

# Estudio de fiabilidad y reproducibilidad de las medidas cirtométricas en miembros superior e inferior sanos

## *Reliability and validity of circumference measurements of upper and lower healthy limbs*

**M. Torres-Lacomba.** Fisioterapeuta, Doctora por la Universidad de Alcalá. Profesora Titular de Universidad. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. España

**M. J. Yuste-Sánchez.** Fisioterapeuta, Máster por la Universidad Complutense. Profesora Titular de Escuela Universitaria. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. España

**D. Prieto-Merino.** Doctor en Ciencias Sociosanitarias por la Universidad de Alcalá. Profesor de Estadística Médica. Department of Epidemiology and Population Health, London School of Hygiene & Tropical Medicine. Londres. Reino Unido

### Correspondencia:

María Torres Lacomba  
[maria.torres@uah.es](mailto:maria.torres@uah.es)

Recibido: 13 agosto 2009

Aceptado: 15 octubre 2009

### RESUMEN

**Introducción:** el volumen de las extremidades puede medirse mediante diversos métodos más o menos sofisticados. La cirtometría es uno de los más empleados en la práctica clínica fisioterapéutica al tratarse de un método sencillo y económico que permite, tanto calcular el volumen global de una extremidad, como tomar medidas en distintos niveles de la misma para localizar donde acontecen los cambios de volumen. **Objetivo:** el propósito de este estudio es determinar la fiabilidad y reproducibilidad de las medidas cirtométricas en extremidades sanas. **Materiales y método:** se seleccionaron tres sujetos sanos, dos mujeres y un varón, que participaron en el estudio de fiabilidad y reproducibilidad realizado en la Unidad Docente Asistencial y de Investigación en Fisioterapia del Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Alcalá. **Procedimiento:** las mediciones fueron realizadas por tres fisioterapeutas en activo que midieron en cinco niveles diferentes de la extremidad superior dominante y en seis niveles distintos de la extremidad inferior del lado dominante. Cada sesión se compuso de 2 series de mediciones. Entre las 2 series pasó 1 hora y en cada serie, cada evaluador tomó las mediciones con 2 cintas métricas distintas. La citada sesión se reprodujo el mismo día de la semana siguiente. **Resultados:** se calcularon la variabilidad debida a cada factor y la diferencia sistemática en algunos factores. Para establecer si la diferencia era significativa se utilizó el test ANOVA. En la repetibilidad intra-evaluador, los valores «p» no sugieren diferencias importantes tanto en la extremidad superior ( $p = 0,844$ ) como en la extremidad inferior ( $p = 0,746$ ). En la repetibilidad inter-evaluador los valores «p» sugieren diferencias importantes en ambas extremidades ( $p < 0,001$ ). **Conclusiones:** los resultados parecen ser evaluador-dependientes. Puede afirmarse que la cirtometría es una metodología reproducible y fiable en sujetos sanos si la aplica el mismo evaluador, manteniendo las mismas condiciones y utilizando la misma cinta métrica. **Palabras clave:** cirtometría, extremidad superior, extremidad inferior, fiabilidad, reproducibilidad, Fisioterapia.

### ABSTRACT

**Introduction:** the volume of the limbs can be determined by different methods more or less sophisticated. The circumference measurements is one of the most commonly used method in physical therapy clinical practice. Circum-

*ference measurements is a simple and economical method allowing not only calculate the overall volume of a limb but measuring different levels of the limb and thus locate where volume changes occur. Objective: the purpose of this study was to determine if upper and lower healthy limbs girth measurements are valid and reliable. Material and method: three healthy subjects, two females and one male, participated in the intra and intertester reliability of this study. The study was carried out in the Research Physiotherapy Unit, Department of Physiotherapy at the University of Alcalá. Procedure: girth was assessed at five different upper extremity sites and at six different lower extremity sites by three physical therapists with at least five years of experience, using two different tapes measure for each measure during two sessions. Each session consisted of 2 sets of measurements. Between the 2 sets spent 1 hour, and in each set, each assessor took the measurements with two different tape measures. The measurements were repeated on the same day of the week, 7 days later. Results: we calculated the variability due to individual factors and systematic differences in some factors. To establish significant differences ANOVA test was used. Intra-reliability «p» values does not suggest significant differences in upper extremity ( $p = 0.844$ ) and in lower limb ( $p = 0.746$ ). In the inter-reliability «p» values suggest important differences in both limbs ( $p < 0.001$ ). Conclusions: circumference measurement is a reproducible and reliable method in healthy persons, applying by the same assessor, maintaining the same conditions and using the same tape.*

**Key words:** circumference measurement, upper extremity, lower extremity, reproducibility of results, Physical therapy

## INTRODUCCIÓN

El fisioterapeuta, en el desarrollo de su profesión, mide con frecuencia el volumen de las extremidades tanto en el ámbito de la patología de la circulación de retorno (linfedema, fleboedema, etc.) como en la del aparato locomotor (edemas postraumáticos, edemas posquirúrgicos, etc.)<sup>(1-5)</sup>.

Aunque existen diversos métodos relativamente sofisticados para la medición del volumen de una extremidad como la volumetría optoelectrónica<sup>(6)</sup>, el infrarrojo<sup>(7)</sup>, el sistema computerizado de medición del volumen del edema (CLEMS)<sup>(8)</sup>, la impedancia<sup>(9)</sup>, la volumetría por desplazamiento del agua<sup>(10)</sup>, el diseño computerizado (CAD/CAM)<sup>(11)</sup> y la tomografía computerizada<sup>(11)</sup>, la cirtometría es el más empleado en la práctica clínica fisioterapéutica por tratarse de una técnica simple, económica y de fácil aplicación<sup>(10, 12-17)</sup>.

Los edemas, sean de origen traumático o debidos a un proceso crónico, representan un problema fisioterapéutico hallado frecuentemente en la clínica. El edema proporciona información relevante al fisioterapeuta sobre la naturaleza, estado y severidad del problema. La medición del volumen del edema permite cuantificar la evolución durante la actuación fisioterapéutica. Asimismo, también permite comparar la eficacia de distintas técni-

cas. De hecho, en el caso de la detección precoz del linfedema, uno de los primeros signos tenidos en cuenta para el diagnóstico del mismo es un incremento del volumen de la extremidad afecta en relación a la contralateral, y más concretamente la existencia de una diferencia de 2 cm o superior en dos medidas consecutivas en relación a la extremidad contralateral<sup>(1, 18-20)</sup>. Aún cuando el criterio diagnóstico es un aumento de volumen, éste se calcula, por lo general, a partir de medidas circunferenciales<sup>(18, 21, 22)</sup>. La cirtometría también se emplea para la confección de manguitos y medias de compresión decreciente a medida o para seleccionar la talla apropiada<sup>(1)</sup>.

De entre todos los métodos existentes para medir el volumen de una extremidad, los más empleados son el agua y la cirtometría. Distintos estudios avalan la medición del volumen por desplazamiento de agua como el método más válido y fiable<sup>(10, 22-27)</sup>, aunque presenta desventajas que no se dan en la cirtometría. La más relevante, en relación a la actuación fisioterapéutica, es el hecho de que sólo pueda medirse el volumen global de la extremidad, y no se puedan tomar medidas específicas en distintos niveles de la misma. La cirtometría, sin embargo, permite tomar medidas en varios niveles de la extremidad, lo que posibilita detectar si se trata de una verdadera reabsorción o de un simple desplazamiento

del edema, así como localizar donde acontecen los cambios de volumen. También permite calcular el volumen mediante dos fórmulas matemáticas, bien la del cilindro, bien la del cono truncado<sup>(27)</sup>. Otras desventajas de la volumetría por desplazamiento de agua son las relacionadas con su puesta en marcha y uso (gran volumen del material, dificultad de transporte, requiere tiempo para llenarlo y vaciarlo, no puede medirse la extremidad al completo en un solo cubículo; incómoda para el paciente y poco higiénica)<sup>(15, 16, 26)</sup> y a ciertas características de los pacientes (no puede emplearse en heridas abiertas, postcirugía, etc.)<sup>(16, 25)</sup>.

A pesar de que existe literatura sobre la fiabilidad de las medidas volumétricas con agua y mediante cirtometría, y todos los estudios concluyen que ambos métodos son fiables pero no intercambiables<sup>(24, 26, 27)</sup>, por un lado, algunos de ellos no describen el procedimiento de toma de medidas que permitiría analizar la fiabilidad intra-evaluador<sup>(24, 27)</sup> o no enmascaran la recolecta de los datos<sup>(27)</sup> y, por otro, todos analizan la fiabilidad intra y/o inter-evaluador en relación al volumen global de la extremidad y no en relación a las medidas cirtométricas realizadas en distintos niveles de la extremidad<sup>(8, 10, 22, 24, 26, 27)</sup>.

En este sentido, el propósito de este estudio es analizar la fiabilidad y reproducibilidad intra e inter-evaluador de las medidas circunferenciales en extremidades sanas, así como constatar si el uso de cintas métricas diferentes puede influir en el resultado.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos

Se seleccionaron entre la población sana por razones de facilidad y disponibilidad. En el proyecto participaron 3 sujetos de 47, 36 y 28 años de edad, dos mujeres y un varón de distintas características anatómicas, que consintieron participar voluntariamente en el estudio, firmando el consentimiento informado. Los tres cumplían los criterios de inclusión. Ninguno padecía enfermedad alguna ni edema residual en ninguna extremidad en el momento del estudio y todos estaban disponibles para toda la duración del estudio.

Como criterios de exclusión se consideraron cualquier signo específico en la extremidad, cualquier marca

o alteración cutánea o subcutánea que pudiese suponer una referencia visual o a la palpación (cicatrices, marcas de nacimiento, verrugas, granos, color de la piel, marcas de bronceado, alergias, traumatismos, o a cualquier variación de volumen en las extremidades) en el transcurso del estudio.

Puesto que se efectuaron cuatro tomas de medidas por sesión de medición, por extremidad, en dos extremidades (la superior y la inferior), por sujeto; y se repitió la misma sesión una semana después; en total, cada evaluador midió 24 miembros superiores y 24 miembros inferiores.

### Evaluadores

Tres fisioterapeutas en activo, con una experiencia superior a 5 años, realizaron las mediciones, así como la recogida de los datos. Cada evaluador medía de manera independiente a cada sujeto, y tomaba sus propios datos en hojas de recogida de datos individualizadas por extremidad, sesión y serie de toma de medidas, y sujeto. Antes de iniciar el estudio se llevaron a cabo dos reuniones para consensuar y practicar el procedimiento con un sujeto sano. Esto permitió determinar la temporización de la toma de medidas así como la posición más adecuada del sujeto para la toma de medidas en miembros superiores e inferiores. Todas las sesiones de medición siguieron el mismo método.

### Material

Se emplearon dos cintas métricas de distintas características, una ancha de plástico semirígido de 2 cm de ancho y 100 cm de largo a (cinta para sastrería, Babel, España) y otra fina de fibra de vidrio de 1 cm de ancho y 100 cm de largo e (cinta métrica enrollable, Zara Home, España), para medir tanto la circunferencia como la longitud de las extremidades. Un goniómetro para el posicionamiento del paciente (Guymon, Modelo 01129, Lafayette, USA). Adhesivos blancos de 0,5 cm de ancho por 1 cm de largo (etiquetas adhesivas, 3M, España) para marcar las distintas referencias para las mediciones. Hojas de recogida de datos individuales, una por

M. Torres-Lacomba  
M. J. Yuste-Sánchez  
D. Prieto-Merino

## Estudio de fiabilidad y reproducibilidad de las medidas cirtométricas en miembros superior e inferior sanos

extremidad, por paciente y por sesión de medición y un sobre para introducir cada medición y sellar de esta forma la información recabada.

Cada fisioterapeuta disponía de su propio material (las dos mismas cintas métricas y el mismo goniómetro, hojas de evaluación por extremidad y sujeto, y pegatinas para las referencias para toda la duración del estudio). En ningún momento del estudio se intercambiaba y/o reemplazó el material.

### Procedimiento

El estudio se realizó en la Unidad Docente Asistencial y de Investigación en Fisioterapia del Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Alcalá. Los sujetos llegaban con antelación, introduciéndose en su cabina correspondiente y permaneciendo 30 minutos cómodamente instalados para que la temperatura de la piel se estabilizase. La temperatura de la sala varió entre 22 y 25°C. Desde ninguna de las tres cabinas podía observarse lo que ocurría en el interior de las otras dos.

Con anterioridad a la realización de la primera sesión se asignó un número a cada evaluador y otro a cada sujeto, de forma aleatoria, que se conservaron en las distintas sesiones de medición.

Al inicio de cada sesión, durante la media hora de adaptación, se realizaba un sorteo previo para establecer el orden en el que los evaluadores medirían a los distintos sujetos. Asimismo, cada evaluador verificaba su material.

Se tomaron medidas en el miembro superior dominante y en el miembro inferior correspondiente, a intervalos de 5 cm y 10 cm respectivamente, recopilados a partir de una referencia ósea. En la literatura existente, los intervalos entre medidas varían entre 4 y 10 cm<sup>(12, 15)</sup> y, aunque Latchford y cols. concluyeron en un estudio realizado<sup>(28)</sup> que los intervalos de 10 cm son suficientes para poder obtener medidas de una extremidad y calcular su volumen, y que tomar dos medidas no es apropiado para valorar el volumen de toda una extremidad, se decidió emplear intervalos de 5 cm en el caso del miembro superior por aproximarse a la toma de medidas que se realiza para la confección de mangas o medias de compresión, por ser fácil y rápido detectar en la cinta mé-

trica los múltiplos de 5 y por tomar el máximo número de medidas para el estudio. En el caso de la inferior, al tratarse de una extremidad de mayor longitud que la superior, los intervalos fueron de 10 cm.

En cuanto a las referencias desde donde marcar los intervalos, se seleccionaron referencias óseas en base al estudio de Taylor y cols.<sup>(10)</sup> que afirma que calcular el volumen del miembro superior a partir de referencias anatómicas es más fiable, válido y preciso que hacerlo marcando los intervalos desde las yemas de los dedos. Para señalar los intervalos se emplearon pequeños adhesivos que no dejaban huella alguna tras su retirada.

Las mediciones se realizaron una vez por semana, el mismo día de la semana, en dos semanas consecutivas. Cada sesión de toma de mediciones constaba de dos series consecutivas por sesión, con un intervalo de una hora, tiempo en el que los 3 sujetos permanecieron cómodamente instalados. Cada evaluador reprodujo cada serie (compuesta por la toma de medidas en miembro superior con la cinta a, y a continuación, con la cinta e; y la toma de medidas en miembro inferior con la cinta a, y a continuación, con la cinta e) y cada sesión en cada uno de los tres sujetos.

### Toma de medidas en miembro superior

#### Posición del sujeto

El sujeto se posicionaba en sedestación con los miembros superiores en flexión de hombro de 50°, medida con goniómetro centrado por debajo del acromion, un brazo del goniómetro paralelo a la línea axilar media del tronco y el otro paralelo al eje longitudinal del húmero, codo apoyado en camilla, rotación neutra de hombro y supinación.

#### Toma de medidas

Se realizaron cinco mediciones, tomando como referencia la epitroclea en la flexura del codo, sobre el miembro superior dominante y en los siguientes niveles: brazo (+10 (SS10), +5 (SS5)), flexura del codo (Flex), antebrazo (-5 (SB5) y -10 (SB10)).

Se colocaba el adhesivo en la flexura del codo. A partir del borde superior del adhesivo se midieron 5 cm en dirección proximal y se colocaba el segundo adhesivo, después se midieron 10 cm en la misma dirección y se colocaba el tercero. De la misma forma, a partir del borde superior del adhesivo colocado en la flexura del codo, se midieron 5 cm en dirección distal y se colocaba el cuarto adhesivo, después se midieron 10 cm en la misma dirección y se colocaba el quinto.

La medición cirtométrica se realizó en los cinco niveles, con la cinta métrica a colocada sin tensión, adaptada al contorno de la zona, de forma que no se produjese compresión.

Una vez recogidos los datos se introducían en un sobre identificado con el número del evaluador y el del sujeto, la fecha y la letra de la cinta métrica, de modo que los datos no estuviesen a la vista para la toma de medidas con la cinta métrica e. A continuación, se repetía la misma secuencia con la cinta métrica e. Se repitió la misma sesión, en las mismas condiciones, el mismo día de una semana después.

## Toma de medidas en miembro inferior

### Posición del sujeto

El sujeto se posicionaba en la camilla en decúbito supino, con el respaldo incorporado 120°, el miembro inferior dominante con flexión de rodilla de 50°, medida con goniómetro con la línea del cóndilo externo y trocánter mayor y, línea del cóndilo externo y maléolo externo como referencias. Miembro inferior estabilizado por el evaluador.

### Toma de medidas

Se realizan seis mediciones, tomando como referencia los bordes superior e inferior (IBR) de la rótula, a intervalos de 10 cm, en los siguientes niveles: muslo (+10 (IS10) y +20 (IS20)), borde superior de la rótula (ISR), borde inferior de la rótula (IBR), pierna (-10 (IB10) y -20 (IB20)).

Se colocaba el adhesivo en el borde superior de la rótula. A partir del borde inferior del adhesivo se midieron

10 cm en dirección proximal y se colocaba el segundo adhesivo, después se midieron 20 cm en la misma dirección y se colocaba el tercero. De la misma forma, se colocaba el cuarto adhesivo en el borde inferior de la rótula y a partir del borde superior del adhesivo, se midieron 10 cm en dirección distal, y se colocaba el quinto adhesivo, después se midieron 20 cm en la misma dirección y se colocaba el sexto.

La medición cirtométrica se llevó a cabo en los seis niveles, con la cinta a colocada sin tensión, adaptada al contorno de la zona, de forma que no se produjese compresión.

Una vez recogidos los datos se introdujeron en un sobre identificado con el número del evaluador y el del sujeto, la fecha y la letra de la cinta métrica, de modo que los datos no estuviesen a la vista para la toma de medidas con la cinta e. A continuación, se repetía la misma secuencia con la cinta e. Se repitió la misma sesión, en las mismas condiciones, el mismo día de una semana después.

## Metodología estadística

### Cálculo de la variabilidad debida a cada factor

Las medidas tomadas en una misma localización no arrojaban siempre el mismo valor y las causas de la variabilidad fueron múltiples. La más obvia fue la variabilidad entre pacientes, aunque también existía variabilidad entre días, entre evaluadores, entre cintas y entre repeticiones. Para conocer la importancia de cada una de estas causas en la variabilidad de las medidas se calculó la variación porcentual (VP) debida a cada una de ellas (sujetos, días, evaluadores, cintas y repeticiones). Para poder calcular la VP atribuible a una causa era necesario fijar las otras. Por ejemplo, para calcular la variabilidad entre evaluadores en una localización, fue necesario fijar el sujeto, el día, la cinta y la repetición: es decir, que para un determinado sujeto, día, cinta y repetición había 3 medidas (una de cada evaluador:  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ). Se hizo un promedio de esas tres medidas ( $P = (E_1 + E_2 + E_3) / 3$ ), y se calculó la desviación (D) de cada evaluador con respecto a ese promedio ( $D_1 = E_1 - P$ ,  $D_2 = E_2 - P$ ,  $D_3 = E_3 - P$ ). Dividiendo cada D por el promedio y

multiplicando por 100 se obtuvo la VP de cada evaluador con respecto al promedio de los 3 evaluadores ( $VP_i = 100 \cdot D_i / P$ ,  $i = 1, 2, 3$ ). Repitiendo lo expuesto para todas las posibles combinaciones de sujetos, días, cintas y repeticiones, se obtuvieron todas las VP causadas por tener distintos evaluadores.

En la tabla 1 se presenta un ejemplo de cálculo de las D y VP en la localización «SS10» para el factor evaluador y el factor cinta. El promedio de todas las D de los 3 evaluadores será «0», pero la media para cada nivel del factor reflejado no será necesariamente 0 y mostrará cuánto suele desviarse cada evaluador con respecto a la media de los 3. En este sentido, puede observarse como la media de las D del evaluador 2 es 1,77. Esto significa que «por término medio el evaluador 2 mide 1,77 por encima de la media de los tres evaluadores», o dicho de otro modo, se trata de un evaluador que tiende a medir «más alto» que sus compañeros. Por otro lado el evaluador 3 tiende a medir menos que sus compañeros (2,23 por debajo de la media de los tres evaluadores). Del mismo modo, puede afirmarse que con la cinta ancha las mediciones tienden a ser mayores que con la estrecha; la cinta ancha por término medio mide 0,64 por

arriba de la media de las 2 cintas, la cinta estrecha está por término medio 0,64 por debajo de la media, es decir que la diferencia entre las cintas es por término medio 1,28 la ancha por encima de la estrecha. Por otro lado, estas medias se pueden conseguir con más o menos desviación de las cintas. Las cintas se suelen desviar 3,37 unidades (por arriba o por abajo) de la media.

El promedio de todas las VP de los 3 evaluadores será también «0», pero la desviación típica de las VP reflejará cuánto suele ser la VP entre evaluadores cuando están midiendo lo mismo y del mismo modo. En la tabla 1 puede apreciarse que esta desviación es típicamente de 1,5 % para los evaluadores, lo cual quiere decir que los evaluadores tienden a diferenciarse de la media en un 1,5 % bajo las mismas condiciones en esta localización. Por otro lado las cintas tienden a diferenciarse 1,26 % en esta localización.

#### Test de diferencia sistemática en algunos factores

Cuando se trata de un factor no indica lo mismo la «variabilidad» en la medición que la «diferencia siste-

TABLA 1. Ejemplo de cálculo de (D) y (VP) en localización SS10.

L	S	d	C	R	Evaluador (E)									
					E1	E2	E3	P	D1	D2	D3	VP1	VP2	VP3
SS10	1	1	a	2	265	265	260	263,3	1,67	1,67	-3,33	0,63 %	0,63 %	-1,27 %
SS10	1	1	e	2	260	270	265	265	-5	5	0	-1,9 %	1,9 %	0 %
SS10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Media (para cada evaluador)									0,46	1,77	-2,23	0,16 %	0,66 %	-0,82 %
Desviación típica (todos los evaluadores)									3,99			1,5 %		

L	S	d	E	R	Cinta métrica						
					a	e	P	Da	De	Vpa	Vpe
SS10	1	1	1	2	265	260	262,5	2,5	-2,5	0,95 %	-0,95 %
SS10	1	1	1	2	265	270	267,5	-2,5	2,5	-0,93 %	0,93 %
SS10	1	1	3	2	260	265	262,5	-2,5	2,5	-0,95 %	0,95 %
SS10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Media (para cada cinta)								0,64	-0,64	0,24 %	-0,24 %
Desviación típica (entre cintas)								3,37		1,26 %	

L: localización; S: sujeto; d: día; C: cinta métrica; R: repetición; D: desviación; VP: variación porcentual; E: evaluador; a: ancha; e: estrecha.

mática». «Variabilidad» alude a la idea de mucha diferencia en las mediciones entre los niveles del factor, y «diferencia sistemática» alude a que uno de los niveles, sistemáticamente, mide más que otros (aunque esas diferencias no sean grandes). Por ejemplo, entre las cintas habría mucha variabilidad si las diferencias de mediciones entre cintas fueran grandes, pero esto no significaría necesariamente que una cinta midiese siempre más que la otra. Sin embargo, si la cinta estrecha midiera sistemáticamente más (o menos) que la cinta ancha, podría afirmarse que existe una diferencia sistemática aunque estas diferencias no fueran grandes.

Para estudiar las diferencias sistemáticas en un factor, se compararon las D de cada nivel del factor al promedio del factor, fijando todos los otros factores (como muestra la tabla 1) para evaluadores y cintas en la localización SS10. Por ejemplo, si no hubiera diferencia sistemática entre los evaluadores en la localización SS10, las medias «D<sub>1</sub>», «D<sub>2</sub>» y «D<sub>3</sub>» deberían ser muy similares y cercanas a «0». Si unos evaluadores midiesen sistemáticamente más que otros, las medias estarían por encima y por debajo de cero en sentido contrario. En la tabla 1 las medias son 0,46, 1,77 y -2,23. Para poder establecer si esta diferencia es significativa, se realizó un test ANOVA donde los factores fueron el «evaluador» y la «situación de medición» (esta es una combinación única de todas las otras variables: sujeto, día, cinta y repetición).

Del mismo modo se analizaron los otros factores de variabilidad (sujeto, día, evaluador, repetición) en cada una de las otras localizaciones, aplicando un test ANOVA para detectar diferencias sistemáticas para cada factor en cada localización. No se llevaron a cabo comparaciones *a posteriori* tras los ANOVA, puesto que carecía de interés entre sujetos, días o evaluadores, y las cintas y repeticiones sólo tenían 2 niveles. En el apartado «Resultados» se presentan gráficos con las medias y errores estándar para cada nivel de cada factor en cada localización.

Aunque se han calculado muchos modelos y por lo tanto obtenido muchos valores «p», no se han llevado a cabo correcciones por multiplicidad. Las variables medidas no son independientes entre sí, por lo que las correcciones penalizarían en exceso. Reputados autores<sup>(29)</sup> abogan por no incluir correcciones y, simplemente, aler-

tar del número de tests realizados para que el lector pueda tenerlo en cuenta al valorar las «p».

## RESULTADOS

### Variabilidad debida a distintas causas

En total se midieron 24 miembros superiores y 24 miembros inferiores que supusieron 120 y 144 medidas respectivamente, es decir, un total de 264 medidas (88 medidas cada fisioterapeuta). La tabla 2 resume la variabilidad por distintas causas. Muestra las desviaciones típicas (columna DT) de las VP así como el percentil 95 de las desviaciones en valor absoluto (el 95 % de las mediciones varían menos que este P95). Por ejemplo, en la localización «SS10» los diferentes evaluadores suelen desviarse «típicamente» un 1,5 % alrededor del promedio de los observadores (como ya pudo apreciarse en la tabla 1), y en el 95 % de las mediciones esta desviación es menor de un 2,1 %. Del mismo modo en «SS10», las cintas se suelen alejar un 1,3 % de su promedio y, en general, no se alejan más de un 1,6 %.

En la tabla 2 puede observarse que la mayor causa de la variabilidad en las mediciones es debida a la diferencia entre sujetos. Pero esto es de esperar y no es lo relevante en este estudio. Lo que se pretende realmente es estudiar la variabilidad debida a los evaluadores y a las cintas métricas (fiabilidad «inter») y la debida a los días y las repeticiones (fiabilidad «intra»). En la tabla 2 puede apreciarse que estas variabilidades oscilan entre 1 y 2 %, y raramente pasan del 3 %, excepto en algunas localizaciones (SB10 e IS10). En general parece existir un poco más de variabilidad en el miembro inferior.

### Diferencia sistemática en algunos factores

Las tablas 3 y 4 contienen los valores «p» de los Modelos ANOVA. Cada columna es un modelo para una localización de medida. La última columna de cada tabla es un modelo común para toda la extremidad. Valores «p» bajos indican que hay diferencias en las medidas de esa localización debidas al factor que indica la fila.

Parece evidente que entre sujetos haya una diferencia sistemática de medidas debida a la anatomía de cada

M. Torres-Lacomba  
M. J. Yuste-Sánchez  
D. Prieto-Merino

Estudio de fiabilidad y reproducibilidad  
de las medidas cirtométricas  
en miembros superior e inferior sanos

TABLA 2. Variabilidad porcentual por distintas causas.

<i>Miembro superior(MS)</i>	<i>Causa de variabilidad</i>									
	<i>Sujeto</i>		<i>Día</i>		<i>Evaluador</i>		<i>Cinta</i>		<i>Repetición</i>	
<i>Localización</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>
SS10	11,5 %	(13,9 %)	1,3 %	(2,0 %)	1,5 %	(2,1 %)	1,3 %	(1,6 %)	1,3 %	(1,6 %)
SS5	10,7 %	(13,1 %)	1,2 %	(1,6 %)	1,6 %	(2,4 %)	1,5 %	(2,1 %)	1,1 %	(1,4 %)
Flex	7,1 %	(8,8 %)	1,1 %	(2,0 %)	1,3 %	(2,1 %)	1,3 %	(1,6 %)	0,8 %	(1,1 %)
SB5	7,2 %	(8,8 %)	1,0 %	(1,5 %)	1,2 %	(2,2 %)	1,3 %	(1,5 %)	1,0 %	(1,1 %)
SB10	9,1 %	(11,4 %)	3,0 %	(5,9 %)	2,0 %	(3,1 %)	2,5 %	(4,3 %)	1,5 %	(2,3 %)
<b>Media MS</b>	<b>9,3 %</b>	<b>(12,6 %)</b>	<b>1,7 %</b>	<b>(2,4 %)</b>	<b>1,5 %</b>	<b>(2,5 %)</b>	<b>1,7 %</b>	<b>(2,3 %)</b>	<b>1,1 %</b>	<b>(1,6 %)</b>

<i>Miembro inferior (MI)</i>	<i>Causa de variabilidad</i>									
	<i>Sujeto</i>		<i>Día</i>		<i>Evaluador</i>		<i>Cinta</i>		<i>Repetición</i>	
<i>Localización</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>	<i>DT</i>	<i>P95</i>
IS20	15,5 %	(17,3 %)	16 %	(2,7 %)	2,2 %	(3,8 %)	1,1 %	(1,7 %)	1,4 %	(2,0 %)
IS10	15,8 %	(18,9 %)	2,3 %	(3,8 %)	2,8 %	(4,7 %)	1,8 %	(2,4 %)	1,8 %	(2,9 %)
ISR	8,2 %	(10,1 %)	1,2 %	(2,4 %)	1,8 %	(2,9 %)	1,4 %	(1,9 %)	1,3 %	(1,4 %)
IBR	6,8 %	(8,9 %)	1,6 %	(2,5 %)	1,6 %	(3,0 %)	1,4 %	(1,6 %)	1,4 %	(2,0 %)
IB10	6,2 %	(7,7 %)	1,5 %	(2,2 %)	1,3 %	(2,5 %)	1,3 %	(1,6 %)	1,3 %	(1,6 %)
IB20	6,1 %	(7,9 %)	1,8 %	(2,8 %)	1,7 %	(3,1 %)	1,4 %	(2,5 %)	1,5 %	(2,5 %)
<b>Media MS</b>	<b>10,7 %</b>	<b>(16,7 %)</b>	<b>1,7 %</b>	<b>(2,7 %)</b>	<b>2,0 %</b>	<b>(3,2 %)</b>	<b>1,4 %</b>	<b>(2,0 %)</b>	<b>1,4 %</b>	<b>(1,9 %)</b>

DT: desviación típica; P95: percentil 95 de VP en valores absolutos

TABLA 3. Valores «p» de ANOVAs para la extremidad superior.

<i>Localización</i>	SS10	SS5	Flex	SB5	SB10	MULTI
<i>Sujeto</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<i>Día</i>	0,058	0,184	0,033	0,844	0,002	<0,001
<i>Evaluador</i>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,073</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
<i>Cinta</i>	<b>0,048</b>	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,923</b>	<b>0,024</b>	<b>&lt;0,001</b>
<i>Repetición</i>	0,934	0,812	0,596	0,502	0,031	<b>0,844</b>

TABLA 4. Valores «p» de ANOVAs para el modelo de la extremidad inferior.

<i>Localización</i>	IS20	IS10	ISR	IBR	IB10	IB20	MULTI
<i>Sujeto</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<i>Día</i>	0,195	<0,001	0,096	0,072	0,022	0,336	0,029
<i>Evaluador</i>	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,097	<0,001
<i>Cinta</i>	0,283	0,005	0,027	0,006	0,186	0,106	0,002
<i>Repetición</i>	0,283	0,141	0,722	0,185	0,673	0,251	0,746



individuo, e incluso podría argumentarse que el día de la medición pueda determinar una diferencia sistemática. Pero lo interesante es analizar la existencia de diferencias sistemáticas de medición entre distintos evaluadores, cintas y repeticiones, fijando las otras variables.

Para ilustrar gráficamente las posibles diferencias sistemáticas de los evaluadores las cintas o las repeticiones se presentan las figuras 1 a 6 donde se observan las medias y errores estándar para cada nivel de cada factor en cada localización.

### Extremidad superior

En el caso de la extremidad superior los valores «p» de la tabla 3 sugieren que en algunas localizaciones (S10, Flex, B10) aparece cierta evidencia de diferencias entre días que no aparece en otras localizaciones. Todo ello parece justificar que la medición de la extremidad puede variar, en general, con los días ( $p < 0,001$ ). Es evidente que hay diferencias importantes entre evaluadores al medir en las diferentes localizaciones de la extremidad, y en conjunto en toda la extremidad ( $p < 0,001$ ). Hay evidencia de diferencias entre las cintas en todas las localizaciones excepto en SB5.

En cuanto a la repetibilidad intra-evaluador, los valores «p» son relativamente altos. Por lo tanto no parecen ser significativas las diferencias entre la primera y segunda medición del mismo evaluador en las mismas condiciones. La única excepción es, quizás, la localización (SB10) donde podría haber diferencias en las repeticiones ( $p = 0,031$ ). En la extremidad, en general, no hay evidencia de diferencias ( $p = 0,844$ ).

### Extremidad inferior

En el caso de la extremidad inferior los valores «p» de la tabla 4 sugieren que en relación al «día» parece que en las localizaciones intermedias (IS10, IB10) hay buena evidencia de diferencias entre días ( $p < 0,001$ ,  $p = 0,022$ ) pero no hay fuerte evidencia en las otras localizaciones. En general, hay fuerte evidencia de que la medición de la extremidad difiere entre días ( $p < 0,001$ ). También en este caso los valores «p» sugieren diferencias importantes entre evaluadores, tanto en las diferentes localiza-

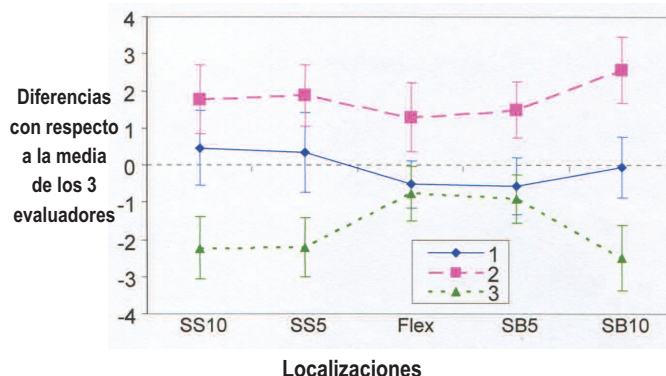


FIG. 1. Medias e IC 95 % de los distintos evaluadores en el caso del miembro superior.

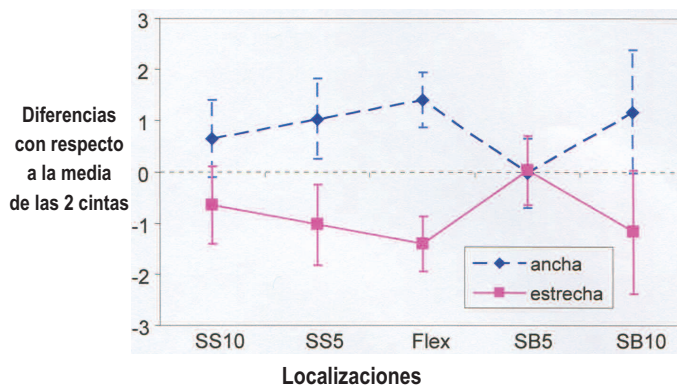


FIG. 2. Medias e IC 95 % de las distintas cintas en el caso del miembro superior.

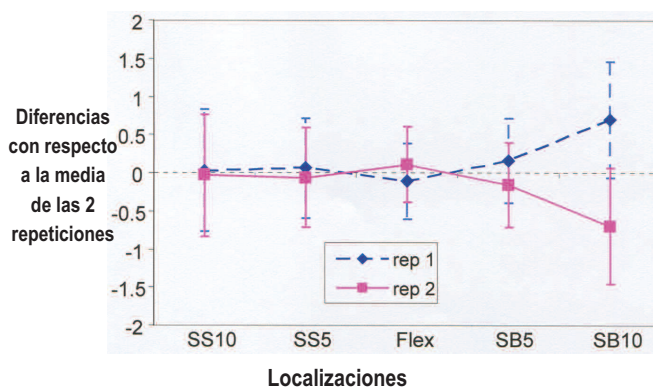


FIG. 3. Medias e IC 95 % de las distintas repeticiones en el caso del miembro superior.

ciones de la extremidad como en el conjunto de ésta ( $p < 0,001$ ). La única localización con menos evidencia de diferencias es IB20.

Sobre la cinta parece haber alguna evidencia de efecto al medir las localizaciones IBR, IS10 e ISR, pero no en las otras localizaciones. Considerando todo el

M. Torres-Lacomba  
M. J. Yuste-Sánchez  
D. Prieto-Merino

## Estudio de fiabilidad y reproducibilidad de las medidas cirtométricas en miembros superior e inferior sanos

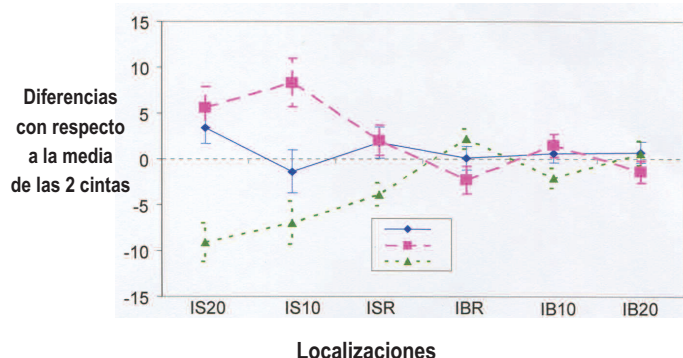


FIG. 4. Medias e IC 95 % de los distintos evaluadores en el caso del miembro inferior.

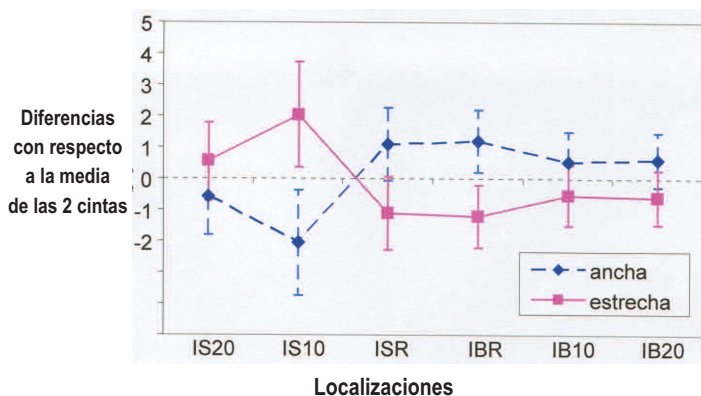


FIG. 5. Medias e IC 95 % de las distintas cintas en el caso del miembro inferior.

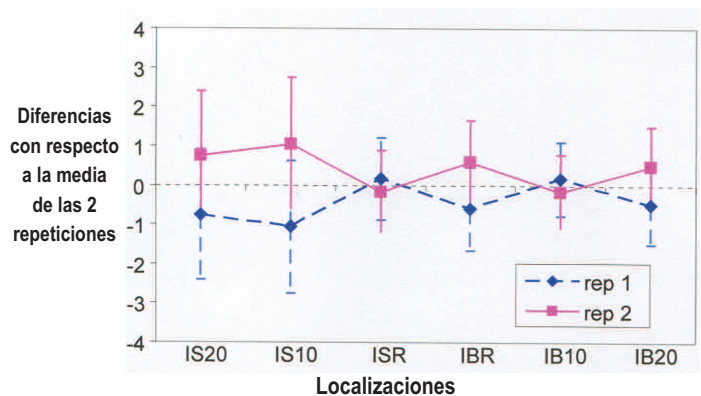


FIG. 6. Medias e IC 95 % de las distintas repeticiones en el caso del miembro inferior.

miembro, hay evidencia de que con las cintas se mide de forma diferente ( $p = 0,002$ ). Es interesante notar en la figura 5 que las cintas cambian de orden: la cinta estrecha tiende a medir más en la localización IS20 e IS10, pero la cinta ancha tiende a medir más en las otras localizaciones.

En cuanto a la repetibilidad intra-evaluador, los valores «p» son relativamente altos; por lo tanto no parecen ser significativas las diferencias entre la primera y segunda medición del mismo evaluador en las mismas condiciones ( $p = 0,746$ ).

## DISCUSIÓN

La medición del volumen de las extremidades presenta ciertas dificultades. Aunque existen estudios que demuestran que la volumetría por desplazamiento del agua es el método más válido y fiable para calcular el volumen de las extremidades, no es fácil garantizar el mismo nivel de inmersión en cada medición para una misma extremidad<sup>(9)</sup>, además de las dificultades ya citadas en la introducción (tiempo, precio y volumen del material, higiene, incomodidad, no aplicable a todo tipo de pacientes, etc.). En este sentido, la cirtometría, por su sencillez y comodidad, así como por posibilitar tomar medidas específicas en distintos niveles de la extremidad, se presenta como una alternativa para la valoración del cambio de volumen de las extremidades.

Sobre la fiabilidad de las medidas volumétricas con agua y mediante cirtometría existe literatura que concluye que ambos métodos son fiables, aunque no intercambiables<sup>(19-23)</sup>, pero en unos casos no se describe el procedimiento de toma de medidas para poder analizar la fiabilidad intra-evaluador<sup>(24, 27)</sup> y en otros no hay enmascaramiento en la recolecta de los datos<sup>(27)</sup>.

En ningún estudio se aborda de forma simultánea el análisis de la fiabilidad de las medidas cirtométricas intra y/o inter-evaluador en ambas extremidades, superior e inferior. En todos los casos se analiza la fiabilidad intra y/o inter-evaluador en relación al volumen global de la extremidad y no en relación a las medidas cirtométricas que se han realizado en distintos niveles de la extremidad<sup>(8, 10, 22, 24, 26, 27)</sup>. En este sentido, a pesar de que el coeficiente de correlación intraclase (CCI) es el estadístico empleado tradicionalmente para analizar la fiabilidad de las medidas<sup>(6, 23, 24, 26, 30, 31)</sup>, éste, cuyo fundamento es comparar la variabilidad de las medidas con la variabilidad de los sujetos, se ve afectado por el hecho de que los sujetos y los evaluadores sean muy distintos<sup>(31)</sup>, por lo que siendo muy útil para algunos fines, se entendió que no arrojaba información sobre lo que este estudio pre-

tendía objetivar. El CCI es un número entre 0 y 1 que explica qué proporción de la variabilidad total de un conjunto de medidas se debe a la variabilidad «real» entre sujetos, y qué proporción (la restante) se debe al «error» en la medición, pero presenta limitaciones: no mostrar el tamaño del error de medición, no distinguir cuáles de los niveles del factor producen mayores medidas, y ser sensible a la variabilidad «real» entre los individuos. Sin embargo, el cálculo de la diferencia entre las mediciones, y la comprobación de si ésta está significativamente alejada de «0» no se ve afectado por ninguna otra variable, por lo que se consideró la forma más adecuada de analizar la fiabilidad de las medidas en el presente estudio, ya que este cuenta con un número limitado de individuos que son medidos bajo distintas circunstancias, luego la variabilidad natural entre ellos es limitada, y por lo tanto el CCI tendería a ser menor sin ser necesariamente relevante.

El presente estudio demuestra que las medidas cirtométricas en miembros superior e inferior sanos presentan evidencia de repetibilidad intra-evaluador, no pareciendo significativas las diferencias entre una y otra medición del mismo evaluador y en las mismas condiciones. Parece haber mayor evidencia de variabilidad en las mediciones entre días, es decir, al cambiar las condiciones de medida. En este sentido son muchos los factores que pueden influir, desde el propio sujeto a las condiciones ambientales, hasta el evaluador. Al medirse sólo en dos días diferentes no se puede asegurar que esto sucedería de igual forma en días sucesivos de medida; sería interesante estudiar este factor más en profundidad.

Por otro lado, los resultados sugieren que hay diferencias importantes entre evaluadores y entre cintas. Parece difícil mantener la misma tensión, presión e inclinación de la cinta métrica en las extremidades.

Con respecto a la fiabilidad inter-evaluadores los resultados obtenidos difieren del único estudio publicado al que el actual<sup>(13)</sup> podría compararse. En este sentido, esto podría deberse al mayor número de semanas en las que se realizan las mediciones en el citado estudio<sup>(13)</sup>, pudiendo actuar como periodo de aprendizaje, desarrollando así la destreza en todos los evaluadores y, en consecuencia, aumentando la fiabilidad. Asimismo, las medidas circunferenciales pueden verse afectadas por las

posiciones adoptadas en las extremidades por los distintos evaluadores para realizar las mediciones, a pesar de seguir el mismo método de posicionamiento (por ejemplo, el hecho que la extremidad quede fijada por el evaluador podría generar pequeñas diferencias en su posicionamiento). Además, a pesar de que se han medido diferentes zonas de las extremidades, existiendo así diferencias anatómicas a lo largo de las mismas que podrían «compensar» la variedad de individuos, convendrían futuros estudios con un número mayor de sujetos y de evaluadores, así como de mayor duración, que permitiese aumentar la potencia y sensibilidad de la cirtometría.

Medir extremidades con aumento de volumen difiere de la toma de mediciones en extremidades sin el citado aumento de volumen, debido principalmente a los cambios en la textura del tejido que acompañan por ejemplo al edema (líquido, fibrosis, grasa). Tanto la fibrosis como la grasa pueden reaccionar a la presión externa de la piel alterando la exactitud de las medidas circunferenciales. En este sentido, el hecho de que se trate de un estudio sobre sujetos sanos impide la extrapolación a sujetos con patología, por lo que serían necesarios futuros estudios sobre sujetos con patología que verificasen la validez y fiabilidad de las medidas cirtométricas en las citadas condiciones.

En cuanto a la diferencia entre cintas, hay evidencia de variabilidad entre ellas. Las distintas características de las cintas, flexibilidad, grosor y anchura pueden influir en su manejo por los evaluadores.

## CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio sobre 3 sujetos sanos, con 3 evaluadores, tomando un total de 264 medidas e intentando minimizar metodológicamente los posibles sesgos. Los resultados parecen ser evaluador-dependientes, aunque se sospecha que un mayor entrenamiento podría mejorar la fiabilidad inter-evaluador.

Puede afirmarse que la cirtometría es una metodología reproducible y fiable en sujetos sanos si la aplica el mismo evaluador, manteniendo las mismas condiciones y utilizando la misma cinta métrica.

M. Torres-Lacomba  
M. J. Yuste-Sánchez  
D. Prieto-Merino

## Estudio de fiabilidad y reproducibilidad de las medidas cirtométricas en miembros superior e inferior sanos

### AGRADECIMIENTOS

A Fernando Vergara Pérez por la ayuda prestada en la toma de mediciones.

A Belén Díaz Pulido, María Carmen Barrios Pérez y Fernando Mateos Ibáñez por su desinteresada participación en el estudio.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ferrandez JC, Serin D. Rééducation et cancer de sein. 2 ed. Paris: Elsevier Masson S.A.S.; 2006.
- Ferrandez JC, Theys S. Reeduación de los edemas de miembros inferiores. 2 ed. Madrid: Masson; 2002.
- Ferrandez JC, Torres M. El drenaje linfático manual de la extremidad inferior: guía para una aplicación actual. *Cuest fisioter* 2008; 37(3): 187-93.
- Torres M. Caso clínico 13: dolor en la cara medial del brazo. En: Torres M, Salvat I, edit. *Guía de Masoterapia para Fisioterapeutas*. Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 337-342.
- Torres M, Cerezo E. Actuación fisioterapéutica en la trombosis linfática superficial tras cirugía mamaria con linfadenectomía. A propósito de un caso. *Cuest fisioter*. 2009; 38(1): 170-8.
- Labs K, Tschoep M, Gamba G. The reliability of leg circumference assessment: a comparison of spring tape measurements and optoelectronic volumetry. *Vasc Med* 2000; 5(2): 69-74.
- Tierney S, Aslam M, Rennie K, Grace P. Infrared optoelectronic volumetry, the ideal way to measure limb volume. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 1997; 14(5): 415-6.
- Bednarczyk J, Hershler C, Cooper D. Development and clinical evaluation of a computerized limb volume measurement system (CLEMS). *Arch Phys Med Rehabil*. 1992; 73(1): 60-3.
- Cornish B, Bounce I, Ward L, Jones L, Thomas B. Bioelectrical impedance for monitoring the efficacy of lymphoedema treatment programmes. *Breast Cancer Res Treat*. 1996; 38(2): 169-76.
- Taylor R, Jayasinghe U, Koelmeyer L, Ung O, Boyages J. Reliability and validity of arm volume measurements for assessment of lymphoedema. *Phys Ther*. 2006; 86(2): 205-14.
- Perrin M, Guex J. Edema and leg volume: methods of assessment. *Angiology*. 2000; 51(7): 615-6.
- Casley-Smith J. Measuring and representing peripheral oedema and its alterations. *Lymphology*. 1994; 27: 56-60.
- Chavoutier P, Bouchet J, Richaud C. Reproductibilité et fiabilité des mesures périmétriques d'un membre inférieur sain. *Ann Kinésithér*. 2000; 27(1): 3-7.
- Farncome M, Daniels G. Lymphedema: the seemingly forgotten complication. *J Pain Symptom Manage*. 1994; 9: 269-76.
- Mortimer P. Investigation and management of lymphoedema. *Vac Med Rev*. 1990; 1: 1-20.
- Pani S, Vanamail P, Yuvaraj J. Limb circumference measurement for recording edema volume in patients with filarial lymphoedema. *Lymphology*. 1995; 28: 57-63.
- Stizia J. Volume measurement in lymphoedema treatment: examination of formulae. *Eur J Cancer Care*. 1995; 4: 11-6.
- Cheville AL, McGarvey C, Petreck JA, Russo SA, Hiadens SRJ, Taylor ME. The grading of lymphedema in oncology clinical trials. *Semin Radiat Oncol*. 2003; 13(3): 214-25.
- Harris S, Hugi M, Olivotto I, Levine M. Clinical practice guidelines for the care and treatment of breast cancer: lymphedema. *Can Med Assoc J*. 2001; 164: 191-9.
- Martínez I, Torres M, Muñoz V, Mayoral O, Martín S. Informe Proyecto de Investigación: Eficacia del drenaje linfático manual y/o tratamiento farmacológico con benzopironas en la prevención del linfedema postmastectomía. Ensayo clínico randomizado a simple ciego. Toledo: Junta de Comunidades de Castilla La Mancha; Universidad Castilla La Mancha; 1999. Report No.: 98267.
- Armer J, Stewart B. A comparison of four diagnostic criteria for lymphedema in a post-breast cancer population. *Lymphat Res Biol*. 2005; 3: 2008-17.
- Boland R, Adams R. Development and evaluation of a precision forearm and hand volumeter and measuring cylinder. *J Hand Ther*. 1996; 9: 349-58.
- Gebruers N, Truijten S, Engelborghs S, De Deyn P. Volumetric evaluation of upper extremities in 250 healthy persons. *Clin Physiol Imaging*. 2007; 27: 17-22.
- Karges J, Mark B, Stikeleather S, Worrell T. Concurrent validity of upper extremity volume estimates: comparison of calculated volume derived from girth measurements and water displacement volume. *Phys Ther*. 2003; 83(2): 134-45.

25. Kauselar Sukul D, Den Hoed P, Johannes E. Direct and indirect quantification of leg volume: comparison between water displacement volumetry, the disk model method and the frustrum sign model method, using the correlation coefficient and limits of agreement. *J Biomed Eng.* 1993; 15: 477-80.
26. Megens M, Harris S, Kim-Sing C, McKenzie D. Measurement of upper extremity volume in women after axillary dissection for breast cancer. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82: 1639-44.
27. Sander A, Hajer N, Hemenway K, Miller A. Upper extremity volume measurements in women with lymphoedema: a comparison of measurements obtained via water displacement with geometrically determined volume. *Phys Ther.* 2002; 82(12): 1201-12.
28. Latchford S, Casley-Smith J. Estimating limb volumes and alterations in peripheral edema from circumferences measured at different intervals. *Lymphology* 1997; 30: 161-4.
29. Rothman K, Greenland S. *Modern Epidemiology.* 2 ed. Boston: Lippincott Williams & Wilkins; 1998.
30. Lomas-Vega R. Reproducibilidad de una medida. ¿Cómo analizar los datos? *Cuest. fisioter.* 2008; 37(3): 131-132.
31. Prieto L, Lamarca R, Casado A. La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med Clin.* 1998; 110: 142-5.