



Evaluación Funcional y Fisiología del Ejercicio.  
Ciencia y Tecnología para la Salud **262**



Proyecto de Investigación:

## TRATAMIENTO DE LA CELULITIS MEDIANTE TERAPIA VIBRATORIA EN MUJERES ADULTAS SANAS

Dra. PILAR GUALDA. Responsable médico y propietaria de *Aesthetic Clinic*.

Prof. M. J. CASTILLO GARZÓN. Catedrático de Fisiología de la Universidad de Granada.

ENRIQUE GARCÍA ARTERO

Beca de Iniciación a la Investigación, Plan Propio de la Universidad de Granada.

Departamento de Fisiología, Universidad de Granada.



## INTRODUCCIÓN

Es por todos conocida la importancia otorgada en la actualidad al aspecto físico de la persona. Esto contribuye a conseguir un óptimo nivel de salud, entendida ésta desde el punto de vista fisiológico y psicológico, e incluso social. Un buen aspecto físico pasa por disponer de un buen nivel de forma física. La actividad física habitual y el entrenamiento son factores determinantes de una buena forma física.

El entrenamiento vibratorio (EV) mediante plataforma es un método de activación neuromuscular utilizado para el desarrollo de la fuerza y potencia musculares en numerosos deportes. Recientemente su uso se ha generalizado a grupos de población más extensos, tales como atletas de menor nivel, personas adultas y pacientes en tratamiento clínico.

Su fundamento básico radica en una plataforma sobre la que se encuentra el sujeto, en bipedestación, y que genera vibraciones en sentido vertical. Estas vibraciones se transmiten por el cuerpo, suponiendo una notable estimulación para los receptores sensoriales, principalmente los husos neuromusculares. Las fibras aferentes de dichos husos transmiten ese estímulo a la médula, provocando la contracción refleja de las fibras extrafusales, de modo similar a como ocurre en el reflejo miotático.

Recientes estudios han demostrado que exposiciones breves a este tipo de tratamiento suponen un aumento agudo de la capacidad muscular del sujeto, tanto en miembros superiores (Bosco et al 1999) como inferiores (Torvinen et al, 2002 a). Sin embargo, y en contra de lo que pudiera parecer, el estímulo vibratorio no es sólo recibido por aquellos músculos en los que se aplica, sino también por los que se encuentran cerca, de manera que la activación producida es de carácter general. Por esto son de esperar adaptaciones cardiovasculares, endocrinas y metabólicas. Se ha observado cómo pequeñas aplicaciones de EV producen un aumento de la concentración plasmática de testosterona y hormona del crecimiento, junto con un descenso de la concentración plasmática de cortisol (Bosco et al, 2000), lo que se corresponde con un perfil hormonal típicamente anabólico (hipertrofia muscular). También se ha observado un aumento del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), de la frecuencia cardíaca (FC) y de la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE), similares a las que se producen con el entrenamiento moderado de resistencia (Rittweger et al, 2001). De hecho, se ha comprobado cómo el EV produce una fatiga cardiovascular moderada, de origen muscular y neuronal (Rittweger et al, 2000).

Otros estudios se han centrado en sus efectos a largo plazo, concluyendo que el EV, y las contracciones reflejas que produce, provocan ganancias en fuerza de los músculos extensores de rodilla en mujeres desentrenadas, similares a las obtenidas con entrenamiento de resistencia de intensidad moderada (Delecluse et al, 2003). En mujeres post-menopáusicas, 6 meses de EV producen mejoras en la potencia muscular de las piernas (Russo et al, 2003), mientras que en sujetos adultos un programa de EV de 10 minutos al día durante 10 días aumenta la potencia explosiva y podría mejorar el rendimiento muscular (Bosco et al, 1998).

Sin embargo, los resultados son aún contradictorios en cuanto a los efectos a largo plazo del EV. De Ruitter et al (2003, b) observaron que un programa de 11 semanas de EV, sin carga adicional de entrenamiento, no producía aumentos en la fuerza muscular desarrollada ni en la relación fuerza muscular-altura de salto en sujetos



jóvenes sanos. De manera similar, se observó que el EV no aumentaba la activación muscular alcanzada durante la producción de fuerza máxima isométrica de los extensores de rodilla ni la proporción máxima de aumento de fuerza, en estudiantes sanos no entrenados (De Ruyter et al, 2003).

Comienza a surgir de manera cada vez más clara, y gracias a estudios como los aquí citados, una notable relación de similitud entre las ganancias en el rendimiento muscular ocurridas mediante el EV y aquellas que tienen lugar tras varias semanas de entrenamiento contra resistencia. De hecho, es bastante probable que el EV produzca adaptaciones biológicas relacionadas con un efecto de potenciación neuronal, similares a las producidas con el entrenamiento de fuerza y resistencia (Torvinen et al, 2002 b).

Es también de esperar que se produzca cierta hipertrofia con el EV. Se ha constatado un aumento en el tamaño de las fibras musculares -tanto tipo I como tipo II-, inducido por el estímulo vibratorio (Necking et al, 1996). No obstante, es bien sabido que el área de sección transversal del músculo no aumenta en la misma medida en que lo hace la capacidad máxima del sujeto para generar fuerza. La activación voluntaria es un factor limitante en la producción de fuerza, y la mejora de la fuerza por unidad de sección transversal es responsable de las mejoras iniciales de fuerza (Gandera et al, 2001).

La lipodistrofia subcutánea, vulgarmente conocida como celulitis, es un problema estético que afecta a una amplia masa de mujeres sanas de todas las edades. Para muchas de ellas representa un importante problema estético. El tratamiento de la celulitis es complejo y uno de sus pilares es la actividad física y el entrenamiento. El EV puede constituir una forma de actividad física o, incluso entrenamiento, que puede ser efectiva en la lucha contra la celulitis.

El presente estudio tiene, como objetivo principal, comprobar cómo influye un programa de EV sobre la composición corporal de mujeres sanas de mediana edad, con especial interés en las zonas de mayor acumulación celulítica. Se pretende distinguir el posible efecto que pueda tener este tipo de tratamiento cuando se combina con las terapias comúnmente utilizadas: LPG-endermología y mesoterapia. Analizaremos, además, qué efecto puede tener este tipo de estimulación sobre la potencia muscular de las extremidades inferiores, sobre la fuerza resistencia de esos mismos miembros y sobre la capacidad coordinativa de equilibrio.

### **Hipótesis:**

- ✓ La aplicación de un programa de EV, de manera combinada con tratamiento LPG-endermología y mesoterapia, tiene mayores efectos sobre la composición corporal y el aspecto celulítico que esos mismos tratamientos aplicados sin EV.
- ✓ El EV puede ser un método efectivo para conseguir un aumento del porcentaje de masa muscular, un descenso del porcentaje de masa grasa y una más adecuada distribución de la masa total del organismo.

### **Hipótesis nula:**

- ✓ El EV no supone, sobre la composición corporal ni sobre el aspecto estético, ningún efecto adicional del que puedan suponer el tratamiento LPG y/o la mesoterapia.



- ✓ El EV no tiene ningún efecto significativo sobre los parámetros antropométricos del organismo ni sobre la apariencia física del sujeto.

## MÉTODO

Los sujetos a incluir en este proyecto serán mujeres de mediana edad (20-60 años), sedentarias, con un adecuado nivel de salud y exentas de cualquiera de estas patologías o situaciones especiales: hernia discal, marcapasos, cardiopatías, cálculos, embarazo, tromboflebitis, angina de pecho reciente, válvulas cardíacas metálicas...

El tratamiento vibratorio se llevará cabo con la plataforma *ProElixe Vibration* (Mediform PromoItalia). Para la evaluación pre y post-test -antes y después del periodo de tratamiento- utilizaremos los siguientes test e instrumentos:

- dinamómetro manual (T.K.K. 5101 Grip-D; Takey)
- test de equilibrio estático
- test de flexibilidad (*seat and reach*)
- tiempo límite en squat (90°)
- salto vertical con contramovimiento
- peso, talla, pliegues cutáneos (plicómetro), perímetros corporales
- % masa grasa y % masa magra (bioimpedancia)
- fotografías (frontal, lateral, posterior y proximidad) con parrilla métrica
- cuestionario sobre calidad de vida

Diariamente, en cada sesión de EV, registraremos:

- tensión arterial (TA) -sistólica y diastólica-, así como frecuencia cardíaca (FC) antes y después de la estimulación vibratoria (todo ello con tensiómetro digital)
- percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y de la recuperación

Las variables independientes de nuestro trabajo serán:

- I. **LPG**
- II. **Mesoterapia**
- III. Entrenamiento vibratorio (**EV**) mediante plataforma

Como variables dependientes analizaremos:

- A. Nivel de **CONDICIÓN FÍSICA**:
  - ✓ fuerza de prensión manual
  - ✓ capacidad de equilibrio estático
  - ✓ flexibilidad del grupo isquiosural
  - ✓ fuerza-resistencia del tren inferior
  - ✓ fuerza elástico-explosiva del tren inferior



**B. Características ANTROPOMÉTRICAS:**

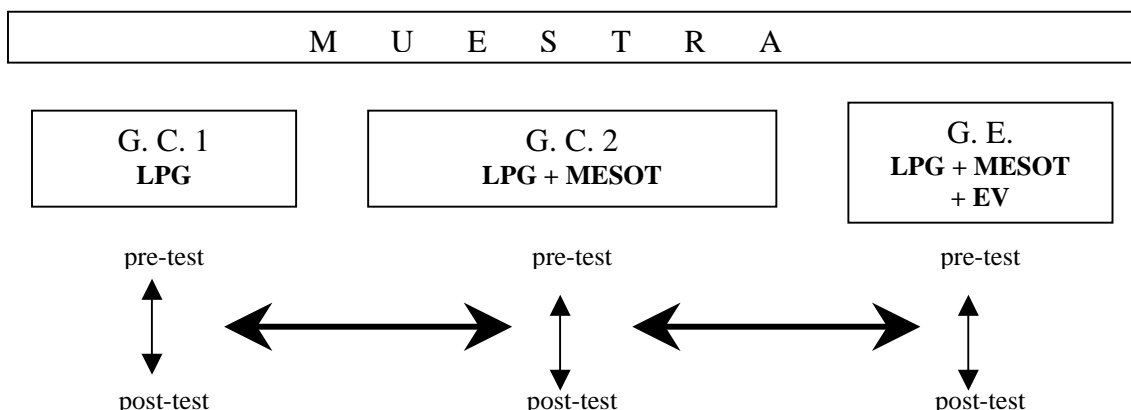
- ✓ peso
- ✓ talla
- ✓ perímetros corporales (bíceps relajado, cintura, cadera, muslo, gemelo, tobillo)
- ✓ pliegues cutáneos (bicipital, tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo, gemelo)
- ✓ % masa grasa
- ✓ % masa magra
- ✓ distribución de la masa corporal (ratios cintura/cadera y cintura/altura)
- ✓ fotografías frontal, lateral, posterior y proximidad con parrilla métrica

**C. Percepción propia del nivel de CALIDAD DE VIDA.**

El diseño experimental a utilizar será del tipo multigrupo mixto. Multigrupo porque se harán varios grupos de sujetos, que representen las diferentes variables independientes que hemos mencionado: LPG, mesoterapia y EV. Y además, es de tipo mixto porque estableceremos comparaciones entre grupos y comparaciones dentro de cada grupo, mediante los registros pre y post-test.

Cada grupo estará compuesto por 10 sujetos, y serán los siguientes:

- I. GRUPO CONTROL 1: LPG. Estos sujetos recibirán tratamiento LPG.
- II. GRUPO CONTROL 2: LPG + mesoterapia. En este grupo, los sujetos recibirán el mismo tratamiento del grupo anterior más mesoterapia.
- III. GRUPO EXPERIMENTAL: LPG + mesoterapia + EV. A todo lo anterior, añadimos ahora el tratamiento vibratorio mediante plataforma.



**PROCEDIMIENTO**

El estudio comenzará con la evaluación inicial o **PRE-TEST** de todos los sujetos. En ella registraremos los parámetros de ANTROPOMETRÍA, CALIDAD DE VIDA y CONDICIÓN FÍSICA antes mencionados. La duración estimada de esta fase será de aproximadamente 1 semana.



A continuación, comenzaríamos la fase de **TRATAMIENTO**, que será diferente para cada grupo diseñado:

- I. G. C. 1: LPG. 20 sesiones tratamiento LPG, 2 sesiones/semana.
- II. G. C. 2: LPG + mesoterapia. Tratamiento LPG (20 sesiones, 2 sesiones/semana) y mesoterapia (10 sesiones, 1 sesión/semana).
- III. G. E.: LPG + mesoterapia + EV. A todo lo anterior, añadimos ahora el tratamiento vibratorio mediante plataforma, que se realizará antes del LPG y de la mesoterapia. La metodología del EV comprenderá 20 sesiones, 2 sesiones / semana, 10 minutos cada sesión.

De esas 20 sesiones de EV, la primera será de menor intensidad –menor frecuencia de vibración, Hz-, para que el sujeto se familiarice con la plataforma y con las vibraciones: 6 minutos en total, divididos en 2 minutos a 5 Hz, otros 2 a 10 Hz y 2 minutos finales a 6 Hz. La posición será erecta sobre la plataforma, en bipedestación, con rodillas semi-flexionadas y manos apoyadas en el soporte de la plataforma.

El resto de sesiones durarán 10 minutos, distribuidos así: 2 minutos iniciales a 7 Hz, 6 minutos a 15 Hz y, finalmente, 2 minutos a 8 Hz. La posición será similar a la de la primera sesión, con la salvedad de que los pies variarán su orientación a lo largo de los 10 minutos de tratamiento. Tendrán una ligera rotación interna en los 2 primeros minutos, una ligera elevación de talones en los 6 minutos centrales, y una ligera rotación externa en los 2 minutos finales.

En cada sesión de EV se registrarán la TA (sist/diást, mmHg) y la FC (lpm), inmediatamente antes y después del estímulo vibratorio. Nada más finalizar el EV se tomará la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE), y tras el tratamiento LPG se anotará la percepción subjetiva de la recuperación.

Finalmente, como última fase del estudio, se procederá a realizar la evaluación final o **POST-TEST**, que nos indicará el efecto que han tenido las variables independientes (LPG, mesoterapia y EV) sobre las dependientes (nivel de condición física, características antropométricas y autopercepción del nivel de calidad de vida). Será exactamente igual que la fase **PRE-TEST**.

## REFERENCIAS

1. Bosco C, Cardinale M, Tarpela et al. (1998) The influence of whole body vibration on the mechanical behaviour of skeletal muscle. *Biol Sport* 153: 157-164.
2. Bosco C, Cardinale M, Tarpela O. (1999) Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology* 79: 306-311.
3. Bosco C, Iacovelli M, Tarpela O et al. (2000) Hormonal response to whole body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology* 81: 449-455.
4. De Ruiter CJ, Van der Linden RM, Van der Zijden MJA et al. (2003, a) Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol* 88: 472-475.



5. De Ruiter CJ, Van Raak SM, Schilperoort JV, Hollander AP, de Han A. (2003, b) The effect of 11 weeks whole body vibration training on jump height contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol* 90: 595-600.
6. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. (2003) Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35: 1033-1041.
7. Gander SL. (2001) Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 81: 1725-1789.
8. Necking LE, Ludstrom R, Lundborg G et al. (1996) Skeletal muscle change after short term vibration. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 30: 99-103.
9. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. (2000) Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology* 20: 134-142.
10. Rittweger J, Schiessl H, Felsenberg D. (2001) Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *European Journal of Applied Physiology* 86: 169-173.
11. Russo CR, Lanventani F, Bandinelli S et al. (2003) High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil* 84: 1854-1857.
12. Torvinen S, Kannus P, Sievanen H et al. (2002 b) Effect of four month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34: 1523-1528.
13. Torvinen S, Kannus P, Sievanen H et al. (2003, a) Effect of vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross over study. *Clinical Physiology* 22: 145-152.

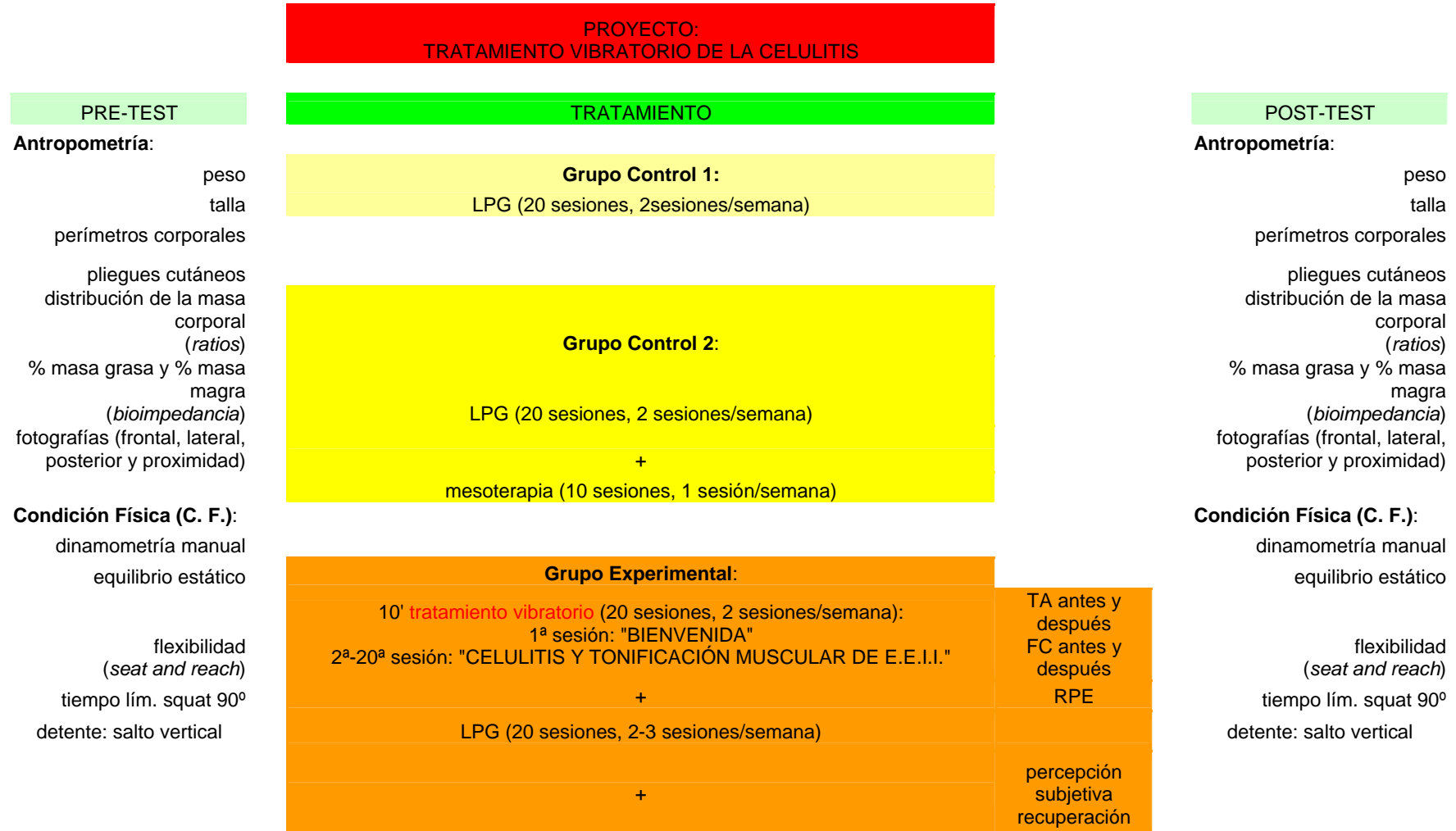
## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: ESQUEMA DE ACTUACIÓN DEL PROYECTO**





## ESQUEMA DE ACTUACIÓN DEL PROYECTO







## ESQUEMA DE ACTUACIÓN DEL PROYECTO





**ANEXO 2: HOJA DE REGISTRO RESULTADOS TEST**

<b>PROYECTO:</b> celulitis	<b>APELLIDOS:</b>	<b>NOMBRE:</b>
<b>SEXO</b> 0=masc 1=fem	<b>EDAD</b>	<b>GRUPO</b> GC 1 GC 2 GE

<b>CONDICIÓN FÍSICA</b>	<b>PRE-TEST</b>		<b>POST-TEST</b>	
Dinamometría manual (kg) $y = x/5 + 1.5$ y: long. ópt. agarre x: tamaño mano	D <sub>1</sub> =	D <sub>2</sub> =	D <sub>1</sub> =	D <sub>2</sub> =
	I <sub>1</sub> =	I <sub>2</sub> =	I <sub>1</sub> =	I <sub>2</sub> =
Equilibrio estático (desequilibrios/ 1 min)				
Flexibilidad (cm) ( <i>seat and reach</i> )	Intento <sub>1</sub> =	Intento <sub>2</sub> =	Intento <sub>1</sub> =	Intento <sub>2</sub> =
Tiempo Límite en squat a 90° (segs)				
Salto vertical con contramovimiento (cm)				

<b>ANTROPOMETRÍA</b>	<b>PRE-TEST</b>		<b>POST-TEST</b>	
Peso (kg)				
Talla (cm)				
Perímetros (cm)	bíceps relajado:	cintura:	bíceps relajado:	cintura:
	cadera:	muslo:	cadera:	muslo:
	gemelo:	tobillo:	gemelo:	tobillo:
Pliegues (mm)	Bicipital:	Tricipital:	Bicipital:	Tricipital:
	Subescapular:	Suprailíaco:	Subescapular:	Suprailíaco:
	Abdominal:	Muslo:	Abdominal:	Muslo:
	Gemelo:		Gemelo:	
Distribución masa corporal	Cint/cad=	Cint/alt=	Cint/cad=	Cint/alt=
Bioimpedancia	% graso=	% magro=	% graso=	% magro=



<b>ANTROPOMETRÍA</b>	<b>PRE-TEST</b>	<b>POST-TEST</b>
Fotografías (frontal, lateral, posterior, proximidad) con parrila métrica		

<b>CALIDAD DE VIDA</b>	<b>PRE-TEST</b>	<b>POST-TEST</b>
Puntuación en el cuestionario		



### ANEXO 3: CUESTIONARIO SOBRE CALIDAD DE VIDA

PROYECTO: Tratamiento de la celulitis mediante terapia vibratoria.

NOMBRE:

1. Usted diría que su **nivel de actividad física** es:  
1. Muy bajo. 2. Bajo. 3. Medio. 4. Alto. 5. Muy alto.
2. Usted diría que su nivel general de **condición física** es:  
1. Muy bajo. 2. Bajo. 3. Medio. 4. Alto. 5. Muy alto.
3. Usted diría que su **fuerza muscular** es:  
1. Francamente mala. 2. Mala. 3. Aceptable. 4. Buena. 5. Excelente.
4. Usted diría que su **resistencia** es:  
1. Francamente mala. 2. Mala. 3. Aceptable. 4. Buena. 5. Excelente.
5. Usted diría que su **flexibilidad** es:  
1. Francamente mala. 2. Mala. 3. Aceptable. 4. Buena. 5. Excelente
6. Usted diría que su **agilidad** es:  
1. Francamente mala. 2. Mala. 3. Aceptable. 4. Buena. 5. Excelente
7. Su capacidad/voluntad para realizar **ejercicio físico** sólo es:  
1. Muy baja. 2. Baja. 3. Media. 4. Alta. 5. Muy alta.
8. Usted tiene -ahora- una percepción de su **imagen corporal**:  
1. Pésima. 2. Mala. 3. Media. 4. Buena. 5. Excelente.
9. Su grado de satisfacción con la **actividad sexual** que mantiene es:  
1. Pésima. 2. Mala. 3. Media. 4. Buena. 5. Excelente.
10. El grado de satisfacción con su **alimentación** es:  
1. Muy bajo. 2. Bajo. 3. Medio. 4. Alto. 5. Muy alto.
11. El grado de satisfacción con su **salud general** es:  
1. Muy bajo. 2. Bajo. 3. Medio. 4. Alto. 5. Muy alto.
12. El grado de satisfacción con su **calidad de vida** es:  
1. Muy bajo. 2. Bajo. 3. Medio. 4. Alto. 5. Muy alto.



### ANEXO 4: HOJA DE OBSERVACIÓN DIARIA

<b>PROYECTO:</b> celulitis	<b>APELLIDOS:</b>	<b>NOMBRE:</b>
<b>SEXO</b> 0=masc 1=fem	<b>EDAD</b>	<b>GRUPO</b> GC 1 GC 2 GE

SESIÓN	TA Sist/diast (mmHg) ANTES	FC (lpm) ANTES	TA Sist/diast (mmHg) DESP	FC (lpm) DESP	RPE	Percep. Subjetiva recup.
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

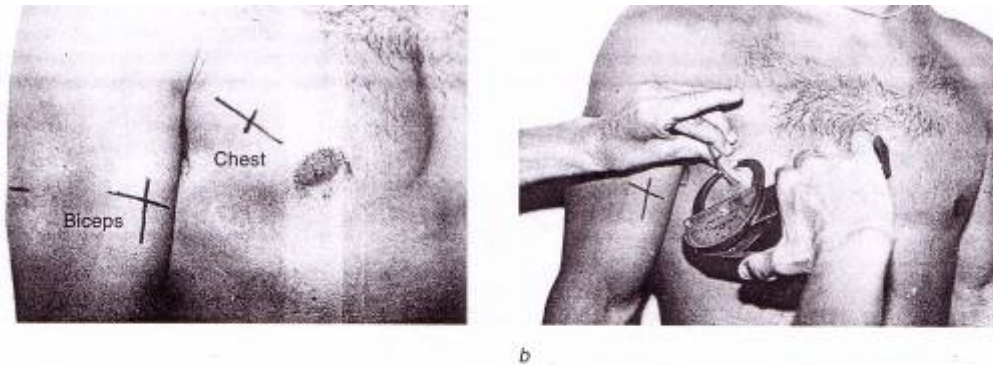
**ANEXO 5: IMÁGENES DE AYUDA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TEST****5.1. Pliegues y Perímetros**

FIGURE 4.3 (a) Site and (b) measurement of the chest SKF.

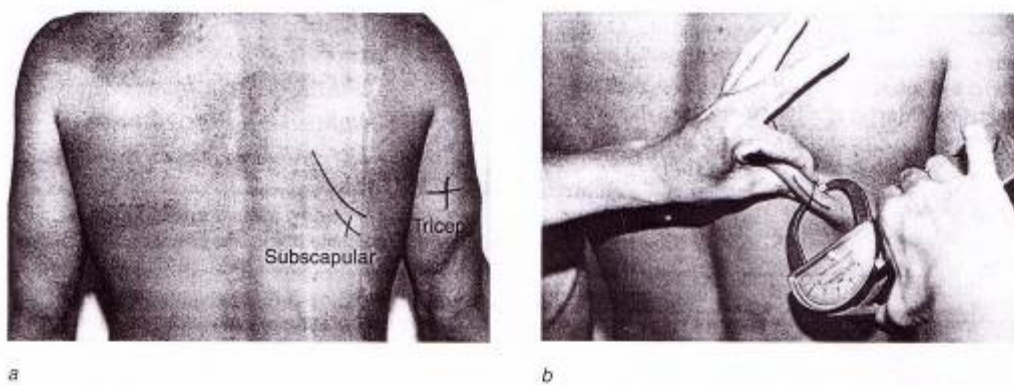
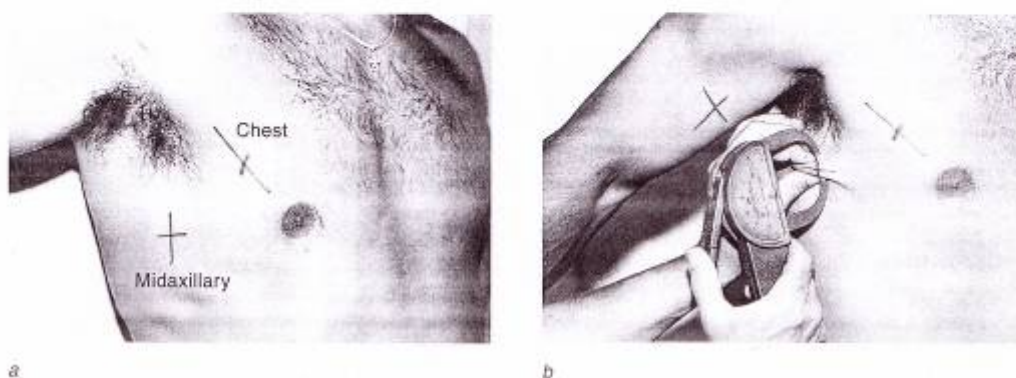


FIGURE 4.4 (a) Site and (b) measurement of the subscapular SKF.



a

b

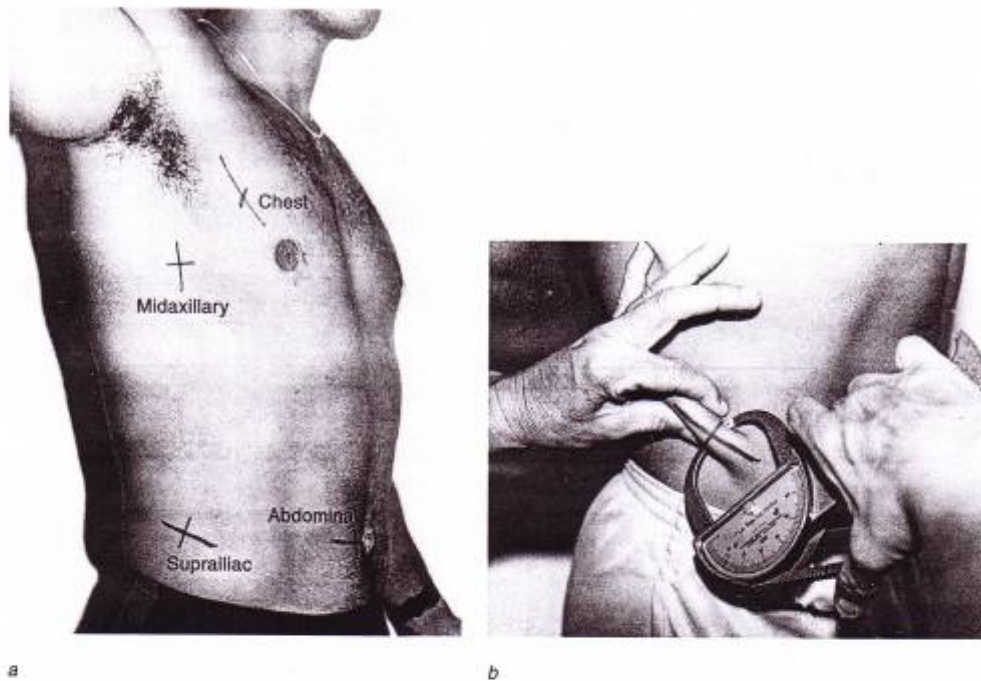


FIGURE 4.6 (a) Site and (b) measurement of the suprailliac SKF.

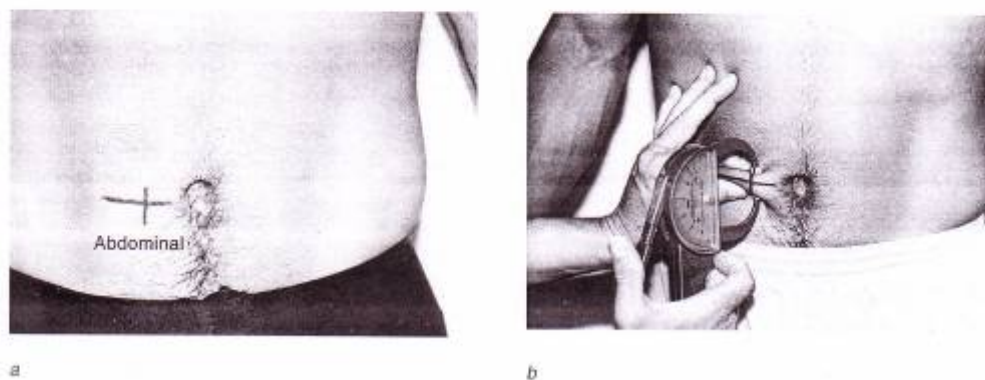


FIGURE 4.7 (a) Site and (b) measurement of the abdominal SKF.



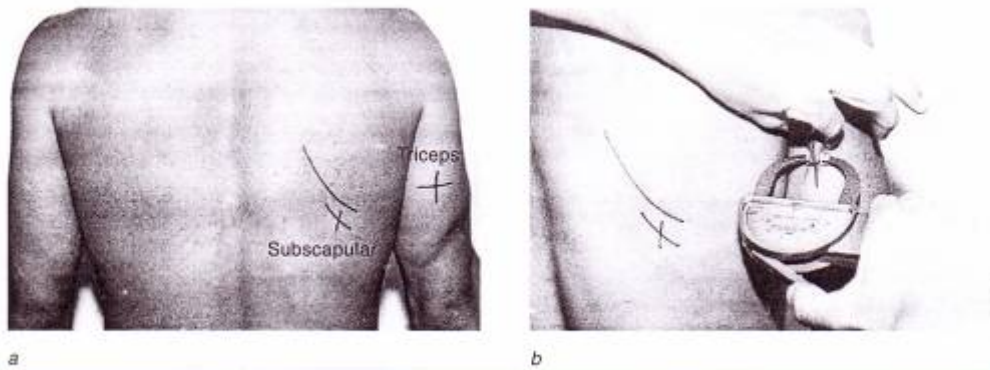


FIGURE 4.8 (a) Site and (b) measurement of the triceps SKF.

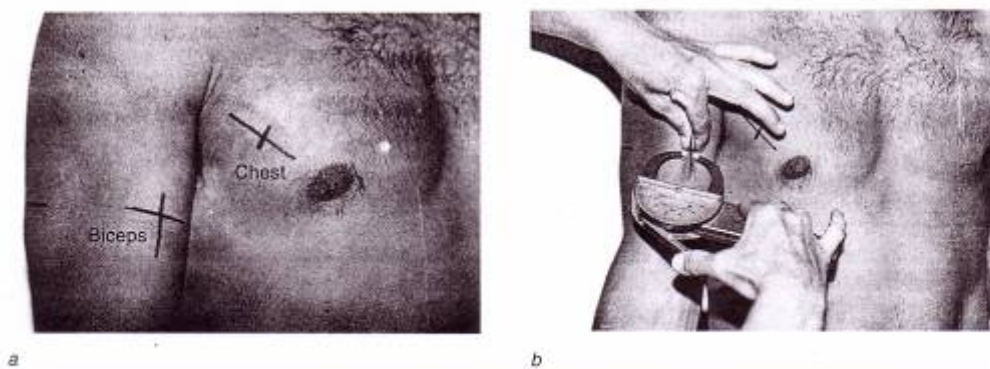
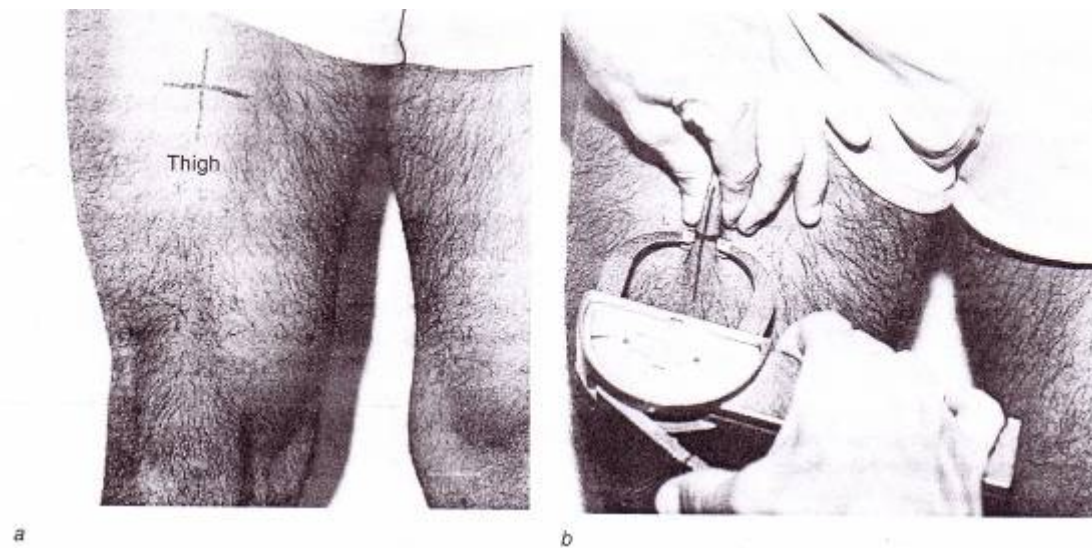
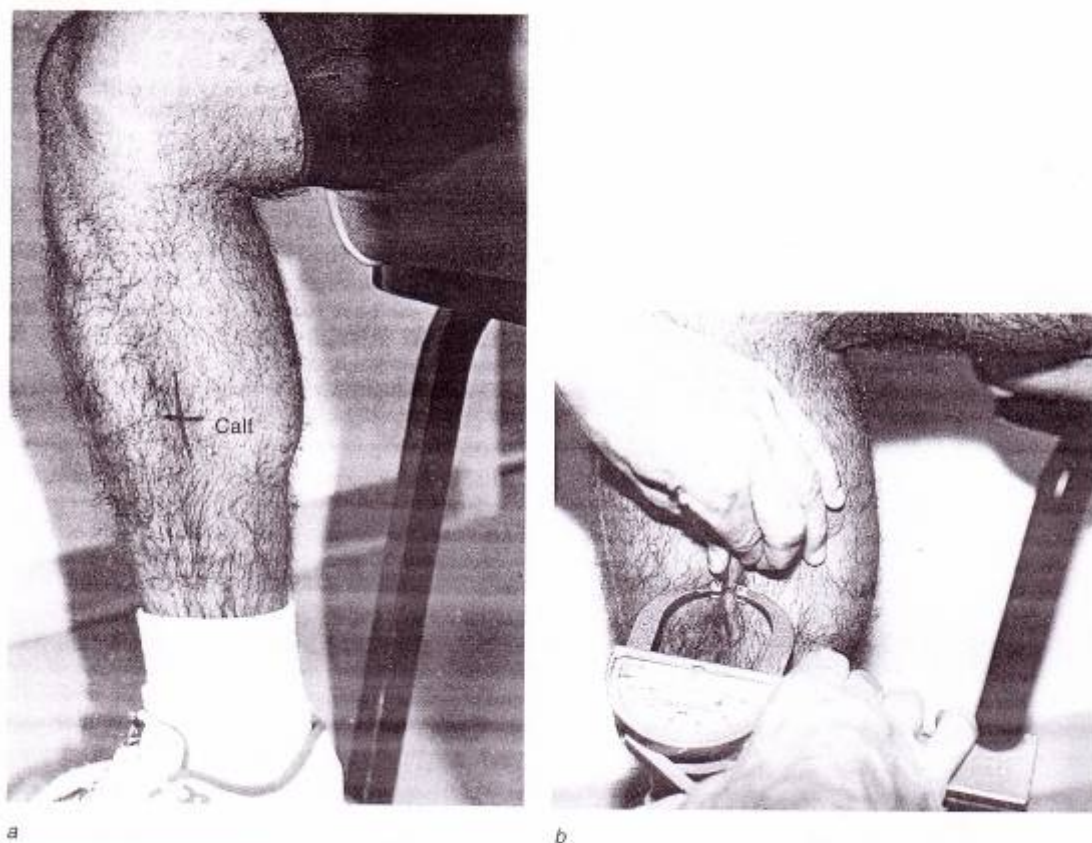


FIGURE 4.9 (a) Site and (b) measurement of the biceps SKF.

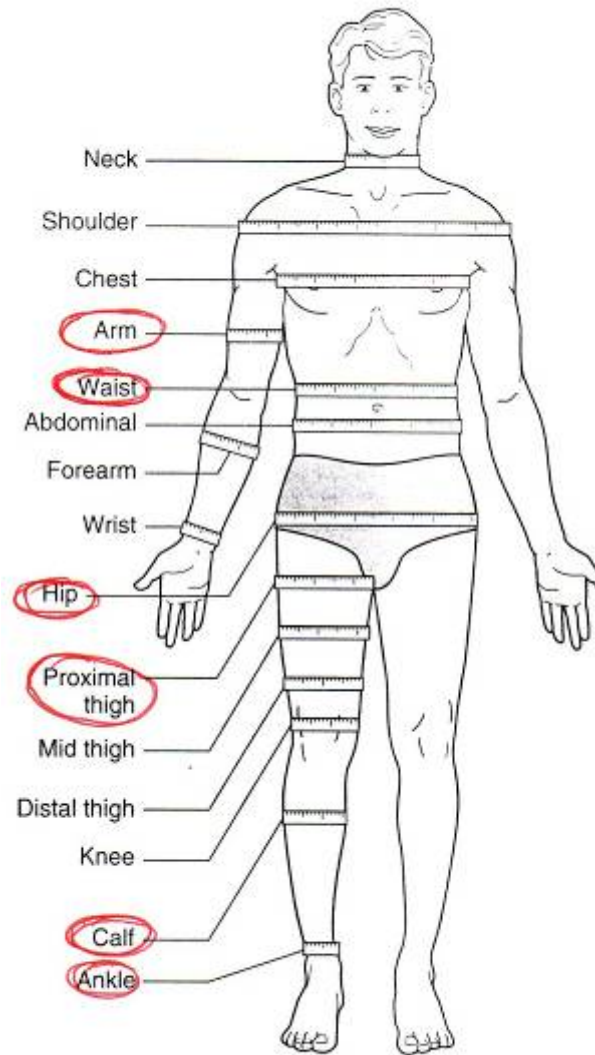


**FIGURE 4.10** (a) Site and (b) measurement of the thigh SKF.

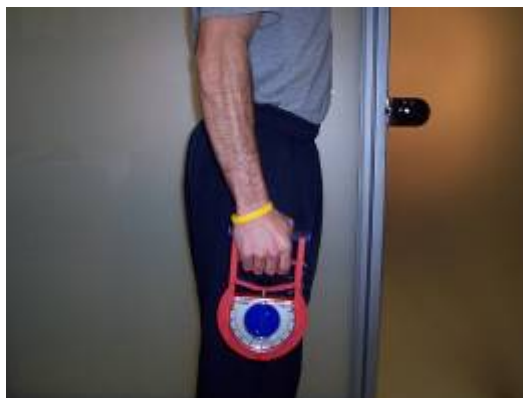
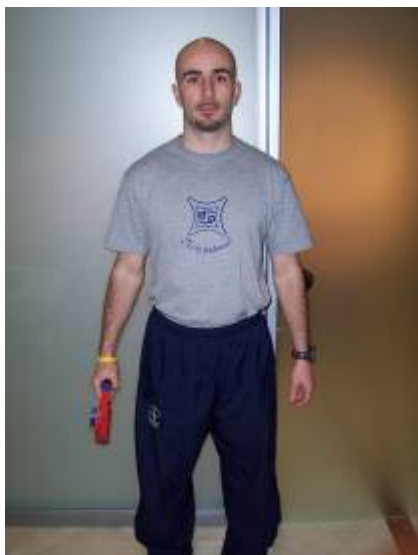


**FIGURE 4.11** (a) Site and (b) measurement of the calf SKF.

## 72 Applied Body Composition Assessment



**FIGURE 5.1** Anatomical sites for circumference measures.

**ANEXO 5: IMÁGENES DE AYUDA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TEST****5.2. Dinamometría manual****5.3. Equilibrio estático**



#### 5.4. Flexibilidad (*seat and reach*)



#### 5.5. Tiempo límite en squat a 90°

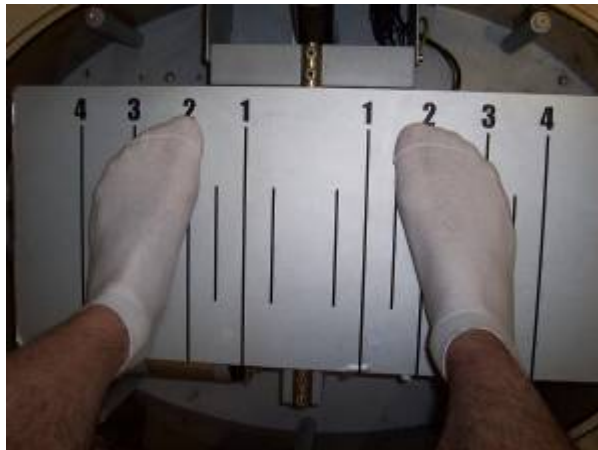


## 5.6. Salto vertical



## ANEXO 6: POSICIÓN DEL SUJETO DURANTE LA ESTIMULACIÓN VIBRATORIA

### 6.1. Posición de los pies durante los 2 primeros minutos

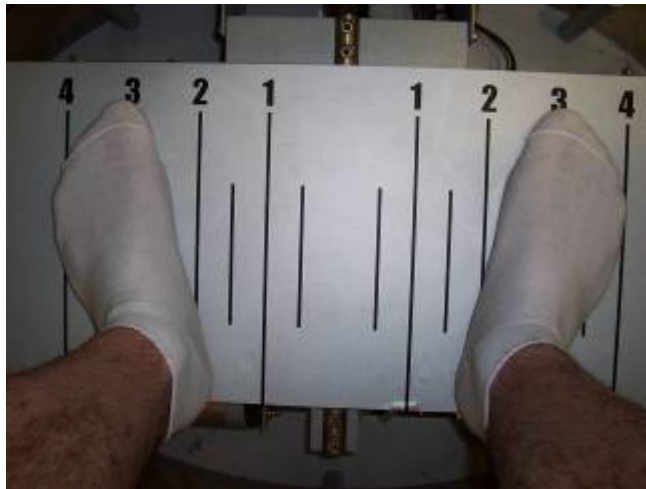


### 6.2. Posición de los pies durante los 6 minutos centrales





### 6.3. Posición de los pies durante los 2 minutos finales



### 6.4. Posición del cuerpo en todo el tratamiento

