

ORIGINAL

Un nuevo sistema de topografía de superficie de la espalda: fotogrametría digital. Fundamento, procedimiento y aplicación clínica cualitativa

J. PRADAS-SILVESTRE^a, J.M. CLIMENT^b, A. MARTÍNEZ-ASSUCENA^b Y D. GUMBAU-CLIMENT^c

^aServicio de Rehabilitación. Centro de Medicina Física y Rehabilitación de Villarreal. Castellón. ^bServicio de Medicina Física y Rehabilitación. Hospital General Universitario de Alicante. ^cServicio de Medicina Física y Rehabilitación. Hospital de Requena. Valencia. ^dReumatología. Unión de Mutuas. Villarreal. Castellón.

Resumen.—Introducción. Los métodos de topografía de superficie de la espalda más conocidos se basan en la emisión de luz estructurada. El objetivo de este trabajo es presentar un nuevo método que utiliza una fuente de luz convencional para la obtención de una imagen que después será analizada mediante fotogrametría digital.

Material y método. Se describe la ley que define las variaciones de la iluminancia de un objeto con la distancia que le separa del foco luminoso y que explica las diferencias de intensidad de color de una imagen. La digitalización de estos valores permite su análisis informático. La muestra estudiada está constituida por 17 personas: 9 pacientes con escoliosis idiopática (EI), 6 con dismetría y 2 voluntarios asintomáticos. Se realiza un estudio cualitativo comparativo de la imagen normal, la fotogramétrica y la radiológica.

Resultados. Se estudiaron 11 mujeres y 6 hombres con una edad media de 21 años. El grupo normal se caracterizó por la homogeneidad de las curvas de color a ambos lados de la línea media. El grupo con dismetría mostró una asimetría en la región de la pala ilíaca. En el grupo con EI destacaba la distribución desigual de las curvas de color en cada hemitronco.

Discusión. El sistema de fotogrametría se encuentra en una fase de desarrollo preliminar y todavía no puede aportar información cuantitativa. Ofrece una imagen con un realce eficiente de las asimetrías, obtenida mediante procedimientos sencillos. El desarrollo de esta técnica debe dirigirse hacia la medición del volumen de la espalda y de sus asimetrías laterales.

Palabras clave: escoliosis, escoliosis idiopática, topografía de superficie, fotogrametría.

Correspondencia:

Joaquín Pradas Silvestre
Avda. Cedre, 30 bajo
12540 Vila-Real. Castellón de la Plana
Correo electrónico: jpradass@gmail.com

Trabajo recibido el 28-9-06. Aceptado el 22-3-07.

A NEW SYSTEM OF BACK SURFACE TOPOGRAPHY: DIGITAL PHOTOGRAMETRY. BACKGROUND, PRINCIPLES AND QUALITATIVE CLINICAL USE

Abstract.—Introduction. Some of the most known back surface topography methods are based on a structured light focus. This study aims to present a new method that uses a conventional light source to obtain an image which is then analyzed by digital photogrametry.

Material and method. The law that defines the variations of object luminance with the distance that separates it from a focus and that explains the differences in color intensity of an image is described. Digitalization of these values makes it possible to perform a computer analysis. The sample studies was made up of 17 persons: 9 patients with scoliosis, 6 with leg-length discrepancy and 2 healthy volunteers. A comparative qualitative study was made of the normal image, photogrametry and X-ray.

Results. Eleven women and 6 men, mean age 21 years, were studied. the normal group was characterized by the homogeneity of the color curves on both sides of the middle line. The group with dysmetria had asymmetry of the iliac posterior region. The unequal distribution of the color curves in each hemitrunk stood out in the group with idiopathic scoliosis.

Discussion. This system is in a preliminary phase of development and quantitative data are still not available. However, it offers an image emphasizing asymmetries efficiently, using simple procedures. The development of this technique should be aimed at measuring the back volume and its lateral asymmetries.

Key words: scoliosis, idiopathic scoliosis, surface topography, photogrametry.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la topografía de superficie de la espalda se ha desarrollado paralelamente al conocimiento

de la escoliosis idiopática (EI). Se han realizado muchos esfuerzos encaminados a evaluar el aspecto externo de la espalda y encontrar rasgos que permitan diagnosticar la existencia de la deformidad, valorar su intensidad y estudiar su morfología. Uno de los más conocidos es la topografía de efecto *moiré* usada inicialmente para diagnóstico¹ y después para el cribaje poblacional. La evolución tecnológica ha favorecido la introducción de nuevos sistemas de topografía basados, bien en el uso de marcadores situados en la espalda cuya posición es analizada tras tomar una imagen (sistema Isis)², bien en el uso de haces de luz estructurada proyectados sobre la espalda (vídeo-rasterestereografía, sistemas Quantec y Formetric)^{3,4}. Estos dispositivos han permitido estudiar diferentes características morfológicas de la deformidad y analizar sus cambios evolutivos tras la aplicación de tratamientos conservadores o quirúrgicos⁵.

Uno de los retos pendientes de los sistemas de topografía de superficie es la disminución del número de radiografías que se realizan durante el seguimiento de la EI en el período de crecimiento óseo. Hasta ahora no se ha podido confirmar que puedan sustituir, aunque sea parcialmente, a la valoración radiológica clásica del valor angular de las curvas según el método de Cobb. Ésta puede ser una de las causas que hayan limitado su uso en la práctica clínica cotidiana, además de su complejidad y su coste.

La rasterestereografía se basa en la proyección de un haz de luz estructurada sobre la espalda. Sin embargo, existe otro principio físico aplicable a la topografía de superficie de la espalda. Este precepto es una ley básica de la iluminación y revela que la cantidad de luz recibida por un objeto depende de la distancia que lo separa del foco luminoso. De esta manera se producirán diferencias en la cantidad de luz que recibe un objeto irregular, en función de las variaciones de la distancia de cada una de sus partes hasta el foco de luz. Este objeto iluminado manifestará diferencias en la intensidad de luz que recibe y emitirá una luminosidad proporcional a su mayor o menor distancia al foco luminoso, según las diferencias de su volumen⁶.

Este principio físico fundamenta la hipótesis de que el volumen de la espalda puede ser evaluado en función de las diferencias en la intensidad luminosa que recibe sobre una fotografía digital obtenida en condiciones preestablecidas. Dado que la fotogrametría se define como la técnica que estudia y define con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando medidas realizadas sobre una fotografía, se denomina a esta técnica fotogrametría digital.

El objetivo de este trabajo es presentar un nuevo método de fotogrametría de la superficie de la espalda, basado en el flujo luminoso que recibe un área anatómica. El análisis de una fotografía digital tomada en con-

diciones controladas y tratada según este principio puede permitir la identificación, la acentuación y el registro de las asimetrías típicas de la escoliosis.

MATERIAL Y MÉTODO

Pacientes

Se seleccionaron 17 sujetos: 9 pacientes con EI, 6 con disimetría y 2 voluntarios sin asimetría raquídea ni de miembros inferiores. De los 9 pacientes con EI, 4 presentaban también disimetría radiológica igual o superior a 5 mm, medida en la cabeza femoral. Los pacientes con EI presentaban una media de ángulo de Cobb de la curva principal de 20° y de 17° en la curva secundaria. El lado de la convexidad más frecuente fue el derecho, con un 62%. La disimetría media fue de 7 mm y el lado corto más frecuente fue el derecho, en un 66% de los casos (tabla I). Las personas sanas no tenían antecedentes de deformidad, ni de síntomas originados en el aparato locomotor, y se ofrecieron voluntariamente a realizar la fotografía de su espalda y el tratamiento digital que se describe a continuación.

Procedimiento

El estudio fotogramétrico se realiza sobre una fotografía digital tomada en condiciones controladas, según los principios físicos y el tratamiento informático que se detalla más adelante.

Para la obtención de la fotografía digital se utilizó una cámara digital Sony DSC-D700, dotada de un flash interno con exposición y control automático de blancos y un alcance 2,5 m. La cámara estaba montada sobre un trípode y situada a 1,70 m de distancia del objeto examinado.

Para la preparación del momento de la toma se usó una fuente de iluminación cenital amplia. Durante los preliminares se garantizaba la perpendicularidad mediante un haz láser solidarizado a la cámara y dirigido a la eminencia de T12. La distancia fija se monitorizó mediante marcas establecidas en el suelo. La toma de la imagen se realizó sin la luz cenital, de manera que la única fuente de luz durante la obtención de la fotografía fue el flash aplicado al objetivo de la cámara. Tanto el enfoque como la fotometría y la selección de velocidad y diafragma fueron automáticos.

Una vez obtenida la imagen digital, se utilizó un software de tratamiento de imágenes con una ecualización de tonos automática y un filtrado posterior para la generación de áreas de pseudocolor para realzar las asimetrías de volumen, tal y como se detalla más adelante.

TABLA I. Características de la muestra estudiada

| Caso | Edad | Sexo | Grupo | Ángulo de Cobb curva principal (°) | Ángulo de Cobb curva secundaria (°) | Lado de la convexidad | Miembro inferior corto | Dismetría (mm) |
|------|------|--------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| 1 | 39 | Mujer | Normal | | | | | |
| 2 | 25 | Mujer | Normal | | | | | |
| 3 | 14 | Hombre | Dismetría | | | | Derecho | 5 |
| 4 | 33 | Mujer | Dismetría | | | Derecha | Derecho | 8 |
| 5 | 13 | Hombre | Dismetría+ | 5 | | Izquierda | Izquierdo | 6 |
| 6 | 13 | Hombre | Dismetría+ | 6 | | Izquierda | Derecho | 10 |
| 7 | 20 | Mujer | Dismetría+ | 8 | 4 | Izquierda | Derecho | 5 |
| 8 | 9 | Mujer | Dismetría+ | 8 | | Izquierda | Izquierdo | 9 |
| 9 | 13 | Mujer | Escoliosis | 39 | 38 | Derecha | | |
| 10 | 27 | Hombre | Escoliosis | 12 | 10 | Derecha | | |
| 11 | 13 | Mujer | Escoliosis | 30 | 25 | Derecha | | |
| 12 | 50 | Mujer | Escoliosis | 17 | 15 | Derecha | | |
| 13 | 27 | Mujer | Escoliosis | 11 | 7 | Derecha | | |
| 14 | 12 | Mujer | Escoliosis | 11 | | Izquierda | | |
| 15 | 14 | Hombre | Escoliosis* | 15 | 5 | Izquierda | Derecho | 5 |
| 16 | 8 | Hombre | Escoliosis* | 11 | 10 | Izquierda | Izquierdo | 5 |
| 17 | 24 | Mujer | Escoliosis* | 30 | 29 | Derecha | Derecho | 8 |

*Escoliosis con dismetría asociada. + : dismetría con curvas posturales leves asociadas (< 10° Cobb).

Fundamento físico

El método de topografía de superficie que se presenta en este estudio se basa en la relación de la intensidad luminosa que recibe un objeto con la distancia que lo separa del foco que lo ilumina. Esta relación se define por la ley del cuadrado inverso, según la cual la intensidad del flujo luminoso y la iluminancia (intensidad luminosa que llega a un objeto iluminado) están en relación con la distancia del foco luminoso, según una relación cuadrática. La fórmula es: $E = I/r^2$; siendo, E: iluminancia, I: intensidad luminosa y r: distancia.

En consecuencia, la iluminancia disminuirá de forma cuadrática al alejar el objeto del foco de iluminación. Esta iluminancia será diferente también en superficies curvas o en formas anatómicas, ya que cada punto de éstas quedará a diferente distancia del foco luminoso y recibirá diferente intensidad luminosa (fig. 1). Se debe especificar también el concepto de luminancia que hace referencia a la luz que ve el ojo humano en el objeto y que indica también las diferentes distancias entre el foco luminoso y el objeto iluminado. El foco luminoso debe producir un haz con un ángulo de incidencia cuyo coseno sea igual a cero ($\alpha = 0$), para que no se alteren los valores de luminancia del objeto iluminado. En definitiva, se puede decir que si un objeto recibe una iluminación homogénea de una fuente luminosa perpendicular y centrada al eje del objeto, la luminancia observada dependerá de la distancia de cada punto de ese objeto al foco de iluminación. Este efecto de lumi-

nancia es observable tanto por el ojo humano directamente como sobre una imagen fotográfica de dicho objeto⁷.

Por otra parte, se debe considerar la descomposición en colores de la imagen digital de un objeto iluminado. Es posible trabajar con una imagen en color, calculando la intensidad de luminancia global de los tres colores elementales. Una vez disponible la intensidad relativa a cada uno de los puntos (píxeles) de la imagen, y en función de la ley del cuadrado inverso, se observará que dos puntos de una superficie que no sea plana reflejarán intensidades luminosas distintas, siempre que el eje de iluminación sea perpendicular al objeto. Este tipo de análisis recibe el nombre de valoración fotogramétrica y se ha utilizado especialmente para evaluar la topografía de superficie terrestre⁸.

La técnica que se presenta en este estudio se desarrolla sobre una fotografía digitalizada de la espalda humana, mediante el análisis del valor de la iluminancia media de cada uno de los píxeles y los valores digitales que dichos puntos almacenan, tanto en relación al color como a la intensidad de cada color. La escala de estos valores varía en función de parámetros cuantitativos sobre un sistema de 32 bytes de color verdadero (*True Color*). Dichos valores pueden transformarse en imágenes más o menos resaltadas en forma de cambios ficticios de color (pseudocolor). Como ejemplo se muestra el efecto descrito sobre una esfera iluminada de modo ideal. El área más próxima de la esfera recibe más luz y ésta disminuye progresivamente al alejarse la superficie

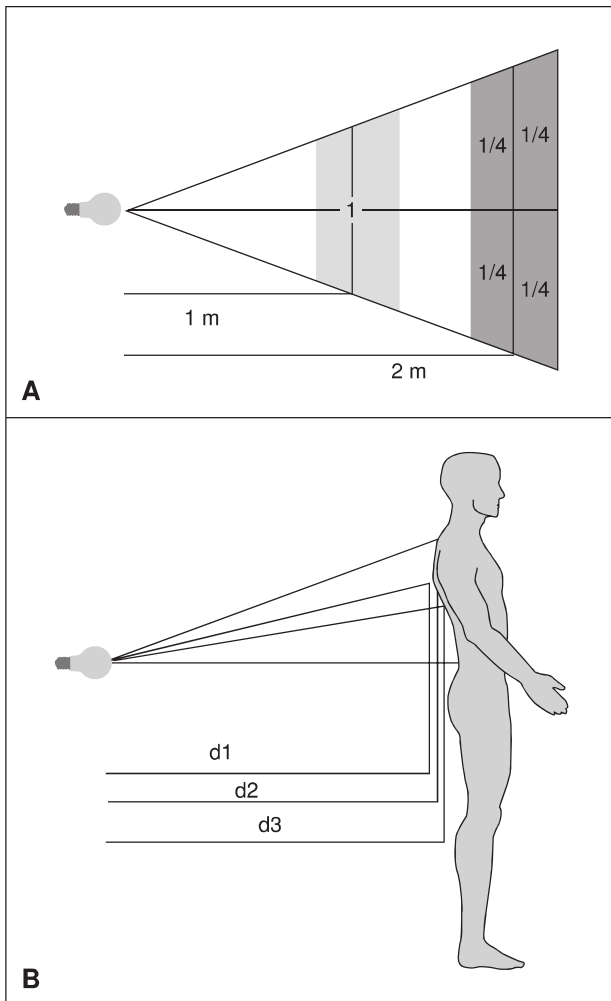


Fig. 1.—Representación gráfica de la ley del cuadrado inverso. La iluminación es la función cuadrática de la distancia, y el doble de distancia implica la llegada de un cuarto de la intensidad luminosa (A). Una superficie curva recibirá diferente intensidad luminosa (iluminancia) en función de la distancia, siendo mayor en $d1$, que en $d2$ y en $d3$ (B).

del objeto del foco luminoso. El tratamiento digital permite resaltar este efecto mediante la sustitución por líneas o pseudocolores de cada cambio significativo en el volumen de la esfera, detectado por la diferencia de luminancia (fig. 2).

Tratamiento informático

Existen diversos programas informáticos de amplia difusión que permiten un acercamiento visual a la luminancia de una foto digital. Su uso clínico en condiciones controladas permite una valoración, inicialmente cualitativa, de la topografía de superficie de la espalda. El valor añadido del uso de este *software* es que no es necesario el uso de luz estructurada, y que puede utili-



Fig. 2.—Efecto de resalte del volumen de una esfera mediante la creación digital de gamas de pseudocolor. Cada cambio significativo de luminancia se transforma en un color arbitrario.

zarse con un foco de luz artificial, como un flash convencional.

Los programas informáticos de tratamiento de la imagen utilizan diversos filtros para tratar la imagen con el fin de resaltar detalles o cambiar su apariencia. Algunos de estos filtros valoran la luminancia de cada píxel, de manera que pueden ser aprovechados para resaltar los volúmenes de una espalda fotografiada en buenas condiciones. Un ejemplo muy conocido es uno de los filtros del conocido programa Adobe Photoshop®. El filtro “estilizar” tiene una opción denominada “trazar contornos”, con 255 niveles de corte virtual de la imagen basados en la luminancia del objeto fotografiado. Cada corte muestra los píxeles pseudocoloreados y realza las asimetrías de cada sección virtual. Se asemeja a los cortes de un escáner, pero realizados sobre una fotografía digital en función de las distancias calculadas por la luminancia (fig. 3). Este programa provee una visión por cortes separados que es muy útil para entender el proceso, pero poco operativa, ya que aporta la información en imágenes diferentes.

Existe otra posibilidad: la creación de gamas de pseudocolor en una misma imagen, por cada cambio significativo de luminancia. En este caso, el *software* de análisis de la imagen debe aportar un filtro que integre intervalos de intensidad y los convierta en trazos de falso color, a modo de isoáreas que definan ese intervalo de intensidades. De modo práctico, cada color representará un intervalo de distancia, es decir, un área del objeto iluminado que tiene el mismo volumen. Este método de presentación gráfica por curvas de color es el mismo que también se aplica en termografía, presiones plantares y otras exploraciones que han de mostrar gradientes variables. Con este fin se ha utilizado el programa ThumbPlus®, v. 2.1. Con este *software* se ha creado un filtro específico que permite la creación de unas curvas de nivel de pseudocolor que producen una imagen en la que se basa el análisis volumétrico cualitativo propuesto. La imagen producida recuerda, una vez más, a la de un mapa con sus curvas de nivel, en la que cada

cambio de color representa un cambio de distancia (fig. 1). Cuando los cambios de distancia son simétricos, las curvas de pseudocolor son semejantes en ambos lados de la espalda. Cuando existe una escoliosis, una disimetría, u otra fuente de asimetría, las curvas de pseudocolor son diferentes y realzan la deformidad, facilitando la percepción visual de las características de la asimetría.

RESULTADOS

La edad media de la muestra fue de 21 años. Se estudiaron 11 mujeres (64%) y 6 hombres (34%). Se describe el análisis cualitativo de cada uno de los grupos estudiados: grupo normal, grupo con disimetría y grupo con escoliosis. Las características radiológicas de las curvas y de la discrepancia de longitud de los miembros inferiores se han resumido en la tabla 1. En el estudio se ha presentado una sola imagen de ejemplo, siendo posible consultar todos los estudios radiológicos y de fotogrametría de la muestra⁹.

El caso n.º 1 es una mujer de 25 años sin antecedentes patológicos. Presentaba una espalda sin signos de deformidad clínica y no refería síntomas musculoesqueléticos en el momento del estudio. El análisis cualitativo de la fotografía digital (fig. 4A) mostraba la simetría de los signos clínicos clásicos, como el nivel de los hombros, el pliegue del talle, los ángulos costobraquiales o el nivel de los hoyuelos sacroilíacos. Al utilizar el filtro de pseudocolor se destacaban los volúmenes de la espalda que pasaban a observarse como un mapa topográfico con curvas de nivel, en este caso semejantes en ambos lados de la espalda (fig. 4B). El filtro realzaba en este caso la proporcionalidad de una espalda saludable, sin deformidad. Otro caso de normalidad mostraba el mismo patrón de homogeneidad en las curvas de isocolor⁹.

En segundo lugar se estudió a los pacientes con EI. Se ha seleccionado como ejemplo una joven de 13 años (caso n.º 9) con un patrón de curva doble, toracolumbar (39 °Cobb) y lumbar (35 °Cobb). El análisis cualitativo de la imagen digital mostraba la asimetría de hombros, escápulas, talle y hoyuelos (fig. 5A y B). Al filtrar con pseudocolor la luminancia se realzaban las asimetrías y se observaba cómo la gama de colores variaba en cada hemitronco en consonancia con la deformidad subyacente, también observable en la radiografía. En este caso, la gama de color revelaba las diferencias entre los diferentes volúmenes de la espalda que en este paciente no eran simétricos, en consonancia con los cambios producidos por cada una de las curvas (fig. 5C). El resto de casos con EI de la muestra estudiada presentaban alteraciones en la forma y la semejanza de las curvas de pseudocolor semejantes, que realzaban la asimetría percibida en la imagen digital obtenida sin filtrar⁹.

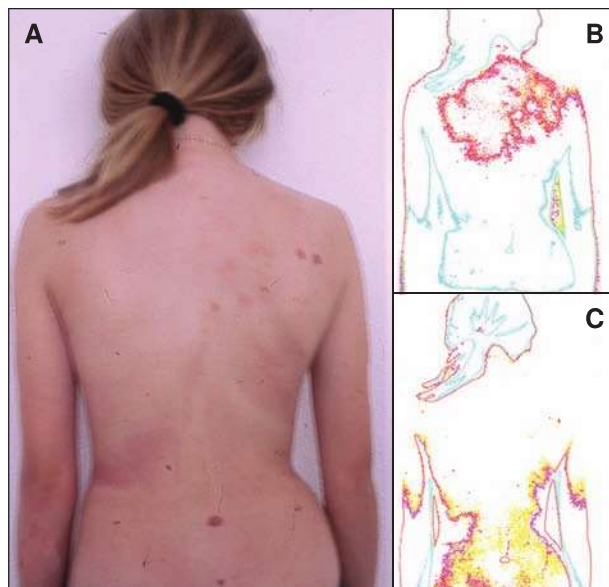


Fig. 3.—La imagen de la espalda de una paciente con escoliosis (A) se ha filtrado con líneas de pseudocolor que representan cortes de distancias diferentes de su espalda. Se han escogido dos que resaltan la asimetría torácica (B) y lumbar (C).



Fig. 4.—Imagen de una espalda simétrica, sin deformidad. Las curvas de pseudocolor muestran una distribución homogénea y resaltan la proporción y el equilibrio entre los dos hemitroncos posteriores.

En tercer lugar, se ha presentado un ejemplo de paciente con disimetría de miembros inferiores que condicionaba, además, una curva lumbar postural leve. La paciente acudió a consulta por deformidad percibida por sus padres sin referir otros síntomas. Se trataba de una joven de 9 años, con un miembro inferior izquierdo más corto, con una diferencia radiológica de 9 mm y una curva de convexidad izquierda de 8 °Cobb (caso n.º 8). Se observaba un descenso consecuente de la

PRADAS-SILVESTRE J ET AL. UN NUEVO SISTEMA DE TOPOGRAFÍA DE SUPERFICIE DE LA ESPALDA: FOTOGRAMETRÍA DIGITAL. FUNDAMENTO, PROCEDIMIENTO Y APLICACIÓN CLÍNICA CUALITATIVA

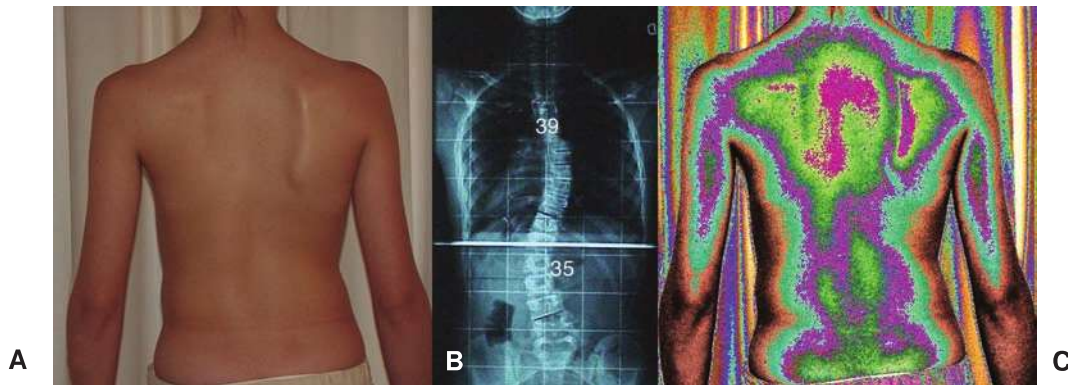


Fig. 5.—Imagen clínico-radiológica (A y B) de un paciente con escoliosis idiopática con doble curva. La imagen filtrada con pseudocolor (C) resalta la asimetría y destaca las diferencias volumétricas entre ambos lados de la espalda en los diferentes niveles vertebrales. En la región lumbar, la isoárea violácea corresponde al volumen más prominente de la concavidad y el verde a la concavidad, dibujando la curva lumbar izquierda y el descenso de la cresta ilíaca izquierda asociada. En la región torácica se resalta la asimetría escapular. La isoárea rosada corresponde a la convexidad de la curva.

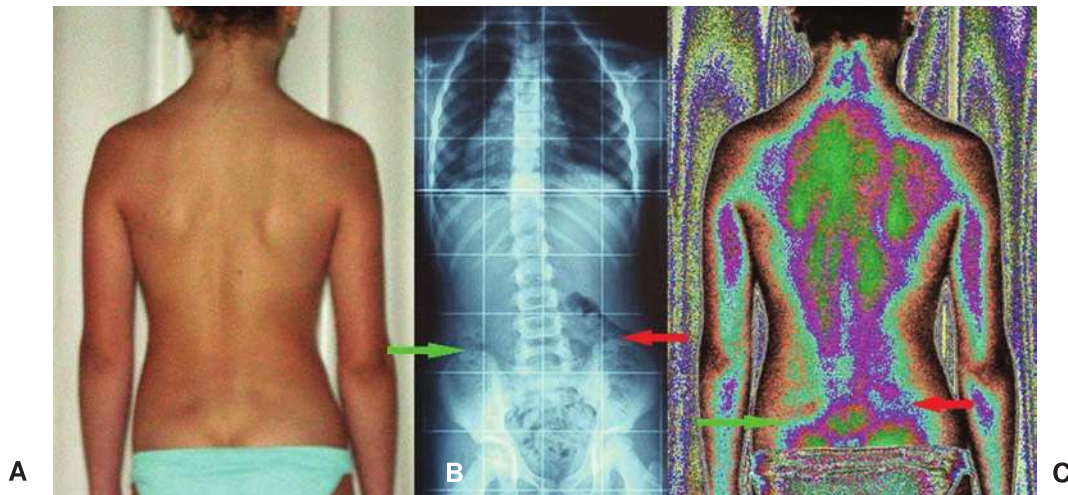


Fig. 6.—Imagen clínico-radiológica (A y B) de un paciente con actitud escoliótica por disimetría. Puede observarse la relación entre la imagen radiológica y la fotográfica comparando las diferencias correspondientes al lado más alto (cresta ilíaca derecha, flechas verdes) y el más bajo (cresta ilíaca izquierda, flechas rojas). La imagen filtrada con pseudocolor detecta además las diferencias producidas en los volúmenes de la espalda, resaltando la curva toracolumbar asociada. Obsérvese especialmente la isoárea azul clara en el lado derecho, que marca el inicio de la concavidad de la curva, y la isoárea verde, que señala el mayor volumen del hemotórax derecho, asociado a la convexidad de la curva.

pala ilíaca del miembro corto, con un hoyuelo sacroilíaco más bajo en el lado afecto que se apreciaba ligeramente en la fotografía digital y se confirmaba en la radiografía (fig. 6A y B). Tras el análisis cualitativo de la imagen filtrada con pseudocolor esta diferencia se apreciaba más claramente, con una gama de curvas de color que mostraba el descenso y los cambios volumétricos en la región lumbar que acompañaban a este descenso ilíaco y también las diferencias debidas a la curva postural que acompaña a la disimetría. Era llamativa la diferencia que producen pequeñas disimetrías radiológicas en la densito-fotogrametría (fig. 6C). Este patrón combinado de descenso de pala ilíaca asociado

a cambios en las curvas de isocolor, se apreciaba de un modo similar en el resto de casos de disimetría asociada a escoliosis⁹.

En los casos de disimetría sin escoliosis significativa asociada, los cambios en las curvas de pseudocolor mostraban asimetrías menos relevantes que las descritas hasta ahora, con áreas de homogéneas en el tronco y un arranque del área de color más bajo, el lado más corto. En los casos de escoliosis estructurada combinada con disimetría se observaba, en el análisis cualitativo, una combinación de asimetrías en el tronco y en el nivel ilíaco bien definido, con isoáreas asimétricas en ambos segmentos⁹.

DISCUSIÓN

Los sistemas de estudio de topografía de superficie que actualmente han generado mayor número de publicaciones son los sistemas Quantec^{2,10} y Formetric¹¹⁻¹³. En nuestro país se ha desarrollado también un sistema de medición fundamentado en la emisión de luz estructurada que crea imágenes con curvas de pseudocolor^{14,15}. Todos ellos se basan en el uso de luz estructurada que proyecta una imagen lineal o de rejilla sobre la espalda. Esta imagen es captada y analizada por un programa informático que establece unos parámetros cuantitativos. Los tres modelos utilizan dispositivos ópticos y de ingeniería específicos, tanto para la toma de imagen como para su tratamiento informático.

Estos sistemas de topografía suministran también valores cuantitativos. Estos datos tratan de acercarse a la valoración radiológica clásica del ángulo de Cobb, para disminuir, en lo posible, la realización de radiografías. Algunos de los valores que mejor se han relacionado con el ángulo de Cobb grado de deformidad son la suma de giba de Suzuki, el índice de simetría del tronco posterior y el índice de deformidad del plano horizontal^{10,14,16}.

El sistema de fotogrametría que se presenta en este original se encuentra en su fase de desarrollo preliminar, y todavía no puede aportar información cuantitativa. No obstante, ofrece una imagen con un realce eficiente de las asimetrías obtenido mediante procedimientos sencillos, difundidos y asequibles. En las imágenes seleccionadas puede observarse su capacidad discriminativa a través de las diferencias observables en una espalda sana, en una El grave y en una disimetría asociada a una curva leve. Los patrones de pseudocolor son completamente diferentes y ofrecen una expresividad mucho mayor que la de la simple fotografía. Para obtener estas imágenes sólo se necesita una cámara digital con un flash fijo centrado y un software informático de tratamiento de imágenes, con un filtro específico de pseudocolor que realce las diferencias de luminancia¹⁷. Su fortaleza más importante es, precisamente, la sencillez de obtención de las imágenes y su interpretación fotogramétrica, para la que no se necesita equipo específico alguno, con lo que la disponibilidad económica y la accesibilidad al sistema son muy sencillas. Aunque no se pueden aventurar datos acerca de su relación coste-beneficio, la facilidad de adquisición de una cámara digital, una fuente de luz y un ordenador convencional con un software de uso libre (*freeware*) sitúan el procedimiento en un punto de partida favorable. Los beneficios clínicos del sistema aún deben estudiarse, pero se centrarían en el registro fotográfico de la deformidad y su seguimiento evolutivo. La técnica puede ser especialmente útil para aquellos facultativos que acostumbren a registrar fotográficamente la espalda de sus pacientes con escoliosis, ya que sólo deben añadir

el filtrado informático a su práctica habitual. Este registro puede realizarse en cada control clínico y facilitar la tarea de seguimiento.

Las fuentes de error del procedimiento están relacionadas con fallos en la iluminación de la imagen que generalmente pueden ser controlados. La imagen debe obtenerse según el procedimiento descrito, con el fin de obtener siempre el mismo resultado. Los defectos de pigmentación de la piel o las marcas de exposición solar pueden hacer creer al programa que hay diferencias de luminancia que en realidad obedecen a trastornos pigmentarios. El uso de un prefiltro de ecualización automática del color elimina, en la práctica, este problema. El uso de un haz láser para mantener un coseno de 0 garantiza la perpendicularidad y la disminución del efecto de la incidencia angular del haz luminoso sobre la luminancia. En cualquier caso, son necesarios nuevos estudios que demuestren la reproducibilidad de la prueba. Es especialmente importante investigar su reproducibilidad, tanto intra como interobservador. Estos estudios se están llevando a cabo en la actualidad y serán objeto de nuevas comunicaciones científicas, ya que el objetivo de este trabajo es únicamente la presentación del método.

Una limitación de la técnica es su presentación cualitativa como imagen observable y sujeta a interpretación. En este momento, la fotogrametría con pseudocolor constituye un complemento y no una alternativa a la valoración radiológica de las asimetrías raquídeas. En realidad, ofrece una visión potenciada de la propia asimetría del tronco, más que de la curva vertebral. De esta manera aporta una información que la radiografía no permite observar, que es la asimetría cosmética del tronco posterior. Esta visión puede representar un enfoque más real de la imagen corporal que la propia radiografía, ya que hasta ahora no se ha mostrado una buena relación entre el valor angular de las curvas y la imagen corporal percibida por el paciente, medida con cuestionarios de calidad de vida como el cuestionario de la *Scoliosis Research Society (SRS-22)*¹⁸. Es interesante subrayar que esa visión complementaria puede facilitar el seguimiento clínico, ya que permite un registro evolutivo de imágenes del paciente. También puede proponerse su uso para registrar cambios acontecidos tras la aplicación de un tratamiento. La experiencia del primer autor sugiere que las imágenes con pseudocolor son atractivas para los pacientes y sus familias y permiten un mejor entendimiento del problema de la escoliosis, de su tratamiento y de su seguimiento.

En un futuro inmediato este sistema puede mejorarse añadiendo un método de medición mediante marcado manual de puntos que permita calcular los diferentes índices de tronco. En la actualidad se está trabajando en la aplicación de programas informáticos que provean también información cuantitativa que permita estandarizar la técnica y establecer una aproximación a las me-

diciones radiológicas clásicas de la EI, como son la gibometría y el ángulo de Cobb. Otra línea de trabajo debe dirigirse hacia las relaciones de estas alteraciones con la calidad de vida y con algunas dimensiones, especialmente la imagen percibida.

Finalmente, otro aspecto importante de esta línea de trabajo es el concepto de volumetría de la espalda, que permite introducir una nueva filosofía en la topografía de superficie. La luminancia y la distancia son funciones inversas. La distancia puede permitir calcular el volumen de la espalda, globalmente, a cada lado de la línea media, o por segmentos. Posiblemente, el cálculo de los hemivolúmenes del tronco posterior derivado de esta técnica pueda constituir un nuevo acercamiento al ángulo de Cobb. Este fundamento y la implementación del sistema de medición de la distancia-volumen, mediante dispositivos de captación en 3-D, posiblemente constituyan el eje del inminente desarrollo de la morfometría de la espalda y de esta técnica de fotogrametría.

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

BIBLIOGRAFÍA

1. Denton TE, Randall FM, Deinlein DA. The use of instant moiré photographs to reduce exposure from scoliosis radiographs. *Spine*. 1992;17:509-12.
2. Legaye J, Lokietek W, Orban C, Jacquemin N. Le scanner optique ISIS: utilisation dans le bilan et le contrôle des déviations rachidiennes. *Acta Orthop Belg*. 1992;58:66-72.
3. Goldberg CJ, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE. Surface topography and the several components of scoliotic deformity. *Stud Health Technol Inform*. 2002;88:67-9.
4. Drerup B, Hierholzer E. Assessment of scoliotic deformity from back shape asymmetry using an improved mathematical model. *Clin Biomech*. 1996;11:376-83.
5. Hackenberg L, Hierholzer E. 3-D back surface analysis of severe idiopathic scoliosis by rasterstereography: comparison of rasterstereographic and digitized radiometric data. *Stud Health Technol Inform*. 2002;88:86-9.
6. Aguilar Rico M, Blanca Giménez V. Iluminación y color. Valencia: Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica; 1995.
7. Fernández Salazar LC, De Landa Amezua J. Técnicas y aplicaciones de la iluminación. Madrid: Ed. McGraw-Hill; 1993.
8. González Vázquez XP, Marey Pérez MF. Fotointerpretación de los usos del suelo Fotogrametría [revista electrónica] [fecha de consulta: 1-5-2006]. Disponible en: http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotointerpretacion/articulo_fotointerpretacion_metacortex.pdf
9. Diagnóstico fotogramétrico de las alteraciones volumétricas de la espalda, escoliosis y dismetrías. Base de imágenes [revista electrónica] [fecha de consulta: 1-3-2007]. Disponible en: <http://www.svmefr.com/fondo/vdfg.asp>
10. Oxborrow NJ. Assessing the child with scoliosis: the role of surface topography. *Arch Dis Child*. 2000;83:453-5.
11. Drerup B, Hierholzer E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. *Clin Biomech*. 1994;9:28-36.
12. Schulte TL, Liljenqvist U, Hierholzer E, Bullmann V, Halm HF, Lauber S, et al. Spontaneous correction and derotation of secondary curves after selective anterior fusion of idiopathic scoliosis. *Spine*. 2006;31:315-21.
13. Hierholzer E, Hackenberg L. Three-dimensional shape analysis of the scoliotic spine using MR tomography and rasterstereography. *Stud Health Technol Inform*. 2002;91:184-9.
14. Mínguez Rey MF. Valoración de técnicas de luz estructurada en la determinación de deformidades del raquis. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina y Odontología. Universidad Valencia [fecha de consulta: 1-5-2006]. Disponible en: <http://www.tdx.cesca.es/TDX-0912103-095426>.
15. Mínguez MF, Buendía M, Cibrián RM, Salvador R, Laguna M, Martín A, et al. Cuantificación de la deformidad de la superficie de la espalda obtenida con un método no invasivo de luz estructurada: evaluación de su utilidad en el diagnóstico de la escoliosis idiopática. *Eur Spine J*. 2006;16:73-82.
16. Asher M, Lai SM, Burton D, Manna B. The influence of spine and trunk deformity on preoperative idiopathic scoliosis patients' health-related quality of life questionnaire responses. *Spine*. 2004;29:861-8.
17. Pradas Silvestre J. Análisis volumétrico de la espalda. Valoración densito-foto-gravimétrica. Máster de Valoración Daño Corporal. Valencia: Ed. Universidad de Valencia; 2001.
18. Pineda S, Bago J, Gilpérez C, Climent JM. Validity of the Walter Reed Visual Assessment Scale to measure subjective perception of spine deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2006;1:18. [Revista electrónica] [fecha de consulta: 1-3-2007]. Disponible en: <http://www.scoliosisjournal.com/content/1/1/18>