

# Evaluación de los métodos volumétrico y perimétrico en el pie y el tercio distal de la pierna en sujetos sanos

María Cristina Sandoval Ortiz,<sup>1</sup> Diana Marina Camargo Lemos,<sup>2</sup> Diana Marcela Galván Canchila,<sup>3</sup> Néstor Orlando Hernández Barón,<sup>3</sup> Lina Johana García Mantilla<sup>3</sup>

Evaluar los métodos volumétrico y perimétrico en el pie y el tercio distal de la pierna en sujetos sanos. Se realizó una evaluación de pruebas diagnósticas, que determinó la reproducibilidad intra y entre evaluadores de las medidas perimétrica y volumétrica en el tercio distal de las piernas y los pies en 30 estudiantes de ambos géneros con un promedio de edad de 20,4 años. Las mediciones fueron realizadas por un fisioterapeuta con 18 años de experiencia profesional y un estudiante de último año de pregrado en Fisioterapia. Para el análisis de reproducibilidad se aplicó el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y el método del acuerdo de Bland y Altman. Mediante un análisis de regresión lineal múltiple se explicaron los cambios en la medida volumétrica, por variables sociodemográficas y las medidas perimétricas, considerando un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Se encontró una alta reproducibilidad intra evaluadores (CCI) entre 0,72 y 0,96, al igual que entre-evaluadores (CCI) entre 0,71 y 0,98. Las mayores diferencias en el análisis del acuerdo intra evaluadores se registraron para la perimetría en la pierna, con un promedio de diferencias de 2,59 cm y 2,79 cm para miembros inferiores derecho (MID) e izquierdo (MIJ) respectivamente; la volumetría presentó un promedio de diferencias de 17,6 ml (MID) y 4,14 ml (MIJ). La variable sociodemográfica que explicó la mayor variabilidad sobre la medida volumétrica fue el peso. *Salud UIS 2004;36:12-20*

**Palabras claves:** volumetría, perimetría, reproducibilidad, edema, atrofia

To evaluate the volumetric and perimetric methods in the foot and the leg in health people. An evaluation of diagnostic test was done to establish the test - retest and interrater reliability of perimetric and volumetric measurements in the distal leg and the foot of 30 students, with mean age of 20.4 years. The measurements were assessed by the physical therapist with 18 years of professional experience and a student of last year undergraduate in Physical Therapy. An intraclass correlation coefficient and the methodology of Bland and Altman were applied to determine the reliability and the level of agreement. To explain the changes in the volumetric measurement by sociodemographic and perimetric variables a multiple lineal regression was used. The level of significance was  $\alpha = 0.05$ . A high test - retest reliability was founded (CCI) between 0.72 and 0.96, similar to interrater reliability between 0.71 and 0.98. The Bland and Altman methodology establish the higher mean differences to the leg with 2.59 cm and 2.79 cm; the volumeter have a mean of differences of 17.6 ml. and 4.14 ml, for the lower limbs left and right, respectively. The sociodemographic variable that explained the volumetric measurement were weight. *Salud UIS 2004;36:12-20*

**Key words:** volumetric, perimetric, reliability, atrophy, edema

---

## INTRODUCCIÓN

La importancia de las pruebas de diagnóstico para el fisioterapeuta, al igual que para otros profesionales de salud, radica en que establecen una condición inicial en un individuo y derivado de ella, se fundamenta

la intervención y se establece un pronóstico.

Sin embargo, este diagnóstico no es absoluto, depende de las propiedades psicométricas de la prueba o instrumento de medición utilizado. Dichas propiedades, validez, reproducibilidad y sensibilidad al cambio están sujetas al error inherente que todo proceso de medición conlleva.

---

1 Fisioterapeuta. Magíster en Fisioterapia. Especialista en docencia universitaria. Especialista en orientación y educación sexual. Profesor auxiliar Escuela de Fisioterapia UIS.

2 Epidemióloga. Profesor auxiliar Escuela de Fisioterapia UIS.

3 Estudiante de Fisioterapia último año. Universidad Industrial de Santander.

**Correspondencia:** María Cristina Sandoval. E-mail: sandoval@uis.edu.co

Recibido enero 10 de 2004 / Aceptado enero 15 de 2004

La medición es *sine quanon* para una intervención fisioterapéutica, pues derivada de ella se establecerá la eficacia, efectividad o eficiencia de la misma.

Dos de los métodos de evaluación aplicados en Fisioterapia son la volumetría y la medición perimétrica de los miembros. Estos han sido utilizados como valoraciones indirectas del edema y la atrofia muscular, parámetros que contribuyen en el diagnóstico

fisioterapéutico y permiten monitorear los cambios durante el proceso de rehabilitación.

No existen muchos trabajos en los que se haya evaluado la reproducibilidad de los métodos perimétrico y volumétrico para los miembros inferiores; situación contraria para miembros superiores. Farrell y cols<sup>1</sup> establecieron una alta reproducibilidad intra y entre evaluadores para la medida volumétrica en personas sanas con altos coeficientes de correlación intraclase (CCI=0,99).

La medida perimétrica consiste en medir la circunferencia de los miembros tomando diferentes puntos de referencia anatómicos sobre la extremidad y posteriormente comparar los resultados de la estructura afectada con su contralateral. Whitney y cols,<sup>2</sup> midieron los miembros inferiores derechos de 30 personas, 16 hombres y 14 mujeres, sin historia previa de patología, para determinar la reproducibilidad de la medida perimétrica intra y entre evaluadores; encontrando CCI entre 0,91 y 1,0; indicando una alta reproducibilidad.

La volumetría es un método de medición, basado en el principio de Arquímedes, que consiste en sumergir el miembro por evaluar en un tanque lleno de agua, midiendo en un recipiente graduado en unidades de volumen el agua desplazada, así el resultado será equivalente al volumen del miembro inmerso.<sup>1,3,4</sup>

Históricamente, el equipo de volumetría de mano fue referenciado por primera vez por Eccles en 1956, para describir el uso del método del desplazamiento de agua, como una forma de determinar el volumen de un miembro edematizado.<sup>1,4,5</sup>

Según la literatura, la reproducibilidad de la medida volumétrica puede verse afectada por variables como las corrientes de aire circulantes en el lugar de la medición, el nivel inicial y la temperatura del agua, la postura del paciente, la presión que ejerce el miembro sobre el tanque y la postura del segmento por medir.<sup>1,4,5</sup>

King<sup>5</sup> determinó los efectos de la temperatura del agua sobre el volumen de la mano durante la medición volumétrica, encontrando cambios de volumen de 5,8 ml entre las temperaturas extremas (5°C, 45°C), y un cambio de 1,9 ml entre 20 y 35°C.

Boland y Adams<sup>4</sup> establecieron que una temperatura del agua entre 20°C y 32°C no causó cambios en el volumen de los segmentos.

La medida volumétrica ha mostrado una alta reproducibilidad intra y entre evaluadores en mujeres con

edema de miembro superior (CCI=0,99)<sup>1</sup> y es considerada hoy en día, como prueba de oro con la cual otros métodos de medición de los miembros son comparados, tales como la determinación geométrica de volumen, el leg-O-meter y el método de disco, entre otros.<sup>3,6,7</sup>

Con base en esta revisión y considerando la relevancia de estos métodos de medición en el ejercicio profesional del fisioterapeuta, se planteó este trabajo para evaluar los métodos volumétrico y perimétrico en el pie y el tercio distal de la pierna en personas sanas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una evaluación de pruebas diagnósticas, cuya población de estudio estuvo conformada por estudiantes sanos de la Universidad Industrial de Santander, seleccionados mediante un muestreo por conveniencia. Se excluyeron del estudio individuos con antecedentes patológicos y/o traumáticos de los miembros inferiores y con lesiones cutáneas, así como deportistas regulares y de alto rendimiento, puesto que en el estudio de McWhorter y cols<sup>8</sup> se demostró que hay un incremento del volumen en los pies, después de la realización del ejercicio físico.

La muestra total fue de 30 personas de ambos géneros, 8 (26,7%) del masculino y 22 (73,3%) del femenino, la edad osciló entre 17 y 23 años (media 20,4 ± 1,6 años). El miembro derecho dominante se registró para 28 personas, es decir 93,3% de la muestra.

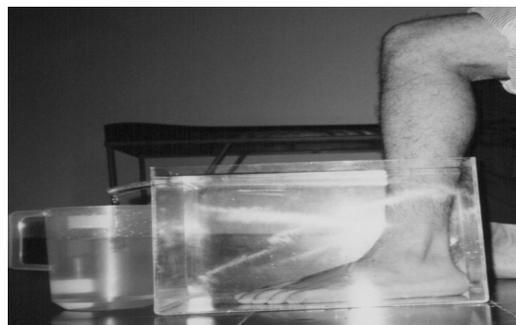
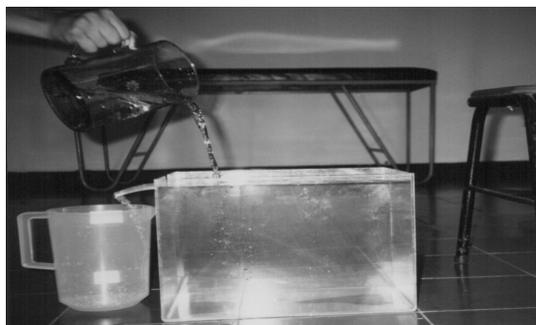
### Variables

Las variables analizadas en el presente estudio fueron además de los datos sociodemográficos, la talla, el peso, el índice de masa corporal, el miembro dominante y las medidas volumétrica y perimétrica. Asimismo, se tuvieron en cuenta los dos evaluadores que intervinieron en el estudio.

### Procedimiento

Mediante una prueba piloto inicial, se estandarizaron las condiciones óptimas de medición y las técnicas con el fin de controlar posibles sesgos de medición y errores de procedimiento.

Las mediciones se realizaron en el horario de 2 a 6 pm, en un salón que permaneció a temperatura ambiente sin corrientes de aire; el tanque de acrílico que se utilizó fue de 0,4 mm de espesor, 24,4 cms de ancho, 34,3 cms de largo y 22,8 cms de alto, se fabricó en la ciudad de Bucaramanga y se ubicó siempre en el mismo lugar.



**Figura 1.** Técnica de llenado del tanque de volumetría y posición del miembro inferior para la toma de la medida volumétrica.

Todas las mediciones fueron realizadas por dos evaluadores, un fisioterapeuta con 18 años de labor profesional y un estudiante de último año de pregrado en Fisioterapia.

Inicialmente se registraron los datos socio-demográficos básicos del individuo en el formulario respectivo, además se incluyó el peso, la talla y el miembro dominante. Cada uno de los evaluadores realizó dos mediciones perimétricas y dos volumétricas, para un total de cuatro evaluaciones por individuo.

El orden de medición de los evaluadores fue aleatorizado e intercalado, con un intervalo aproximado de veinte minutos entre las mediciones de cada evaluador, con el fin de controlar posibles sesgos. Adicionalmente, se diligenció un formulario individual para cada una de las mediciones. El volumen de agua desplazada fue medido y registrado por un segundo estudiante en el mismo formulario.

Para tomar la medida volumétrica, el tanque se llenó de agua hasta que sobrepasó el nivel de desbordamiento, dejándose escurrir totalmente (ver Figura 1). Se esperó por cinco minutos para efectuar la medida, con el fin de obtener el reposo total del líquido, adicionalmente se tomó la temperatura del agua con un termómetro digital marca *Termo meter*. La medición de la temperatura del agua osciló entre 23,1 y 29,5 °C, manteniéndose dentro de un rango en el cual se controló su influencia sobre la volumetría, según lo establecido por King,<sup>5</sup> Boland y Adams<sup>4</sup> y Farrell y cols.<sup>1</sup>

La precisión del método volumétrico depende del nivel inicial de agua,<sup>7,9</sup> motivo por el cual fue escogida la técnica descrita por ser la más utilizada en la literatura revisada y por los análisis preliminares realizados durante la prueba piloto.

La medida volumétrica fue tomada con la persona en posición sedente, quien realizó la inmersión del pie y el tercio distal de la pierna, colocando la rodilla en flexión de 90°, el pie en neutro y la pierna perpendicular al fondo del tanque; se le indicó previamente al individuo que bajará el pie lentamente hasta que la planta del mismo tocara el fondo, sin realizar presión contra éste (Figura 1).

Una vez realizada la inmersión y recogida el agua desplazada, se procedió a medir el líquido en dos probetas; la mayor cantidad de líquido se midió en la probeta de 500 ml, con gradación de 5 ml y la cantidad de líquido restante en otra de 50 ml, la cual tiene una gradación de 1 ml. Se efectuó el mismo procedimiento con el otro miembro inferior.

La medida perimétrica se realizó con la persona en supino sobre una camilla, con sus miembros inferiores en total extensión y relajación, aplicando las recomendaciones de Karges y cols.<sup>2</sup> Se seleccionaron los siguientes puntos: la cabeza de los metatarsianos, diez centímetros medidos hacia proximal desde la cabeza del quinto metatarsiano por la parte externa del pie, en los maléolos y diez centímetros proximales en la pierna tomados desde el punto más prominente del maléolo externo (ver Figura 2). Igual procedimiento se efectuó en el otro miembro inferior.

Una vez se obtuvieron las medidas, un tercer estudiante se encargó del registro de los datos en el computador.

### **Análisis de la información**

Inicialmente se describió la población de estudio con sus características socio-demográficas aplicando medidas de tendencia central y dispersión, o tablas de frecuencia según la naturaleza y distribución de cada variable.<sup>10</sup>

El análisis de reproducibilidad intra y entre evaluadores se realizó aplicando un Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI).<sup>11</sup> Adicionalmente se



**Figura 2.** Ilustración de los puntos, de referencia escogidos para la medida perimétrica y toma de la medida perimétrica sin ningún tipo de marcación como se realizó en el estudio.

estableció el nivel de acuerdo intra evaluador y se estimaron los promedios de las diferencias entre la medición uno y dos y sus límites de acuerdo, tanto para las medidas perimétricas como volumétricas aplicando la metodología de Bland y Altman.<sup>12</sup> Para explicar los cambios volumétricos según las variables sociodemográficas y las medidas perimétricas se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple para la volumetría del miembro inferior derecho y del miembro inferior izquierdo.<sup>13</sup>

Finalmente, para analizar posibles diferencias en los promedios de las medidas por hemicuerpos, se aplicó una *t* de Student apareada<sup>10</sup> y para determinar el promedio de las diferencias por esta variable, se aplicó el método de Bland y Altman ya mencionado.<sup>12</sup>

Todo el análisis consideró un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ , la base de datos se elaboró en Excel<sup>14</sup> y el análisis con el paquete estadístico STATA 8,0.<sup>15</sup>

## RESULTADOS

Las características antropométricas mostraron un promedio de peso de  $57,1 \pm 11,4$  Kg y un rango de 43 a 93, la talla media fue de  $1,63 \pm 0,07$  m con un rango entre 1,51 y 1,75 m y el índice de masa corporal registró un promedio de  $21,5 \pm 3,7$  Kg./m<sup>2</sup> y un rango entre 16 y 32,7. Los promedios y las desviaciones estándar para las medidas volumétricas y perimétricas se muestran en la Tabla 1.

### Análisis de reproducibilidad

Cada individuo fue medido en cuatro oportunidades diferentes por dos evaluadores y cada evaluador midió dos veces, lo que se reflejó en un total de 120 mediciones realizadas.

Esta evaluación es la base del análisis de concordancia tanto intra evaluador como entre evaluadores para cada una de las medidas volumétricas y perimétricas.

Previo análisis de concordancia se evaluaron posibles diferencias en las medidas tomadas, considerando el orden de medición, encontrando que no fueron estadísticamente significativas ( $p>0,09$ ).

**Tabla 1.** Promedios y desviaciones estándar para las medidas perimétricas y volumétricas evaluadas.

Medida	Promedio	DE
MID MTF (cm)	21,68	1,4
MID PIE (cm)	25,20	1,6
MID MALE (cm)	23,48	1,6
MID PIER (cm)	22,59	1,6
MII MTF (cm)	21,48	1,3
MII PIE (cm)	25,48	1,6
MII MALE (cm)	23,62	1,4
MII PIER (cm)	22,73	1,6
MID VOLUMETRIA (ml)	1414,96	208,93
MII VOLUMETRIA (ml)	1420,66	202,17

MID = Miembro Inferior Derecho

MII = Miembro Inferior Izquierdo

DE = Desviación Estándar

MTF = Medida tomada sobre la cabeza de los metatarsianos

MALE = Medida tomada sobre los maléolos

PIE = Medida tomada a 10 cm hacia proximal desde la cabeza del quinto metatarsiano por el borde externo del pie

PIER = Medida tomada en la pierna a 10 cm del extremo más prominente de los maléolos

### Concordancia intra evaluador

Los coeficientes de correlación intraclase (CCI) se presentan en la Tabla 2. En general se aprecian concordancias superiores a 0,87, a excepción de la medida perimétrica tomada en el borde externo de los pies derecho e izquierdo a 10 cm del quinto metatarsiano, para ambos evaluadores.

**Tabla 2.** Concordancia intra evaluador para las medidas perimétricas y volumétricas evaluadas.

Medida	Evaluador	CCI
MID MTF	1	0,95
	2	0,96
MID PIE	1	0,72
	2	0,81
MID MALE	1	0,93
	2	0,95
MID PIER	1	0,92
	2	0,91
MII MTF	1	0,95
	2	0,95
MII PIE	1	0,77
	2	0,64
MII MALE	1	0,90
	2	0,91
MII PIER	1	0,92
	2	0,87
MID VOLUMETRÍA	1	0,94
	2	0,95
MII VOLUMETRÍA	1	0,94
	2	0,95

MII = Miembro Inferior Izquierdo

MTF = Medida tomada sobre la cabeza de los metatarsianos

MALE = Medida tomada sobre los maléolos

PIE = Medida tomada a 10 cm hacia proximal de la cabeza del 5 metatarsiano por el borde externo del pie

PIER = Medida tomada en la pierna a 10 cm del extremo más prominente de los maléolos

MID = Miembro Inferior Derecho

### Concordancia entre evaluadores

La mayoría de los CCI son superiores a 0,91 a excepción de la medida perimétrica en el pie del miembro inferior derecho para ambas evaluaciones y en el mismo sitio para el miembro inferior izquierdo en la primera evaluación (Tabla 3).

### Reproducibilidad intra evaluador

Los resultados del análisis de Bland y Altman para determinar el promedio de las diferencias intra evaluador y sus límites de acuerdo para cada medida perimétrica y volumétrica se muestran en la Tabla 4. La mayor cifra se encontró para la medida perimétrica de la pierna en los dos hemicuerpos, con diferencias muy cercanas de 2,59 y 2,79 para el derecho e izquierdo respectivamente.

Por otro lado, llama la atención que las medidas volumétricas no tienen unos promedios de diferencias muy sobresalientes 4,14 y 17,6 ml, para el izquierdo y

**Tabla 3.** Concordancia entre evaluadores para las medidas perimétricas y volumétricas evaluadas.

Medida	Evaluador	CCI
MID MTF	1	0,98
	2	0,97
MID PIE	1	0,87
	2	0,85
MID MALE	1	0,94
	2	0,98
MID PIER	1	0,95
	2	0,97
MII MTF	1	0,98
	2	0,98
MII PIE	1	0,71
	2	0,92
MII MALE	1	0,92
	2	0,97
MII PIER	1	0,91
	2	0,96
MID VOLUMETRIA	1	0,96
	2	0,95
MII VOLUMETRIA	1	0,94
	2	0,90

MII = Miembro Inferior Izquierdo

MTF = Medida tomada sobre la cabeza de los metatarsianos

MALE = Medida tomada sobre los maléolos

PIE = Medida tomada a 10 cm hacia proximal de la cabeza del 5 metatarsiano por el borde externo del pie

PIER = Medida tomada en la pierna a 10 cm del extremo más prominente de los maléolos

MID = Miembro Inferior Derecho

derecho respectivamente; sin embargo, los límites de acuerdo llegan casi hasta los 160 ml, pues ambos muestran una dispersión bastante amplia, 63,4 y 79,4ml, también respectivamente (Figura 3).

### Análisis de las diferencias entre los dos hemicuerpos

El análisis del promedio de las diferencias en cada medida del estudio por hemicuerpo mostró los mayores promedios de las diferencias para el pie, seguido de la medida a nivel de la cabeza del quinto metatarsiano, la medida volumétrica presentó una diferencia de sólo 5,7 ml; sin embargo, los límites de acuerdo alcanzan casi los 100 ml en el límite superior (ver Tabla 5), un ejemplo de la distribución de los límites de acuerdo para perimetría se muestra en la Figura 4.

Tan sólo se encontraron diferencias significativas para la medida en el metatarso y el pie ( $p < 0,0027$ ); sin embargo,

**Tabla 4.** Análisis del nivel de acuerdo intra evaluador en las medidas perimétricas y volumétricas evaluadas.

Medida	Promedio de diferencias (Medición 1- Medición 2)	Límites de Acuerdo
MID MTF	0.09	-0.515 , 0.701
MID PIE	0.02	-1.579 , 1.619
MID MALE	-0.003	-0.937 , 0.930
MID PIER	2.59	-0.834 , 6.021
MII MTF	-0.15	-0.513 , 0.483
MII PIE	-0.05	-2.074 , 1.971
MII MALE	-0.06	-1.035 , 0.911
MII PIER	2.79	-0.336 , 5.909
MID VOLUMETRIA	-17.6	-141.809 , 106.675
MII VOLUMETRIA	4.14	-151.471 , 159.745

MID = Miembro Inferior Derecho  
 MII = Miembro Inferior Izquierdo  
 MTF = Medida tomada sobre la cabeza de los metatarsianos  
 MALE = Medida tomada sobre los maléolos  
 PIE = Medida tomada a 10 cm hacia proximal dede la cabeza del 5 metatarsiano por el borde externo del pie  
 PIER = Medida tomada en la pierna a 10 cm del extremo más prominente de los maléolos

estas diferencias no fueron clínicamente significativas (promedio 0,20 y 0,28 cm) respectivamente. Por lo tanto se concluye que no hay diferencia entre las medidas volumétrica y perimétrica entre los dos hemicuerpos.

**Tabla 5.** Análisis de las diferencias en las medidas perimétricas y volumétricas evaluadas entre los dos hemicuerpos.

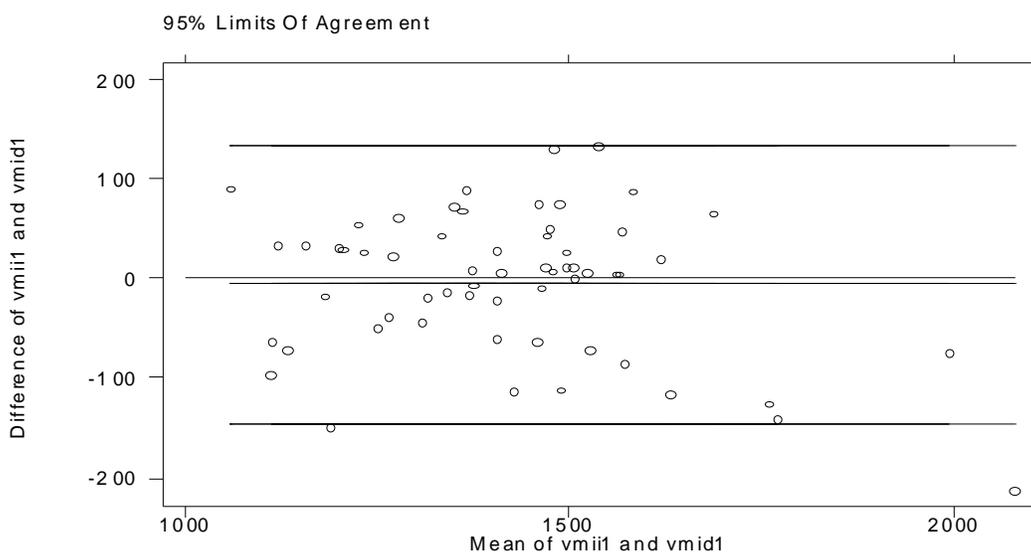
Medida	Promedio de diferencias (Izquierdo- Derecho)	Límites de Acuerdo
MTF (cm)	-0.196	-0.835 , 0.444
PIE (cm)	0.278	-0.716 , 1.271
MALE (cm)	0.142	-0.857 , 1.142
PIER (cm)	0.139	-0.891 , 1.169
Volumen (ml)	5.70	-87.631 , 99.028

MTF = Medida tomada sobre la cabeza de los metatarsianos  
 MALE = Medida tomada sobre los maléolos  
 PIE = Medida tomada a 10 cm hacia proximal dede la cabeza del 5 metatarsiano por el borde externo del pie  
 PIER = Medida tomada en la pierna a 10cm del extremo más prominente de los maléolos

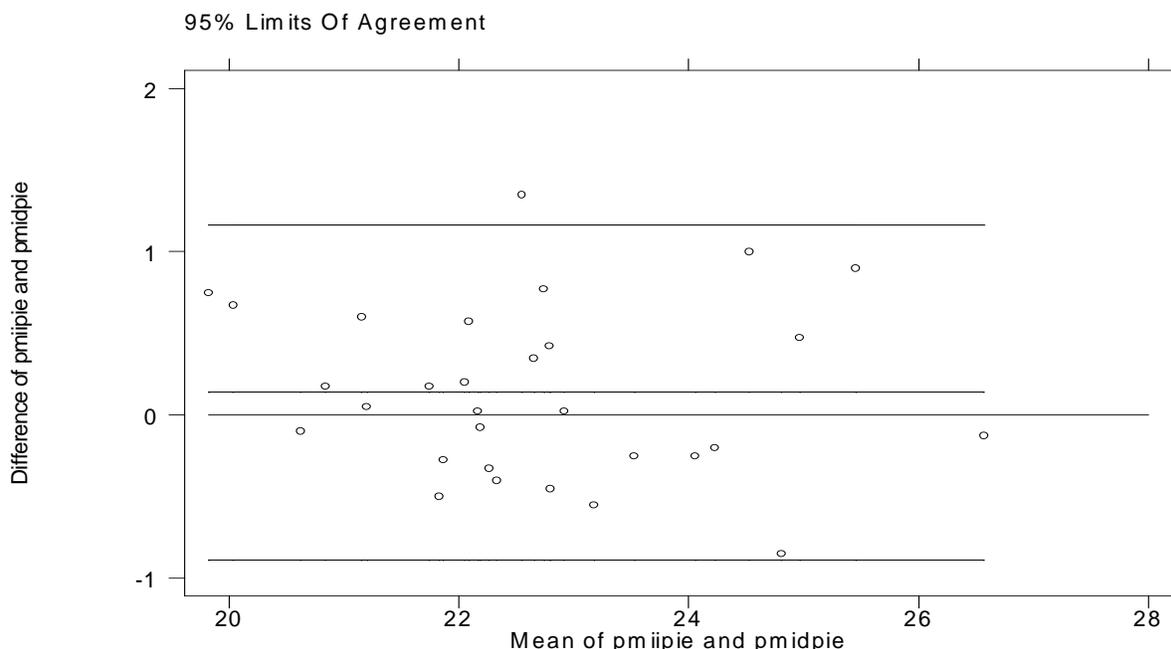
**Análisis de regresión**

Previo análisis de regresión se evaluó la normalidad en la distribución de las medidas volumétricas, que fueron normales para el miembro inferior izquierdo y aproximadamente normal con un sesgo a la derecha para el miembro inferior derecho.

Al aplicar el modelo de regresión de la volumetría según el género, se encontró para el masculino una pendiente positiva y estadísticamente significativa para la medida volumétrica en cada hemicuerpo (p=0,032 y p=0,026), para el derecho e izquierdo respectivamente.



**Figura 3.** Límites de acuerdo de las mediciones volumétricas del miembro inferior izquierdo y derecho



**Figura 4.** Límites de acuerdo de las mediciones perimétricas, del miembro inferior izquierdo y derecho, 10 cm proximales en la pierna tomados desde el maléolo externo (pmiipie y pmidpie)

Adicionalmente al comparar los promedios de las dos medidas por género, estos fueron significativamente superiores para el masculino (Tabla 6).

**Tabla 6.** Diferencias de las medidas volumétricas por género

Hemicuerpo	Género		Diferencia	p
	Masculino	Femenino		
Derecho	1547,9	1366,6	181,3	0,032
Izquierdo	1552,3	1372,8	179,5	0,026

Al analizar las demás variables perimétricas en relación con la volumetría se encontraron todas relacionadas en forma positiva y con pendientes estadísticamente significativas ( $p < 0,043$ ) a excepción de la edad ( $p = 0,90$ ) y temperatura, con pendiente negativa y ( $p = 0,78$  y  $p = 0,83$ ) para las volumetrías derecha e izquierda, respectivamente.

Los modelos finales para cada volumetría son los siguientes: Volumetría miembro inferior derecho =  $-1304,98 + 5,45$  (peso) +  $37,42$  (MTF del miembro inferior derecho) +  $70,7$  (PIER del miembro inferior derecho), este modelo explica el 91,7% de los cambios de la volumetría con los cambios de las variables independientes incluidas. Todas las pendientes fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ).

Volumetría miembro inferior izquierdo =  $1774,45 + 2,59$  (peso) +  $58,65$  (MTF del miembro inferior izquierdo) +  $78,61$  (PIER del miembro inferior izquierdo), este modelo explica el 91,7%

de los cambios de la volumetría con los cambios de las variables independientes incluidas. Cabe anotar que la pendiente de peso mostró una  $p = 0,113$  a excepción de las otras que fueron estadísticamente significativas con  $p < 0,0001$ .

El análisis de bondad de ajuste mostró una distribución normal y homogénea de los residuales para los dos modelos, indicando un buen ajuste con las variables incluidas.

### DISCUSIÓN

No existen muchos trabajos en los que se haya evaluado la reproducibilidad de los métodos perimétrico y volumétrico para los miembros inferiores, contrariamente al miembro superior, donde Farrell y col<sup>1</sup> encontraron una reproducibilidad intra y entre evaluadores alta (CCI=0,99), para la medida volumétrica sobre los miembros superiores de sujetos sanos. En el presente estudio, se encontró para la volumetría de pie y pierna una alta reproducibilidad intra y entre evaluadores (CCI entre 0,90 y 0,96), resultados que muestran que la medida volumétrica es también confiable en miembros inferiores de sujetos sanos.

Similarmente, la perimetría demostró una reproducibilidad intra y entre evaluadores alta para tres de las cuatro medidas tomadas en cada miembro inferior, exceptuando la medida a nivel del pie, lo que puede explicarse porque al fijar un intervalo estandarizado de 10 cm, desde el quinto metatarsiano,

no se tuvo en cuenta la variabilidad en el tamaño de los pies. Así, esta medida no se adaptaba de manera adecuada si el sujeto presentaba un pie pequeño.

Estos resultados coinciden con Whitney y col<sup>2</sup> quienes encontraron una alta reproducibilidad intra y entre evaluadores para la perimetría del muslo, rodilla y mitad de la pierna. En el presente estudio se utilizó el método perimétrico para el pie y el tercio distal de la pierna, sin extrapolar a unidades de volumen, como sucede en los estudios de Sander y cols<sup>6</sup>, y Karges y cols<sup>7</sup> en los cuales la medida perimétrica ha sido utilizada como un medio para hallar el volumen de los miembros por medio de fórmulas matemáticas de figuras geométricas.

Se encontró que la volumetría y la perimetría fueron altamente reproducibles, sin embargo, el método volumétrico tuvo una mayor confiabilidad intra evaluador con CCI entre 0,94 - 0,95; ambos métodos presentan una reproducibilidad entre evaluadores elevada, 0,90 - 0,96 para la medida volumétrica y 0,91 - 0,98 para la medida perimétrica, exceptuando la medida a nivel del pie para ambos miembros (Tablas 2 y 3).

El análisis del promedio de las diferencias intra evaluador, entre la primera y segunda medición perimétrica fue alta sólo para las medidas a nivel de la pierna en ambos miembros inferiores con una gran variabilidad, lo que puede ser atribuido al error en la percepción de los evaluadores sobre el punto más prominente del maléolo externo a partir del cual se midieron los 10cm proximales para la toma de la perimetría a nivel de la pierna. La definición de los puntos de medición es una de las desventajas que presenta la medida perimétrica.<sup>16, 17</sup>

El promedio de las diferencias intra evaluador de la primera y segunda mediciones volumétricas fue pequeño (4,14 a 17,6 ml), pero con una gran variabilidad, lo que puede deberse al escaso control del movimiento de algunos sujetos al introducir su miembro inferior dentro del tanque, provocando oscilaciones, que aumentaron el desplazamiento del agua. Otro factor adicional es la velocidad de ingreso del miembro inferior, condición difícil de homogenizar a pesar de las indicaciones previas dadas a los individuos.

No existe información respecto a las diferencias de volumen entre los miembros inferiores derecho e izquierdo, contrariamente al miembro superior donde Waylett-Rendall y Seibly<sup>1,4,5,18</sup> determinaron un poco menos de 10 ml entre las manos derecha e izquierda, y entre las manos dominante y no dominante en sujetos sanos; en manos edematosas consideraron una diferencia de 12 ml como indicador de cambio en el volumen de los tejidos. Además, registraron variaciones

en la medición intra evaluador de 10 ml o menos y entre evaluadores de 10 a 15 ml.

En este estudio el promedio de las diferencias entre los hemicuerpos para la volumetría fue pequeño, pero tuvo una variabilidad máxima de casi 100 ml. Para aclarar este aspecto, se determinó el desplazamiento de agua de un objeto inerte con un volumen de 942,5 ml, cuya medición se repitió tres veces, para hallar el error de medida, observándose salida de agua por un valor superior con un promedio de 983,6 ml, es decir, 41,1 ml por encima del volumen estándar. Esto indica que al eliminar los factores de velocidad de ingreso y movilización del miembro, existe una pérdida de agua que no se corresponde exactamente con el volumen real de la estructura sometida a evaluación. Este problema se podría atribuir al material del tanque (acrílico) construido en la ciudad, el cual puede presentar dilatación tiempo después de haber sido llenado por la presión ejercida por el líquido, posiblemente por no poseer el espesor más adecuado.

La variabilidad máxima del análisis del promedio de las diferencias entre los hemicuerpos para la perimetría entre el miembro inferior derecho e izquierdo fue de 1,2cm, encontrándose dentro de los límites descritos en el estudio de Whitney y col.<sup>2</sup>

En nuestro caso, esta medida mostró sus mayores diferencias a nivel del pie, corroborando la influencia de la variabilidad en el tamaño de los pies e indica, que esta medida debe ser descartada en la evaluación perimétrica del pie.

En los estudios previos revisados no se había analizado el efecto de las variables sociodemográficas sobre la medida volumétrica, por lo tanto no se tienen datos de referencia. En el análisis multivariado realizado se encontró que la variable sociodemográfica que tuvo mayor influencia sobre la medida volumétrica fue el peso, dado que las personas con mayor peso tienen miembros más robustos y por lo tanto su volumen es mayor.

Al analizar las variables sociodemográficas restantes, el género mostró una diferencia estadísticamente significativa en los dos hemicuerpos ( $p=0,032$  y  $p=0,026$ ), siendo el masculino el que desplazó mayor cantidad de agua, lo cual se atribuye a la estructura anatómica característica de este género.

## CONCLUSIONES

Este estudio mostró una alta reproducibilidad intra y entre evaluadores para los métodos volumétrico y perimétrico. Sin embargo, se recomienda en caso de usar la medida perimétrica, cambiar la técnica utilizada hasta el momento

en la clínica, donde sólo se toma un punto de referencia. Idealmente, se deben realizar mediciones dejando intervalos entre 4 y 10 cm del segmento afectado.

La medida volumétrica ofrece una medición más completa del estado del miembro afectado. Adicionalmente por la escala utilizada, se pueden detectar cambios más pequeños generados en la estructura, motivo por el cual se le reconoce como prueba de oro.

Es conveniente contar con un volúmetro de reconocida calidad, para disponer de una medida de referencia para la posible adaptación y utilización masiva de este método en nuestro medio.

Los límites de acuerdo para la volumetría fueron amplios, por lo tanto se considera que es necesario perfeccionar su protocolo para el pie y el tercio distal de la pierna, controlando la velocidad de inmersión del segmento y evitando al máximo su oscilación durante la medición.

## REFERENCIAS

- Farrel K; Jonson A; Duncan H. "The intertester and intratester reliability of hand volumetrics." *J of Hand Therapy*. 2003; 16: 292-9
- Whitney SL; Mattocks L; Irrgang J. "Reliability of lower extremity girth measurements and right and left side differences." *J of Sport Rehabilitation*. 1995; 4: 108-15
- Perrin M; Guex JJ. "Edema and leg volume: methods and assessment." *Angiology*. 2000; 51: 9-12
- Boland R; Adams R. "Development and evaluation of a precision forearm and hand volumeter and measuring cylinder." *J of Hand Therapy*. 1996; 9: 349-58
- King T. "The effect of water temperatura on hand volume during volumetric measurement using the water displacement method." *J of Hand Therapy*. 1993; 6: 202-4
- Sander A.P; Hajer N.M; Hemenway K; Miller A.C. "Upper-extremity volume measurements in women with lymphedema: a comparison of measurements obtained via water displacement with geometrically determined volume." *Physical Therapy*. 2002; 82: 1201-12
- Karges JR; Mark BE; Stikeleather SJ; Worrell TW. "Concurrent validity of upper-extremity volume estimates: comparison of calculated volume derived from girth measurements and water displacement volume." *Physical Therapy*. 2003; 83: 134-45
- McWhorther JW. "The effects of walking, running, and shoe size on foot volumetrics." *Physical Therapy in Sport*. 2003; 4: 87-92
- Michlovitz SL. *Termal agents in rehabilitation*. 3era edición. Philadelphia: FA Davis Company, 1996: 296-7
- Pagano M; Gauvreauk. *Principles of Biostatistics*. Belmont: Duxbury Press, 1993
- Microsoft Excell 5.0. Microsoft Corporation. 1997
- Bland JM; Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. The Lancet. 1986; 307-11
- Kleinbaum DG; Kupper LL; Muller KE. *Applied regression analysis and other multivariate methods*. Second edition. Boston: PWS – Kent, Publishing Co. 1988
- Stata Corp. 2003. Stata Statistical Software: Release 8.0. College Station, TX: Stata Corporation.
- Mayrovitz HN; Sims N; MacDonald J. "Assessment of limb volume by manual and automated methods in patients with limb edema or lymphedema." *Advances in Skin & Wound Care*. 2000; 13: 272-6
- Berard A; Kurz X; Zuccarelli F; Abenhaim L. *Validity of the leg-O-Meter, an instrument to measure leg circumference*. *Angiology*. 2002; 53: 21-7
- Keuhing J; Matyas T. "Unreliable inferences from reliable measurement." *Australian Physiotherapy*. 1998; 44: 5-10
- Hunter J; Schneider L; Mackin E; Callahan A. *Rehabilitation of the hand: surgery and therapy*. 3era edición. Missouri: Mosby, 1990; 62-3, 156-7, 190
- Mawdsley RH; Hoy DK; Edwin PM. "Criterion-related validity of the leg-O-Meter, an instrument to measure leg circumference." *J of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2000; 30: 149-53
- Sorenson MK. "The edematous hand." *Physical Therapy*. 1989; 69: 1059-64
- Cornisa Bh; Thomas BJ; Ward, LC. "A new technique for the quantification of peripheral edema with application in both unilateral and bilateral cases." *Angiology*. 2002; 53: 41-7