la talla de pie en adultos basado en la longitud rodilla-talón y desarrollo de un antropómetro para su medición”



TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de

LICENCIADA EN CIENCIAS NUTRICIONALES

Presenta:
1942

Herminia Mendivil Alvarado

Hermosillo, Sonora

Noviembre de 2013

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess
APROBACIÓN

Los miembros del Jurado designado para revisar la Tesis Profesional de: **Herminia Mendivil Alvarado**, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el Título de Licenciada en Ciencias Nutricionales.

Dr. Mauro E. Valencia Juillerat

Director de Tesis

Dr. Rolando Giovanni Díaz Zavala

Secretario

M.C. Rosa Consuelo Villegas Valle

Vocal

M.C. Lesley Evelyn Antunez Roman

Suplente

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Sonora por los conocimientos brindados a lo largo de mi carrera profesional y por el total apoyo que me brindó en la realización de este proyecto.

Al Hospital General del Estado de Sonora y a su personal, por facilitar las instalaciones apropiadas para llevar a cabo las mediciones del presente trabajo.

A mi director de tesis, el Dr. Mauro E. Valencia Juillerat, por la oportunidad de permitirme trabajar a su lado y brindarme su paciencia, apoyo, tiempo y conocimiento en todo momento durante la realización de este proyecto.

A la M.C. Consuelo Villegas Valle, M.C. Lesley Evelyn Antunez Roman y al Dr. Giovanni Diaz Zavala, por su apoyo, paciencia y conocimientos aportados durante el proyecto. Gracias por su tiempo.

A mi amigo, el Ingeniero Cesar Dávila por apoyarme en el diseño del nuevo instrumento, por su tiempo, dedicación e ingenio, muchas gracias.

A mis buenos amigos y compañeros Brianda, Obed, Alain, Alejandra, José Manuel y Leonardo, por brindarme su apoyo y compañía en la realización de las mediciones.

A mis amigos y familiares que participaron como voluntarios en la etapa de mediciones, brindándome un poco de su tiempo para colaborar en este proyecto.

Agradezco a mi madre y hermanos por apoyarme en todo momento y ante cualquier circunstancia, por su comprensión y esas palabras de apoyo que me alentaban a seguir adelante en cualquier proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre por su esfuerzo, apoyo, cariño que me permitió llegar hasta este punto y alentarme a seguir en cada uno de mis proyectos, por su paciencia y comprensión.

A mis hermanos, que siempre han sido un ejemplo para mí, por su cariño, comprensión y apoyo.

A mis amigos y amigas que me apoyaron en este proyecto.

Los Quiero mucho.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
ANTECEDENTES.....	15
OBJETIVOS GENERAL.....	20
Objetivos Específicos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Muestra y diseño experimental.....	21
Mediciones Antropométricas.....	22
Peso.....	22
Talla.....	22
Longitud rodilla-talón medida con Antropómetro.....	22
Longitud rodilla-talón medida con Cinta métrica.....	23
Antropómetro de diseño propio.....	24
Diseño.....	24
Validación.....	25
Análisis estadístico.....	26
RESULTADOS	27
Validación del Antropómetro de diseño propio.....	27
Desarrollo del modelo de predicción.....	28

DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO 1. Forma de consentimiento informado.....	42
ANEXO 2. Cuestionario de información socio demográfica del voluntario.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Características físicas y antropométricas de la muestra piloto (ambos sexos)	27
2	Características físicas y antropométricas de los participantes.	28
3	Selección del mejor modelo predictivo	30
4	Ecuaciones finales de predicción de talla para ambos sexos	31
5	Coefficiente de correlación de concordancia	32

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Antropómetro de diseño propio para la obtención de la longitud rodilla-talón	24
2	Análisis Bland & Altman para antropómetro de diseño propio (izquierda) y cinta métrica (derecha)	32
3	Comparación de la talla estimada por ambas ecuaciones desarrolladas y la talla medida. Al lado izquierdo, talla estimada con ecuación A, validada con Antropómetro de Diseño Propio. Al lado derecho, talla estimada por ecuación B, validada con Cinta métrica.	33

RESUMEN

Actualmente la medición de distancias óseas son utilizadas para predecir la talla en adultos que no pueden tener una adecuada bipedestación y que por lo tanto no cumplen con la posición adecuada para la obtención de la estatura; las ecuaciones de predicción de talla no han sido desarrolladas para población adulta mexicana. El objetivo de este estudio fue desarrollar y validar modelos predictivos para la talla de pie en adultos mexicanos, así como desarrollar un instrumento de medición alternativo a los antropómetros comerciales para este mismo propósito. Se midió a 240 adultos de ambos sexos, con edades de 20 a 59 años, de nacionalidad mexicana y sin que presentaran problemas en columna vertebral. Dentro de las mediciones antropométricas estuvieron peso, talla de pie y longitud rodilla-talón (medida con antropómetro de referencia, antropómetro de diseño propio y cinta métrica). Se compararon las mediciones realizadas con en antropómetro de referencia y el antropómetro de diseño propio, al no encontrar diferencia significativa entre los mismos se continuó las mediciones con este último solamente. Se desarrolló un modelo predictivo para cada instrumento de medición (antropómetro de diseño propio y cinta métrica) y las pendientes dadas por la relación de la media de las tallas por ambos métodos (real y estimada) con respecto a la diferencia entre ellas, mostró una relación inversa significativa. Por lo tanto a valores muy bajos de talla tanto el Antropómetro de Diseño Propio como la Cinta Métrica, tienden a sobre-estimar la talla real, y a valores muy altos, a subestimarla. La exactitud individual de las ecuaciones se calculó a partir de los modelo de regresión simple entre la talla real y la talla estimada por el Antropómetro de Diseño Propio y por la Cinta Métrica, para ambos instrumentos no hubo diferencia con la línea de identidad y los interceptos no fueron diferentes a cero, ni la pendiente fue diferente de 1.0. Los coeficientes de concordancia para ambas ecuaciones, fueron de concordancia moderada entre la talla real y la estimada. Por otra parte se obtuvieron niveles de error estándar del estimador (EE) menores y mayor nivel de variabilidad del modelo (R^2) que los reportados por la literatura, por lo que las ecuaciones aquí descritas son una buena opción para la predicción de talla en adultos mexicanos, con tallas comprendidas entre 1.43 cm y 1.84 cm.

INTRODUCCIÓN

La estatura humana, ha sido objeto de estudio durante mucho tiempo por diferentes especialistas, que incluyen a biólogos humanos, antropólogos físicos, economistas, entre otros (Panero y Zelnik, 1996).

El histórico interés por la estatura humana, tiene sus inicios en el siglo XVIII; en 1829 aparecen los primeros estadísticos franceses Adolphe Quetelet, de quien destaca su trabajo sobre niños en Bélgica, y Louis R. Villerme, ambos establecieron que la estatura adulta es el resultado de múltiples factores biológicos y socio económicos. Se considera que Villerme publicó el primer tratado de antropometría, donde relacionaba el estado económico del país con la estatura de sus pobladores, y sostuvo que la estatura física es mayor en aquellos países con mejor nivel de desarrollo. Además de relacionar la diferencia de tallas entre países, con el nivel de vida y las condiciones sociales de cada una de ellas (Kolmos y Meermann, 2004).

Los resultados de estas investigaciones iniciales, muestran la variabilidad y la diversidad biológica de las diferentes poblaciones.

Por otra parte, el historiador francés Emmanuel Le Roy Ladurie, fue el primero en utilizar la estatura para investigar aspectos sociales y económicos de las poblaciones, pues analizó la talla de los reclutas franceses durante la primera mitad del XIX, utilizando como fuente los archivos militares.

Le Roy, argumenta que la estatura está determinada por factores culturales y de educación, y no son solamente los factores genéticos los que influyen en el resultado de la estatura final adulta. En sus estudios en la década de 1840, muestra como los soldados que sabían leer y escribir presentan una talla 1.4 cm más elevada que la de los soldados analfabetas, quienes presentaban una talla menor. La razón para estas relaciones fueron explicadas por el nivel de educación y la pobreza que tenía esta población, ya que en Francia el acceso a la educación estaba reservado a familias con un estatus socio económico elevado, y eran ellos los que podían proporcionar la educación primaria a sus hijos. Estos estudios establecieron el nacimiento de la historia antropométrica (Kolmos y Meermann, 2004).

Pero no fue hasta el tercer cuarto del siglo XIX, cuando el desarrollo de la antropometría se consolidó, teniendo de antecedente la Historia antropométrica, con los

trabajos realizados por Robert Fogel, John Komlos, Richard H. Steckel o Roderick Floud, entre otros, los cuales emplean los indicadores antropométricos, especialmente la talla, para evaluar los cambios en el cuerpo humano, así como las relaciones que existen entre el crecimiento económico y el desarrollo humano, sin dejar de lado a los factores socio económicos y ambientales determinantes.

James Tanner, uno de los especialistas con más renombre menciona que la talla es el espejo del nivel de vida de una sociedad. Las fuentes utilizadas para los análisis de Tanner, van desde la antigüedad hasta bien entrado el siglo XX, donde se incluye el análisis del contenido de documentos (Tanner, 1994).

En América Latina, se han realizado investigaciones sobre antropometría histórica, desde principios de 1990. La mayor parte de estos trabajos se centran en Colombia, Argentina y México.

Específicamente en México, destaca el trabajo de Moraya Lopez- Alonso en la Universidad de Stanford en el año 2000. Su análisis se basó en datos recopilados de los archivos de la Secretaría de Relaciones Exteriores y de la Secretaría de Defensa. Los resultados muestran que la estatura de los participantes no tuvo un cambio a largo plazo. Y no fue hasta el periodo de 1877 a 1911, donde hubo una ligera tendencia decreciente, que se vio recuperada en los años de la revolución. Es decir, la estatura de los mexicanos de origen trabajador, a mediados del siglo XIX era similar a lo que había sido en 1870. La conclusión principal del autor es que entre 1870 y 1950 la estatura promedio de los mexicanos tuvo un aumento moderado (Moraya, 2003).

Cabe destacar también la participación del historiador Amilcar Challu, quien ha colaborado en la historia antropométrica en México, al usar la estatura de los mexicanos para evaluar el desarrollo que tuvo esta misma medición con el paso del tiempo y cómo fue afectada por ciertos factores, entre los que destaca las enfermedades.

Su estudio de la estatura en mexicanos comprende de 1740 a principios de la década de 1800, donde haciendo uso del registro de 2 300 reclutas, y concluye que en este periodo de tiempo no hay un cambio en la estatura en México, basado en esta muestra. Sin embargo hace una división en la línea del tiempo, y menciona que en el periodo que va de 1805-1809 a 1830-1834, hay un decremento en la talla, la cual se ve recuperada en 1835-1849,

donde a pesar de los resultados, el número reducido de muestra dificulta poder extrapolar significativamente este cambio (Meisel y Vega, 2006).

El autor relaciona las variaciones en la estatura a las epidemias por las que atravesó México durante el periodo mencionado, ya que coinciden con la epidemia de cólera en 1833, Tifo en 1813 y Viruela en 1803. Aunado a lo anterior resalta la depresión económica por la que pasó nuestro país, después de la independencia, lo que al parecer también fue un factor que afectara la estatura vigente de la población.

Tiempo después a principios de la década de 1950, esta tendencia de fluctuaciones en la estatura se mantiene, pues en un inicio se había presentado una baja en la talla, que después fue recuperada en el periodo de 1971-1975, que finalmente tendió a bajar de nuevo. Esto fue resultado de la investigación hecha por el historiador Henderson y su interés en el comportamiento de la estatura en la población mexicana (Kolmos y Meermann, 2004).

Si bien las inicialmente la antropometría nace en Francia, no fue sino en Estados Unidos donde fue consolidada. El papel que juega cada unos de los países colaboradores en esta rama de estudio, es de suma importancia, pues fue a través de los múltiples estudios e investigaciones como se establecieron las bases para los conocimientos de la actualidad.

Así la importancia de la estatura o talla, como indicador antropométrico no abarca solo las ciencias exactas, si no que es utilizada por historiadores para estudiar los cambios producidos en el cuerpo humano y la relación de éstos con determinantes socio-económicas, ambientales y genéticas.

El avance que se presentó en este campo de estudio, revela la importancia de tener indicadores antropométricos adecuados para cada población, ya que las variaciones inter regionales de un mismo país pueden ser un factor condicionante que influya en la estatura final del individuo.

La estatura como indicador antropométrico es de gran ayuda, sin embargo al ser combinado con el peso, resulta lo que se conoce como Índice de Masa Corporal (IMC), esta asociación de mediciones fue ideada por el estadístico belga Adolphe Quetelet. La expresión matemática del resultado de esta asociación, no es un valor constante y varía dependiendo el sexo y edad.

En el caso de los adultos, el IMC es de gran ayuda para evaluar el estado nutricional de poblaciones, al seguir los valores propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Dichos valores van desde delgadez extrema hasta Obesidad tipo III, y son utilizados en adultos, independientemente de la edad o sexo (OMS, 2012).

La practicidad en la forma de obtener estas mediciones las cataloga como las más utilizadas por el personal de salud. En el caso de la talla las mediciones realizadas en población sana no presentan ningún inconveniente, sin embargo la medición de la estatura en aquellas personas que presentan problemas e columna o en extremidades inferiores, representa un problema para los antropometristas y para la población con estas características.

Por lo anterior se han desarrollado relaciones con longitudes óseas corporales y la talla de pie. Con esta relación, se busca predecir la talla de pie en aquellos individuos que no puedan ser medidos de manera convencional, debido a problemas posturales o al proceso propio del envejecimiento (Rodriguez y Lazcano, 2011).

Los estándares para la predicción de talla en adultos ha sido estudiada por múltiples investigadores; quienes han utilizado la longitud rodilla talón como medición alternativa en aquellas personas que no puedan ser incorporadas de cama o tengan curvaturas de la columna vertebral muy pronunciadas (Pietro de Nicola, 1985; Chandler, 1991).

A través de este segmento óseo, se han desarrollado fórmulas de predicción de talla en diversas población del mundo (Chumlea y col., 1998), sin embargo la población adulta mexicana no cuenta con un algoritmo predictivo, por lo que se hace uso de ecuaciones de predicción de talla validadas en poblaciones diferentes; lo que trae los consiguientes errores en la estimación, debido a que existen diferencias en las condiciones socio económicas, ambientales y de carga genética que forman parte de la estatura final de los individuos.

Cabe destacar que la medición de este segmento corporal se realiza con instrumentos de elevado costo, lo que limita el acceso en dependencias de salud, quienes hacen uso de instrumentos alternativos como cintas métricas o instrumentos conformados por reglas y escuadras; lo que limita la exactitud y capacidad de predicción de la talla, aumentando con ello el error en la estimación de la estatura.

Es por ello que el objetivo de este estudio va encaminado al desarrollo de modelos predictivos de la talla de pie en base a la longitud rodilla-talón, para población mexicana, así

como el desarrollo y validación de un instrumento alternativo utilizado en la medición de la longitud rodilla-talón.

ANTECEDENTES

En la actualidad, los problemas de salud relacionados con el estado nutricional van en aumento. Las estadísticas señalan que la prevalencia de obesidad mundial se ha duplicado en los últimos 20 años, y que cada año mueren 2.6 millones de personas debido al sobrepeso o la obesidad. En contraparte, alrededor de 1.5 millones de niños fallecen a causa de emaciación. Ambos extremos pueden mermar el sano crecimiento de la población en general y ocasionarles una muerte prematura si no se les interviene adecuadamente (OMS, 2012), además de afectar el desarrollo económico del país.

En el mundo hay aproximadamente 165 millones de niños con retraso del crecimiento a causa de la escasez de alimentos, dietas pobres en vitaminas y minerales y enfermedades (OMS, 2012). Ante dicha problemática, el diagnóstico nutricional se ha vuelto una de las herramientas fundamentales para identificar a las poblaciones en riesgo, pues a través de la antropometría se realizan las evaluaciones y mediciones corporales necesarias para el diseño de las intervenciones apropiadas, según sea la problemática.

La antropometría se ocupa de medir las dimensiones físicas corporales, las cuales pueden ser útiles para estudiar el crecimiento humano y evaluar el estado de salud en las diferentes etapas del ciclo de vida. Es una buena herramienta para estimar la composición corporal de los individuos con algún grado de riesgo de salud, así como para analizar los cambios en las dimensiones corporales por efecto de la actividad y el ejercicio. Su uso es importante para evaluar la adecuación de la dieta y establecer indicadores y puntos de corte para la evaluación del estado de salud individual y colectivo (Gibson, 1990).

Es una disciplina de gran ayuda en especialidades médicas y no médicas puesto que es utilizada en la práctica clínica de Medicina y Nutrición, así como en estudios epidemiológicos, clínicos, metabólicos, entre otros.

Con dichas mediciones se logra establecer indicadores antropométricos que resultan de tamaño y proporciones corporales. Estos son de gran ayuda en la evaluación del estado de salud individual (Espinoza y col., 2007; Fernández y col., 2005), ya que se relacionan con la posibilidad de desarrollar algún padecimiento que perturbe el óptimo estado de salud. Así, el sobrepeso y la obesidad están directamente relacionados con el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas como diabetes, hipertensión, cardiopatías, etc.

Dentro de las variables antropométricas más utilizadas por su facilidad de aplicación destacan el peso y la talla. Existen relaciones (índices) entre las medidas antropométricas que sirven para dar un acercamiento más preciso al estado nutricional del individuo. Índices como el de Quetelet (o Índice de Masa Corporal, IMC), circunferencia cefálica para la edad, peso para la edad, peso para la talla, y talla para la edad, se derivan de mediciones antropométricas (Gibson, 1990; NESTLE, 2006).

La adecuada nutrición durante las diferentes etapas del ciclo de vida es de gran importancia, especialmente en la infancia, ya que la edad adulta es el reflejo de las condiciones que afectan positiva o negativamente la talla actual.

Existen marcadores antropométricos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2012) que facilitan el seguimiento del desarrollo y crecimiento humano (Pajuelo y Medrano, 2009). Uno de los más reconocidos, el Índice de Masa Corporal, es el más utilizado en estudios de tipo epidemiológicos como indicador de sobrepeso u obesidad en adultos, niños y adolescentes. A nivel hospitalario, los índices antropométricos son usados generalmente para identificar los estados de desnutrición, sobrepeso u obesidad, así como para monitorear las intervenciones nutricionales (Espinoza y col., 2007; Berger y col., 2008; Thomas y Bishop, 2007)

La talla es una de las variables antropométricas que mejor refleja el crecimiento corporal en el niño y el adolescente y presenta una buena relación con la masa muscular del individuo (Fernández y García, 1998). La estatura de una persona puede ser resultado de situaciones desfavorables ocurridas en la infancia, que pudieron haber limitado el crecimiento y dar como consecuencia una estatura final baja en la edad adulta. Sin embargo, la talla por sí sola no refleja todos los aspectos del crecimiento, por lo que debe acompañarse de otras dimensiones corporales para ser utilizada como indicador antropométrico. Un ejemplo es el Índice de Quetelet o Índice de Masa Corporal (IMC), indicador mixto que relaciona el peso corporal expresado en kg, dividido por la talla o estatura en metros, elevado al cuadrado. En este sentido la medición de la estatura, junto a otras mediciones corporales, son de gran importancia para la evaluación del estado nutricional y la salud del individuo en general (Gibson, 1990).

Por todo lo anterior, la medición de la talla en individuos de todas las edades, es una práctica común en el campo clínico y de investigación. Sin embargo, la estatura puede verse afectada por procesos mórbidos como la osteoporosis, amputaciones, problemas de columna,

un largo tiempo en cama, etc. lo cual impide adoptar una posición erguida de pie o una adecuada bipedestación.

Se sabe que con la edad se produce una pérdida de estatura (1 cm por década a partir de los 40 a 50 años), que suele atribuirse a la pérdida de masa ósea y la consecuente reducción de la altura de los cuerpos vertebrales (Rodríguez y Lascano, 2011; D'Hyver y Gutierrez, 2009), así como otros cambios en columna vertebral (Pietro de Nicola, 1985; Pini y col., 2001; Chandler y Bock, 1991; Falque y col., 2005) .La pérdida de hueso es en particular notable durante el periodo pre menopáusico y posmenopáusico, aunque en algunas ocasiones la pérdida de masa ósea puede ser similar o incluso mayor durante la octava y novena décadas de la vida. Se ha calculado que, a lo largo de la vida las mujeres pierden más del 40% de la masa ósea en columna y casi 60% en la cadera (Rodríguez y Lascano, 2011; Pietro de Nicola, 1985), lo que se refleja en cambios posturales y movilidad de las personas de esta edad.

Ante dicha problemática, diversos investigadores han hecho uso de la longitud de segmentos óseos para la predicción de la talla (Berger y col., 2008; Thomas y Bishop, 2007; Fernández y García, 1998; Suverza, 2010). Actualmente la medición de distancias óseas resulta de gran ayuda, pues son utilizadas para predecir la talla en adultos que no pueden tener una adecuada bipedestación y que por lo tanto no cumplen con la posición adecuada para la obtención de la talla. Algunos de estos segmentos corporales: media brazada, brazada completa, longitud rodilla-talón, entre otros, se han utilizado para el desarrollo de modelos matemáticos predictivos, para estimar la talla de pie del individuo (NESTLE, 2006).

Sin embargo, siempre existen diferencias en los resultados de la talla estimada, dependiendo del segmento utilizado. Hay estudios que demuestran que la medición de la longitud rodilla-talón, suele ser el mejor predictor del valor real de la estatura comparado con otros segmentos óseos (Berger y col., 2008; Barba y col., 2008).

Con base en el principio de que los huesos largos no sufren alteraciones importantes durante el proceso de envejecimiento (Falque y col., 2005; Bennundez y Tucker, 2000), resulta una alternativa para la obtención de la talla estimada en adultos que así lo requieran dependiendo de las condiciones en las que se encuentre.

Específicamente, la longitud rodilla talón representa una medición fácil de tomar, en comparación a las demás; pues en ocasiones son los mismos problemas de salud o de la edad los que impiden al individuo el adoptar ciertas posiciones; incluso, la inconsciencia de pacientes

hospitalizados dificulta el posicionamiento correcto o el estiramiento de dichas extremidades, como es el caso de la brazada (NESTLE, 2006; Berger y col., 2008; Hernández y Herrera, 2010).

La longitud rodilla-talón se mide con el individuo en posición supina o sentado, y es muy fácil de realizar ya que la persona solo debe de hacer un esfuerzo mínimo por flexionar su pierna (Gibson, 1990; NESTLE, 2006).

La facilidad en la medición de esta longitud, ha llevado a diversos investigadores a desarrollar ecuaciones de predicción de talla basadas en ella; y las cuales han sido dirigidas a poblaciones específicas; por ejemplo, caucásicos? hispanos, blancos, afroamericanos, asiáticos, etc. (Chumlea, 1994; Chumlea y col., 1998; Pini y col., 2001). En la actualidad hay poblaciones y grupos de edad que no cuentan con una herramienta adecuada de este tipo.

Algunas de las ecuaciones más conocidas fueron desarrolladas por Chumlea, para la población de Estados Unidos de Norteamérica (EUA); y de ahí partieron las diferentes adaptaciones para grupos específicos (Chumlea, 1994; Chumlea y col., 1998).

Sin embargo, hacer uso de las adaptaciones no siempre es lo más acertado, debido a que provienen de ecuaciones desarrolladas para poblaciones específicas, que no necesariamente reflejan los factores genético-ambientales de las nuestras (Oliveira y Filho, 2007; Mendoza y col., 2002).

Por otra parte, el desarrollo de fórmulas específicas para cada población resulta de vital importancia, ya que el uso de esta predicción tiene múltiples aplicaciones, tanto en el ámbito de la salud pública como en el clínico, especialmente en los hospitales (Berger y col., 2007).

También es importante mencionar que los instrumentos (antropómetros) disponibles comercialmente para este efecto son de costo muy elevado, lo que dificulta su acceso y por tanto, limita la aplicabilidad del método. Es por esto que comúnmente se recurre a mediciones hechas con cinta métrica, escuadras y reglas T (Guzman y col., 2005; Sierra, 2009) para utilizarlas en ecuaciones de predicción que han sido validadas con un antropómetro, con los consecuentes errores de predicción en el proceso (Bennúndez y Tucker, 2000; Oliveira y Filho, 2007).

Debido a esta problemática, se ha investigado más a fondo la medición de la longitud rodilla-talón realizada con cinta métrica, práctica comúnmente empleada en hospitales para la

obtención de la talla de pie. Guzmán y colaboradores, han desarrollado modelos de estimación de talla midiendo este segmento óseo con cinta métrica, y han modificado la técnica ya existente para la medición de esta longitud (Guzmán y col., 2005).

La ecuación está destinada a adultos de población Venezolana, en su investigación concluye que la cinta métrica es un buen instrumento de medición y arroja una buena predicción de talla de pie, utilizando las ecuaciones apropiadas y validadas para dicho instrumento. De no ser así, se aumenta la probabilidad de error en la predicción.

Las inconsistencias en la predicción de talla, podría resultar en estimación errónea de los niveles de sobrepeso, obesidad y desnutrición, o incluso errores en el cálculo de requerimientos nutrimentales (Cockram y Baumgartner, 1990).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo es el desarrollo y validación de modelos predictivos para la talla de pie en adultos de población mexicana, así como el desarrollo de un instrumento de medición alternativo a los antropómetros comerciales para este mismo propósito.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar y validar modelos predictivos para la talla de pie en adultos mexicanos, así como desarrollar un instrumento de medición alternativo a los antropómetros comerciales para este propósito.

Objetivos específicos

1. Medir la talla de pie y la longitud rodilla-talón a 240 adultos, con el instrumento desarrollado y el antropómetro Holtain de referencia.
2. Realizar las mismas mediciones por medio de cinta métrica a la usanza de los hospitales, y contrastar los resultados obtenidos utilizando la técnica estándar en cada instrumento en una submuestra.
3. Desarrollar un modelo multivariado predictor de la talla de pie con base en la longitud rodilla-talón, utilizando predictores adicionales como sexo y edad. Desarrollar y comparar modelos adicionales para cada década de vida y contrastarlos con el modelo general.
4. Comparar las mediciones del antropómetro desarrollado con el antropómetro de referencia.

METODOLOGIA

Muestra y Diseño Experimental

Se utilizó una muestra seleccionada por conveniencia para el desarrollo y validación del modelo predictivo de talla en adultos. La muestra fue de 240 personas de ambos sexos, con edades entre los 20 y 59 años de edad, de residencia local o regional, y de nacionalidad mexicana. Las mediciones se realizaron en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad de Sonora y en el Hospital General del Estado entre Noviembre de 2012 y Abril de 2013. Se aplicaron los siguientes criterios de exclusión: imposibilidad o dificultad para la bipedestación, deformaciones en la columna y/o extremidades inferiores referidas por el participante o su médico; amputaciones de cualquier extremidad que impidan la adecuada posición para la obtención de talla o la medición del segmento corporal de interés, así como diagnósticos previos de osteoporosis u osteopenia.

A su vez, esta población de individuos se subdividió en 4 grupos, por década de edad: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 años; distribuida equitativamente por sexo.

A todos los participantes (n=240) se les explicó el protocolo a seguir, y se les presentó el formato de consentimiento informado para su conocimiento y aceptación, de ser el caso (Anexo 1). Posteriormente en una primera y única entrevista se les aplicó un cuestionario correspondiente a su información socio demográfica y de salud (Anexo 2) para los propósitos del proyecto.

Mediciones Antropométricas

Talla. La medición de talla se realizó con un estadiómetro Holtain portátil, de 2100 ± 1 mm (Holtain Ltd, Reino Unido). La persona debía estar sin zapatos, pies con puntas ligeramente separadas, cuerpo completamente apoyado en el estadiómetro (tallímetro), cabeza en plano de Frankfurt y cabello suelto. Se tomó la medición al final de una exhalación suave.

Peso. Se midió con una balanza marca Seca Modelo 872 (Seca GmbH & Co., Hamburgo, Alemania; capacidad 200 ± 0.05 kg). La persona vestía ropa ligera, sin zapatos, bolsillos vacíos y sin accesorios (cintos, collares, relojes, etc.). Para la medición el sujeto se colocó en posición de firmes, mirando hacia el frente, sin movimiento al momento de tomar la medición.

Longitud rodilla-talón (LRT). Se midió en la pierna izquierda del participante con el antropómetro de referencia Holtain (ARH), con el antropómetro de diseño propio (ADP) y con la cinta métrica para antropometría marca Gulik (CM). Durante la medición de longitud rodilla-talón en mujeres, se les cubrió la parte de muslo y cadera con una tela para proteger su privacidad.

Medición con antropómetro de referencia Holtain (ARH) y antropómetro de diseño propio (ADP). El participante se colocó en posición supina y se le pidió doblar la pierna para formar un ángulo de 90° con la rodilla. Una de las piezas que conforman el instrumento se posicionó bajo el talón del mismo pie y la otra pieza se colocó sobre la superficie anterior del muslo izquierdo por encima de los cóndilos del fémur y proximal a la rótula. La pieza principal se mantuvo paralela al eje de la tibia, mientras la pieza que se desliza aplicó presión leve para tomar dicha medición entre los dos procesos óseos. Las mediciones se realizaron por duplicado (Gibson, 1990).

Medición con cinta métrica (CM). El sujeto se colocó en posición de decúbito dorsal con las piernas extendidas y los pies formando un ángulo de 90° con relación a la pierna; las puntas de los dedos orientadas hacia arriba. El extremo inicial de la cinta se colocó a la altura del epicóndilo externo del fémur, tomando como referencia 5 cm por detrás del borde superior de la rótula. Para tomar esta medición, la cinta debe descender y pasar por el maleolo externo, y permanecer paralela a lo largo de la tibia hasta llegar al borde inferior del pie, lugar donde se tomó la lectura en milímetros.

Antropómetro de Diseño Propio (ADP)

Diseño. El antropómetro propio consiste en una pieza principal de plástico Nylamind de forma recta con un extremo en forma de escuadra (Figura 1). Consta de 3 piezas de plástico; la pieza principal cuenta con una regla metálica graduada en centímetros y milímetros a la cual se le ajustan las otras dos piezas adicionales, formando con esto una sola pieza que se desliza sobre la parte principal del instrumento. El punto de medición forma un ángulo de 90° y refleja la longitud del segmento medido. El instrumento tiene la suficiente movilidad para ajustarse a la toma de la medición.

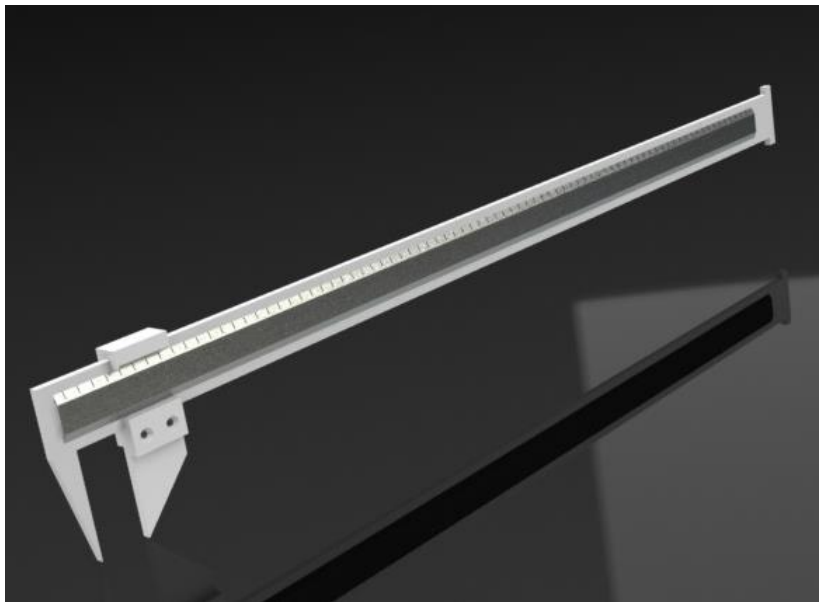


Figura.1. Antropómetro de diseño propio para la obtención de la longitud rodilla-talón

Validación. La validación del antropómetro se llevó a cabo utilizando un antropómetro Holtain como referencia (Holtain Ltd. London, Reino Unido). Para este propósito se midieron 50 sujetos de ambos sexos con la técnica descrita anteriormente.

Se compararon las mediciones hechas con el antropómetro de referencia Holtain con las del Antropómetro de Diseño propio. Al no encontrar diferencias significativas entre los mismos, se decidió continuar las mediciones del segmento óseo, únicamente con el Antropómetro de Diseño Propio.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron usando el programa estadístico NCSS 2008 (Number Cruncher Statistical System for Windows, Kaysville, UT, EUA). La validación del antropómetro de diseño propio se realizó mediante comparación de medias por una prueba de t-Student pareada, previa verificación de la normalidad y homogeneidad de varianza de las dos distribuciones.

La validación del método se hizo con la población de 240 individuos. Para esto, se hizo una selección aleatoria, acotada por sexo, para formar dos grupo definidos; uno, para el desarrollo de la ecuación ($n= 120$), y otro para el proceso de validación (Macias, 2007).

El desarrollo de la ecuación se llevó a cabo mediante el uso de modelos multivariados, principalmente “Todas las Regresiones posibles” y “Regresión Múltiple”. Previo al desarrollo de los algoritmos, se verificó la normalidad de la distribución de cada variable y las asociaciones entre las mismas.

Para la selección del mejor modelo predictivo obtenido al aplicar el método de “Todas las regresiones posibles”, se identificó los subgrupos de variables en los cuales el coeficiente de Mallow (C_p) fuese el que garantizara el modelo menos sesgado (Zar, 1990), y que corresponde al valor más cercano al número de variables independientes más uno. Los posibles modelos seleccionados corresponden a los valores máximos de R^2 (Proporción de la Varianza explicada en el modelo) y mínimos en el error estándar del estimador, que es la raíz cuadrada del cuadrado medio del error. La variable dependiente fue la talla de pie (cm); y las variables independientes, la longitud rodilla-talón (cm), la edad decimal en años y el sexo (0, mujeres y 1, hombres).

Posterior a la obtención de los modelos, se hicieron las regresiones múltiples para cada década y sexo, e instrumento de medición de la longitud rodilla- talón y se hizo el diagnóstico de colinealidad e identificación de valores extremos como parte del diagnóstico de la regresión. La no inclusión de valores extremos mejora el comportamiento de los modelos predictivos al eliminar variaciones en la normalidad. Luego, los modelos seleccionados se aplicaron en el grupo de validación para calcular la talla de pie, y se compararon con los valores medidos de talla de pie. Finalmente se realizaron los análisis de Concordancia y exactitud, precisión y sesgo (análisis de Bland Altman).

RESULTADOS

Validación del Antropómetro de Diseño Propio (ADP)

Inicialmente se analizaron 50 datos para la validación del antropómetro de diseño propio. El análisis descriptivo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y antropométricas de la muestra preliminar (ambos sexos)

	Media \pm DE [min, max]
	n= 50
Peso, Kg	69 \pm 14.4 [45 - 107]
Talla de pie, cm	168 \pm 8.26 [147 - 181]
LRT Antrop*, cm	52.2 ^a \pm 2.91 [46 - 57]
LRT Holtain**, cm	52.1 ^a \pm 2.92 [47 - 57]

Media \pm Desviación estándar [Intervalo: mínimo, máximo].

**Longitud Rodilla Talón medida con antropómetro de diseño propio, unidad centímetros. **Longitud Rodilla Talón medida con Antropómetro Holtain. Las medias con igual superescrito en columna son iguales entre sí ($p>0.05$)*

Al compararse la longitud rodilla talón medida con el Antropómetro de referencia Holtain y el Antropómetro de diseño propio en 50 sujetos, la diferencia fue de 0.06 cm, y no fue significativa ($p>0.05$).

Por lo anterior, la muestra destinada al desarrollo y validación del modelo predictivo para la talla, solamente fue medida con ADP y cinta métrica.

Desarrollo del Modelo de Predicción de Talla

Las características físicas de los 240 participantes del presente trabajo se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características físicas y antropométricas de los participantes.

	Mujeres (n=120) Media \pm DE [min, max]	Hombres (n=120) Media \pm DE [min, max]
Peso, kg	69 \pm 11.2 [45, 102]	84 \pm 14.7 [51, 144]
Talla de pie, cm	160 \pm 6.31 [142,172]	172 \pm 6.48 [155,189]
LRT Antrop*, cm	49.2 \pm 2.30 [42.5,54.1]	54 \pm 2.65 [46.2,59.9]
LRT Cinta**, cm	45.1 \pm 2.35 [38,50]	49.6 \pm 2.56 [43.1,55.5]

*Media \pm Desviación estándar [Intervalo: mínimo, máximo]. *Longitud Rodilla Talón medida con antropómetro de diseño propio, unidad centímetros. **Longitud Rodilla Talón medida con cinta métrica, unidad centímetros.*

Se desarrolló un modelo predictivo para cada instrumento con el que se midió la longitud rodilla-talón (antropómetro de diseño propio y cinta métrica). Primeramente, se exploró el resultado de las regresiones múltiples para cada instrumento de medición (grupo para desarrollo de la ecuación, n=120), y se exploraron las diferentes posibilidades en el desarrollo del mejor modelo predictivo, con divisiones entre grupos de edad y sexo, tal como se muestra en la Tabla 3.

Después de realizar las regresiones múltiples para cada subgrupo por década, y posteriormente por sexo, se puede observar cómo dentro de los grupos por década, los modelos con mayor R^2 corresponden a las décadas entre 20-29 y 30-39 años; sin embargo, a medida que se avanza en edad, el valor de R^2 tiende a disminuir y el error estándar del estimador, a aumentar. Por ello, se optó por explorar más a fondo los modelos que incluyeran a todos los sujetos, para aumentar el tamaño de muestra, con la expectativa de obtener mejores algoritmos de predicción.

En estos modelos, el análisis de residuales permitió identificar valores extremos (Valor de R- Estudentizado $\geq |2|$). Se encontraron 8 y 9 valores extra límite para antropómetro de diseño propio y cinta métrica, respectivamente. Como resultado de todo el proceso, se optimizó la predicción de la talla y se redujo el error estándar del estimador. Las ecuaciones obtenidas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 3. Selección del mejor modelo predictivo

N	Edad (años)	Sexo	Método	Modelo predictivo para talla	R²	EE
60	20-29	M y F	Antropómetro	$31.7571 + (2.6081 \times \text{LRTa})$	0.91	2.46
			Cinta Métrica	$52.1835 + (2.4078 \times \text{LRTc}) + (3.3063 \times \text{S})$	0.93	2.29
60	30-39	M y F	Antropómetro	$47.7656 + (2.3087 \times \text{LRTa})$	0.89	2.84
			Cinta Métrica	$52.6035 + (2.3752 \times \text{LRTc}) + (2.6349 \times \text{S})$	0.85	3.42
60	40-49	M y F	Antropómetro	$26.3641 + (2.4147 \times \text{LRTa}) + (0.3429 \times \text{E})$	0.89	2.95
			Cinta Métrica	$40.2542 + (2.3447 \times \text{LRTc}) + (0.3283 \times \text{E})$	0.87	3.31
60	50-59	M y F	Antropómetro	$48.8610 + (2.2238 \times \text{LRTa}) + (4.7096 \times \text{S})$	0.89	3.23
			Cinta Métrica	$64.5838 + (2.0849 \times \text{LRTc}) + (3.6148 \times \text{S})$	0.88	3.41
120	20-59	F	Antropómetro	$44.3145 + (2.3933 \times \text{LRTa}) - (0.0557 \times \text{E})$	0.80	2.84
			Cinta Métrica	$56.6550 + (2.3348 \times \text{LRTc}) - (0.0521 \times \text{E})$	0.79	2.91
120	20-59	M	Antropómetro	$56.0268 + (2.1658 \times \text{LRTa})$	0.78	3.01
			Cinta Métrica	$70.6326 + (2.1421 \times \text{LRTc}) - (0.1037 \times \text{E})$	0.72	3.42
240	20-59	M y F	Antropómetro	$47.7092 + (2.2800 \times \text{LRTa}) - (2.1530 \times \text{S})$	0.89	2.97
			Cinta Métrica	$59.4473 + (2.2278 \times \text{LRTc}) - (2.8437 \times \text{S})$	0.86	3.31

EE= Error Estándar del Estimador o raíz Cuadrada del cuadrado medio del error. M= Sexo masculino, S= Sexo Femenino. LRTa= Longitud Rodilla Talón medida con Antropómetro. LRTc= Longitud Rodilla Talón medida con Cinta métrica. S= Sexo (0= Mujer, 1= Hombre). E= Edad del participante en años.

Tabla 4. Ecuaciones finales de predicción de talla para ambos sexos

N	Instrumento de medición	Ecuación desarrollada	R²	EE
112	Antropómetro de Diseño Propio	Talla (cm) = 49.7857 + (2.2398 x LRTa) + (2.0699 x S)	0.93	2.30
111	Cinta Métrica	Talla (cm) = 65.4547 + (2.1695 x LRTc) - (0.0798 x E) + (2.6168 x S)	0.92	2.40

LRTa: Longitud rodilla-talón medida con antropómetro de diseño propio. **LRTc:** Longitud rodilla-talón medida con cinta métrica. **S:** Sexo (0, mujer y 1, hombre). **E:** Edad en años. **EE:** Error Estándar del Estimador o raíz Cuadrada del cuadrado medio del error.

El análisis Bland Altman (Figura 1) se utilizó para analizar la discrepancia entre la talla estimada por el Antropómetro de Diseño propio o por la Cinta Métrica, versus la talla de pie medida o real. Las pendientes dadas por la relación de la media de las tallas por ambos métodos (real y estimada) con respecto a la diferencia entre ellas, mostró una relación inversa significativa. Esto indica que en ambos instrumentos y con las técnicas utilizadas, a valores muy bajos de talla tanto el Antropómetro de Diseño Propio como la Cinta Métrica, tienden a sobre-estimar la talla real, y a valores muy altos, a subestimarla.

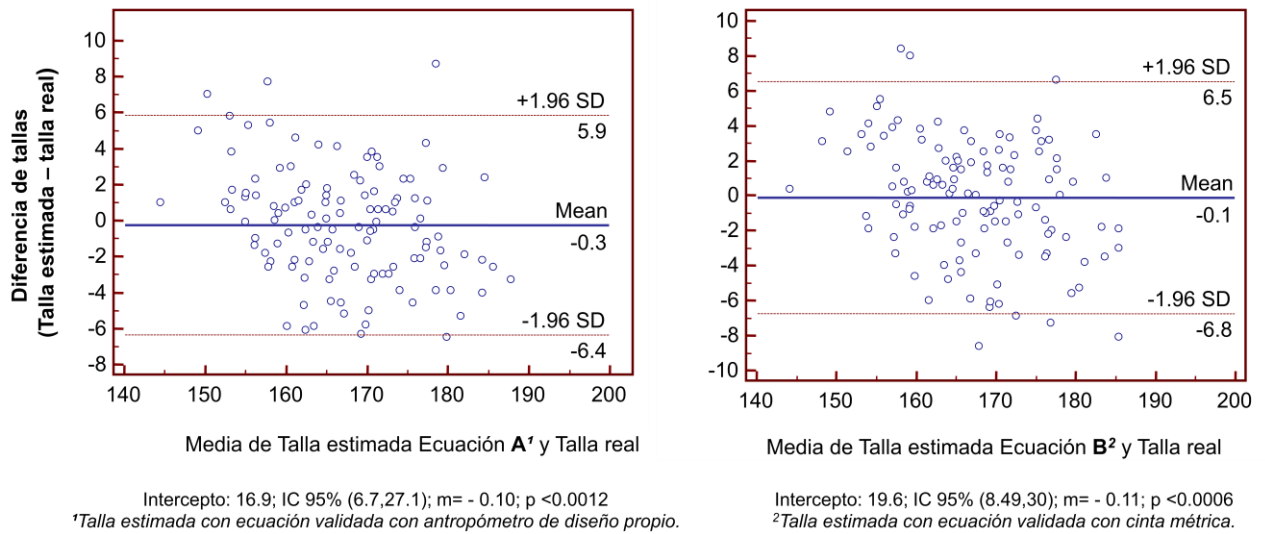


Figura 2. Análisis Bland & Altman para antropómetro de diseño propio (izquierda) y cinta métrica (derecha)

Así mismo, el Coeficiente de correlación de concordancia de Lin, fue de 0.93 y 0.92 para las ecuaciones del Antropómetro de Diseño Propio y la Cinta Métrica, respectivamente (Tabla 5). De acuerdo a su clasificación, este valor indica una concordancia moderada (Lin, 1989).

Instrumento de medición		Coeficiente de Lin	Grado de Concordancia*
Antropómetro de diseño propio	Talla medida y talla estimada	0.93	Moderada
Cinta Métrica	Talla medida y talla estimada	0.92	Moderada

Tabla 5. Coeficiente de correlación de concordancia

Para estimar la talla se utilizó la ecuación validada para cada instrumento, generada en este mismo trabajo. *Grado de Concordancia, coeficiente de Lin: casi perfecta > 0.99; Sustancial, 0.95 – 0.99; Moderada 0.90 – 0.95. Pobre < 0.90. (Lin, 1989)

La exactitud individual de las ecuaciones se calculó a partir de los modelo de regresión simple entre la talla real y la talla estimada por el Antropómetro de Diseño Propio (Fig 3. Ecuación A) y por la Cinta Métrica (Fig. 3 Ecuación B). Este análisis examina la hipótesis de que la línea de regresión entre la talla real y las estimadas para cada ecuación, no difiere estadísticamente de la línea de identidad. Para ambos casos no hubo diferencia con la línea de identidad. Los interceptos no fueron diferentes a cero, ni la pendiente fue diferente de 1.0.

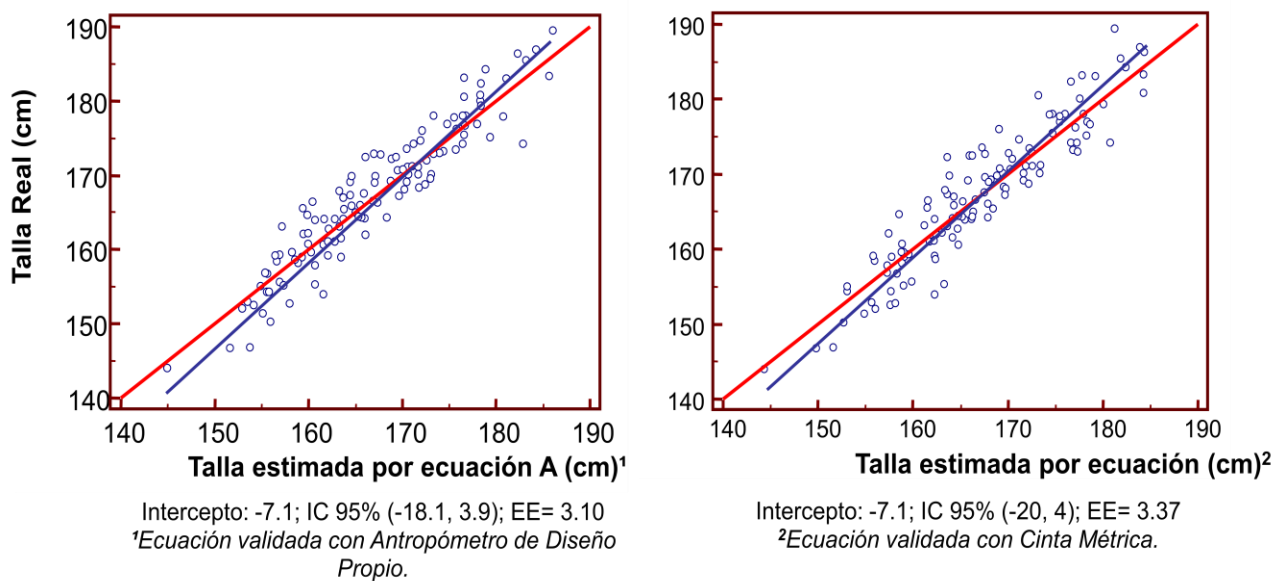


Figura 3. Comparación de la talla estimada por ambas ecuaciones desarrolladas y la talla medida. Al lado izquierdo, talla estimada con ecuación A, validada con Antropómetro de Diseño Propio. Al lado derecho, talla estimada por ecuación B, validada con Cinta métrica.

DISCUSIÓN

A partir de los 40 años, se produce una pérdida progresiva de masa ósea con la edad, que aumenta en mujeres durante los años que siguen a la cesación ovárica (Rodríguez y Lazcano, 2011; D'Hyver y Gutierrez, 2009); por lo que la edad y el sexo se consideraron como variables de interés en el desarrollo de los modelos predictivos.

Se hicieron las divisiones pertinentes por sexo y década de edad para analizarlas, aún con la limitación de tener menos muestra. Se analizó la proporción de la variabilidad explicada para cada modelo (R^2), así como el error asociado, es decir, la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (EE). Como resultado, se observó cómo los valores de R^2 van disminuyendo conforme avanza la edad y el EE aumenta. Los modelos difieren en las variables seleccionadas, dependiendo del instrumento con el que se midió el segmento óseo. Cada modelo, por sus propias características e interacción entre variables, selecciona diferentes variables. Así, además de la LRT, los modelos incluyeron o no, el sexo, y la edad.

Por otra parte diversos investigadores afirman que en ausencia de ciertas patologías severas, la pérdida de la estatura a lo largo de la vida, es de 5 a 6 cm en el caso de las mujeres y 3 a 5 cm en los hombres (Rodríguez y Lazcano, 2011; Marin, 2003). Por lo anterior, resulta importante hacer la diferencia entre sexos al diseñar ecuaciones para cada; sin embargo, al explorar el grupo de hombres y de mujeres individualmente se seleccionaron diferentes variables para el algoritmo de estimación. Al usar el Antropómetro de Diseño Propio en el grupo de varones, se seleccionó la longitud rodilla-talón como única variable de importancia estadística para ser incluida en el modelo. Por el contrario, en el grupo de mujeres además de la longitud rodilla-talón se seleccionó la edad como variable predictiva.

A diferencia del Antropómetro de Diseño Propio, la selección de las variables para el modelo con cinta métrica en el grupo de hombres y mujeres resultó ser el mismo; este modelo incluye la edad y la longitud rodilla talón para la predicción de la talla.

Debido a lo anterior, los modelos a partir de una $n = 240$, resultaron ser los mejores.

Las ecuaciones finales no incluyen las mismas variables; es decir, la ecuación validada para el Antropómetro de Diseño Propio (Ecuación A) incluye la LRT y el sexo. En cambio, la

ecuación validada para cinta métrica (Ecuación B), además de la LRT, incluye el sexo y la edad. Una posible explicación a esta diferencia es que la ecuación A utiliza la medición de dos límites óseos, por lo que se reduce la posibilidad de error al momento de hacer la medición, a diferencia de la cinta métrica.

Para hacer la medición con la cinta métrica, se deben hacer marcajes anatómicos, que en ocasiones son difíciles de ubicar en personas con piernas gruesas, con exceso de vello o con sobrepeso u obesidad, ya que la localización del punto anatómico se dificulta por el recubrimiento del hueso con exceso de tejido adiposo. Esto aumenta el error que puede haber en la medición de no ser manejado con cautela, o por una persona experimentada (Guzman y col., 2005).

En cuanto al análisis de precisión y exactitud de las ecuaciones generadas, se observó que ambas ecuaciones tienden a sobreestimar en tallas bajas y a subestimar en tallas altas.

Por otra parte, se estimó la concordancia a través del método de coeficiente de correlación de concordancia de Lin (Lin, 1989). Los coeficientes se presentan en la tabla 5, con una concordancia moderada entre la talla medida y la talla estimada, utilizando ambos instrumentos de medición. Aunado a esto, las ecuaciones generadas fueron exactas para ambos casos (Antropómetro de Diseño Propio y Cinta Métrica), de acuerdo al análisis de la relación entre los métodos de medición con respecto a la línea de identidad.

Los valores de EE de las dos ecuaciones generadas (Tabla 4), son menores en comparación con algunos algoritmos publicados para predecir talla en adultos, y que fueron diseñados para una población diferente a la de este trabajo. Una de las ecuaciones más utilizadas es la de Chumlea y colaboradores (Chumlea, 1994), para población norteamericana de 18 a 60 años de edad, la cual se comparó con la ecuación validada para el Antropómetro de Diseño Propio. En el caso de la cinta métrica, se comparó con la ecuación formulada por Guzmán y colaboradores (Guzmán y col., 2005; Zar, 1990).

Los modelos de estimación de talla desarrollados en este trabajo, presentan valores de R^2 más elevados que los reportados por la literatura, lo que conlleva a un menor error estándar del estimador. En este sentido, las ecuaciones publicadas (Chumlea, 1994; Guzmán y col., 2005) presentan una estimación de talla con un nivel de error más alto, y mayor dispersión en la distribución de sus datos. Esto contrasta con las ecuaciones desarrolladas en este trabajo, donde los modelos seleccionados son una mejor opción.

Al comparar las medias de talla estimada por cada una de las ecuaciones publicadas y las del presente estudio; resultan muy similares entre sí. Sin embargo, a pesar de las similitudes en las medias de talla estimada, los modelos matemáticos generados en este trabajo, siguen teniendo un valor de R^2 más alto y menor EE en ambos métodos de medición, con lo cual mejoran la predictibilidad individual de la talla para adultos de esta población. Las ecuaciones aquí descritas presentan un diagnóstico de concordancia moderada entre la talla estimada y la talla medida; desafortunadamente, ninguna de las ecuaciones publicadas (Chumlea, 1994; Guzmán y col., 2005), presentan este tipo de análisis para poder hacer una comparación más justa.

En las décadas que comprenden los 20 a 40 años, no se evidencian cambios importantes en columna; si bien la estatura va disminuyendo con la edad, es a partir de los 40 que comienza la pérdida de masa ósea, mas no es hasta pasados los 50 años cuando empieza el declive de la estatura que empieza a notarse en los individuos. El grupo de estudio del presente trabajo comprende grupos de edad que no han sido afectados de manera importante por la edad, y aún no empiezan a presentar el declive característico de la edad, por lo que se explica la aplicabilidad que tienen las ecuaciones que no fueron diseñadas específicamente para población mexicana.

En estudios anteriores (Marin, 2003), se ha comprobado que las ecuaciones diseñadas para adulto mayor de población mexicano-americana, no tienen aplicabilidad en la población mexicana, debido a que este grupo de edad (> 60 años), ya presenta cambios importantes en columna y la disminución de la talla es más evidente.

En contraste, las fórmulas destinadas a población norteamericana tienen aplicabilidad en población adulta mexicana; sin embargo, siempre será mejor optar por un modelo destinado a una población específica.

CONCLUSIONES

El uso de segmentos corporales para la estimación de la talla de pie resulta una buena herramienta para la evaluación antropométrica de aquellas personas que padezcan de alguna deformidad a nivel de columna o que presenten problemas para adoptar una adecuada posición de pie. La longitud rodilla talón, es uno de los segmentos más utilizados para la predicción de talla, debido a que no sufre cambios, ni se ve afectado por el paso de la edad.

Con base en los resultados aquí obtenidos, el Antropómetro de Diseño Propio es una buena herramienta para realizar la medición de la longitud rodilla-talón. Comparado con el Antropómetro de referencia, no hay discrepancia alguna al contrastar estas dos mediciones. Además es un instrumento accesible, de bajo costo y de un material duradero, por lo que resulta ser un instrumento confiable en las mediciones y accesible para hospitales y clínicas para la evaluación antropométrica o en aplicaciones de investigación. El uso de la cinta métrica para medir este segmento óseo es una buena opción, siempre y cuando se realice por personal capacitado y se respeten los puntos establecidos para hacer correctamente dicha medición. Tanto con el antropómetro de diseño propio como con la cinta métrica, se obtuvieron algoritmos que al aplicarse a una muestra de prueba dieron buenos resultados en la media de talla estimada para cada caso; sin embargo, el error fue más bajo para los modelos desarrollados que para los publicados con anterioridad; por lo cual sería preferente su aplicación.

Bibliografía

Organización Mundial de la Salud. OMS: 10 Datos sobre la nutrición. 2012. Recuperado de: <http://www.who.int/features/factfiles/nutrition/facts/es/index.html>. Consultado el: 12/11/12.

Gibson R.S. Principles of Nutritional Assessment. Oxford University Press, 1990. Pág 247.

Espinoza B.A., Martínez G.C., Barreto P.J., Santana P.S. Esquema para la evaluación antropométrica del Paciente Hospitalizado. Rev Cubana Aliment Nutr. 2007; 17 (1): 72-89.

Fernández D.I., Martínez F.A., García B.F., Sanchez D.M., Xiques M.X. Evaluación Antropométrica en Ancianos. Rev Cubana Med Ger Integral. 2005; 21: 1-5.

A guide to Completing the Mini Nutritional Assessment MNA. Nutritional Screening as easy as MNA. Ed. NESTLE Nutrition Institute.2006.

Pajuelo, J., Medrano, M. 2009. El uso de diferentes poblaciones referenciales en el diagnóstico de los principales problemas nutricionales en niños y adolescentes. An. Fac. Med. 70 (3). pp. 193-198.

Berger M.M., Cayeux M.C., Schaller M.D., Soguel L., Piazza G., Chiolo R.L. Stature estimation using the knee height determination in critically ill patients. European Journal of Clinical Nutrition and Metabolism. 2008; 3: 84-88.

Manual of Dietetic Practice edited by Thomas B. and Bishop J. in Conjunction with The British Dietetic Association.2007, 4th ed. pp. 71-79.

Fernández V.J., García S.R. Índices de relación peso-talla como indicadores de masa muscular en el adulto del sexo masculino. Rev Cubana Aliment Nutr. 1998; 12 (1): 35-39.

Suverza A, Haua K. 2010. El ABCD de la Evaluación del Estado de Nutrición. 1ra ed. Ed. McGrawHill. pp. 71.

Rodríguez G.R., Lazcano B.G. 2011. Práctica de la Geriatria. 3ra ed. Ed. McGrawHill. pp. 19-22.

D'Hyver C., Gutierrez R.L. M., Geriatria: Proceso de envejecimiento. 2ª ed. México D.F. : El manual moderno, 2009. pp 15-24.

Pietro de Nicola. Geriatria: Enfermedades del aparato osteoarticular. 1ª ed. México D.F.: El manual moderno, 1985. pp 226-230.

Pini R.- Tonan E.- Cavallini C., Bencini F., Di Bari M., Masotti G., Marchionni N. Accuracy of Statural loss in an older Italian population. J Am Geriatr Soc. 2001; 56 (1): B3-B7.

Chandler P.J., Bock R.D. Age changes in adults stature: trend estimation from mixed longitudinal data. Annals of Human Biology. 1991; 5 (18): 433-440.

Falque M.L., Maestre G.E., Zambrano R., Moran V.Y. Deficiencias Nutricionales en los adultos y adultos mayores. Anales Venezolanos de Nutrición. 2005; 1 (18): 82-89.

Chumlea W.C. Prediction of stature from knee height for black and White adults and children with application to mobility- impaired or handicapped persons. J Am Diet Assoc. 1994; 94:1385-1388.

Chumlea W.C., Guo S.S., Wholihan K., Cockram D., Kuczmarski R.J., Johnson C.L. Stature predictions equations for elderly non-Hispanic white, non-Hispanic black, and Mexican American persons developed from NHANES III data. J Am Diet Assoc. 1998; 98: 137-142.

Barba A.R., Coelho S.M., Borgues S.P., Correa M.J., Gonzalez H.C. Medidas de estimación de la estatura aplicadas al Índice de Masa Corporal (IMC) en la evaluación del estado nutricional de adultos mayores. Rev Chil Nutr. 2008; 1(18): 272-278.

Hernández, R.A., Herrera, H.A. Longitud de la pierna medida con cinta métrica: Una alternativa para estimar la estatura. Antropo, 2010; 21: 1-8.

Bennúndez O.I., Tucker K.L. Uso de la altura de rodilla para corregir la talla de ancianos de origen hispano. L ALAN. 2000; 1(50): 42-47.

Oliveira L., Filho J. Height and Corporal mass measured and predicted through the Chumlea equations in elderly. Fit Perf J. 2007;6(3):152-5.

Mendoza N.V., Sanchez R.M., Cervantes S.A., Correa M.E., Vargas G.L. Equations for Predicting Height for Elderly Mexican Americans Are Not Applicable for Elderly Mexicans. *American Journal of Human Biology*. 2002; 14: 351-355.

Guzmán H.C., Reinoza C.G., Hernández H.A. Estimación de la estatura a partir de la longitud de pierna medida con cinta métrica. *Nutr Hosp*. 2005; 20 (5): 358-363.

Sierra T.M. Estimación de la talla adaptando la técnica de medición altura de rodilla talón con regla y escuadra. *Revista de Enfermería Universitaria UNAM*. 2009; 6(6): 14-20.

Cockram D.B., Baumgartner R.N. Evaluation of accuracy and reliability of calipers for measuring recumbent knee height in elderly people. *Am J Clin Nutr*. 1990; 52: 397-400.

Macías N., Alemán-Mateo H., Esparza R.J., Valencia M.E. Body fat measurement by bioelectrical impedance vs. air displacement plethysmography: a validation study to desing bioelectrical impedance equations in Mexican Adults. *Nutrition Journal (Electronic)*, 2007. Aug 15; 6(1): 18.

Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 1989; 45: 255-268.

Marin J.M. Envejecimiento. *Salud Pública Educ Salud*, 2003; 3(1): 28-33.

Zar, J. H. *Biostatistical Analysis*. 1999 Prentice Hall. 4th Ed. pp. 663.

Tanner, James, "Growth in Height as a Mirror of the Standard of Living", en John Komlos, editor, *Stature, Living Standards and Economic Development: Essays in Anthropometric History*, West View, USA, 1994.

ANEXO 1. FORMA DE CONSENTIMIENTO

“Modelo para la estimación de la talla de pie en adultos basado en la longitud rodilla-talón y desarrollo de un antropómetro para su medición”

El propósito de esta investigación (perteneciente a tesis de licenciatura) es validar un “antropómetro, para estimar así la talla de pie en adultos, para aplicación hospitalaria; tomando como referencia la distancia ósea rodilla talón. Este es un proyecto bajo responsabilidad del, Dr. Mauro E. Valencia Juillerat y como tesista de licenciatura en Ciencias Nutricionales Herminia Mendivil Alvarado.

¿Por qué es importante la predicción de talla en adultos?

La predicción de talla de pie en adultos es comúnmente usada en hospitales y en centros de investigación, sin embargo no siempre se cuentan con los recursos necesarios para la adquisición de instrumentos especializados para tomar dicha distancia, así pues es necesario desarrollar fórmulas para estimar la talla de pie en pacientes en donde no es práctico hacerlo, sobre todo en enfermos inmóviles y hospitalizados. La estatura obtenida así junto con el peso corporal, son indicadores importantes del estado nutricional y de salud que permiten determinar los requerimientos nutricionales y elaborar de manera más adecuada los planes de alimentación del paciente.

Mediciones en los participantes

- ✓ Peso, estatura de pie y distancia rodilla talón.
- ✓ Aplicación de encuesta de datos personales generales

Seguridad y confidencialidad

Los datos proporcionados por usted, así como sus resultados serán guardados en la más estricta confidencialidad, ya que sólo serán utilizados para el estudio a manera de **CLAVE NUMÉRICA**.

Ninguno de los procedimientos y medidas a tomar durante esta estudio, representan perjuicio para su salud.

Usted tiene el derecho a preguntar sobre cualquier aspecto de la investigación, **así como a retirarse de esta investigación en cualquier momento, si así lo desea.**

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por medio de esta FORMA DE CONSENTIMIENTO, declaro que se me han explicado claramente los objetivos de esta investigación, así como los riesgos y beneficios de mi participación en ella.

Así mismo, acepto voluntariamente y me doy por enterado(a) que se realizarán los procedimientos de mediciones corporales:

- Medición de peso, talla y distancia rodilla talón
- Aplicación de encuesta de datos generales

Reconozco que este estudio no representa ningún riesgo para mi salud y que estoy en mi derecho de retirarme del estudio en cualquier momento, si así lo deseo

Fecha de aceptación: _____ / _____ / _____
Día Mes Año

Nombre del voluntario: _____

Fecha de Nacimiento: _____ / _____ / _____
Día Mes Año

Dirección: _____

Teléfono 1: _____ Teléfono 2: _____

FIRMA DEL VOLUNTARIO

ANEXO 2. CUESTIONARIO DE INFORMACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA

“Ecuación de Predicción de talla en adultos a través de la distancia rodilla talón y desarrollo de antropómetro”

Fecha de Entrevista: ____/____/____

Clave: _____

Nombre de Participante: _____

Sexo: M F **Fecha de nacimiento:** ____/____/____ **Lugar de nacimiento:** _____

(Día/mes /año)

Lugar de residencia: _____

¿Pertenece usted a algún grupo étnico?

Sí____ No__ ¿Cual?____

¿Padece de algún problema en la columna?

Sí ____ No____ ¿Cuál? _____

¿Le han diagnosticado osteoporosis u osteopenia?

Sí ____ No ____

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS		
	Medición #1	Medición #2
Peso (Kg)		
Talla (cm)		
Longitud Rodilla-talón (mm) con antropómetro referencia		
Longitud Rodilla-talón (mm) con antropómetro a validar		
Longitud Rodilla-talón (mm) con cinta métrica		