

# ESTUDIO MEDIANTE UNA TÉCNICA NO LESIVA, BASADA EN LA LUZ ESTRUCTURADA, DE LA TOPOGRAFIA DE LA ESPALDA DE FUTBOLISTAS

## STUDY OF BACK TOPOGRAPHY OF FOOTBALL PLAYERS BY A NONLESIVE METHOD BASED ON STRUCTURED LIGHT

### RESUMEN

Se presenta un método no lesivo basado en la proyección de luz estructurada con código de color para la obtención de la topografía de la superficie de la espalda en deportistas. El método permite la visualización de las asimetrías existentes en las distintas zonas de la espalda, cervical, dorsal y lumbar, tomando como referencia la posición de las cervicales y de los glúteos. La determinación en estas topografías de variables cuantificadoras para caracterizar la deformidad, tanto en el plano frontal como transversal, permite realizar un diagnóstico precoz de la existencia de patologías asociadas con desviación de la columna en los deportistas integrantes de los clubs deportivos, sobre todo en las edades infantiles y juveniles, donde la prevalencia de la escoliosis es mayor. En este trabajo se ha introducido una nueva variable, el gradiente lumbar, que permite identificar la elevación de los glúteos respecto de la cintura, para cuantificar el desarrollo de los glúteos asociado a la práctica deportiva, así como la asimetría de la zona lumbar. Estas variables topográficas han resultado independientes de la altura y edad de los sujetos del estudio y, por tanto, pueden resultar de interés para valorar el efecto del entrenamiento deportivo en la musculatura, tanto a nivel dorsal como lumbar, a lo largo de la evolución del deportista en estudios longitudinales, así como para realizar las oportunas comparaciones entre las distintas actividades deportivas. En nuestro estudio, aplicado a un equipo de fútbol, se ha podido comprobar el mayor número de valores elevados de la variable que mide la deformidad en el plano horizontal en el grupo de edad de los 14 a los 15 años y una ligera variación en función de la posición que ocupan en el campo.

**Palabras clave:** Topografía. Variables topográficas. Escoliosis. Futbolistas.

### SUMMARY

We present a noninvasive method based on structured light projection with color code to obtain the topography of the back surface in athletes. The method allows the display of the asymmetries in the areas of the back, cervical, dorsal and lumbar, with reference to the position of the neck and buttocks. The determination of quantifier variables in these topographies to characterize the deformity in both the frontal and transverse plane allows an early diagnosis of the existence of pathologies associated with curvature of the spine in athletes members of sports clubs, especially in children and youth ages where the prevalence of scoliosis is greater. In this paper we have introduced a new variable, the lumbar gradient, which identifies the elevation of the buttocks on the waist, to quantify the development of the buttocks associated with the sport, and the asymmetry of the lumbar area. These topographic variables were independent of height and age of athletes and therefore may be of interest to assess the effect of sport training in the musculature, both dorsal and lumbar, along of the evolution the athlete and to make appropriate comparisons between different sport activities. In our study, applied to a football team, it has been found the most elevated values of the variable that measures the deformity in the horizontal plane in the age group of 14 to 15 years and a slight variation depending on the playing position.

**Key words:** Topography. Topographic variables. Scoliosis. Football players.

Jorge Guillén<sup>1</sup>

Rosa M. Cibrián<sup>2</sup>

Rosario Salvador<sup>2</sup>

Rolando J. González<sup>2</sup>

M<sup>a</sup> Fe Mínguez<sup>3</sup>

Fco. Javier López<sup>4</sup>

Ana Jover<sup>1</sup>

Trinidad Cortina<sup>4</sup>

David Reinado<sup>4</sup>

Néstor Chinillach<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Licenciado en Educación Física y Deporte. Fisioterapeuta.

Dpto. de Fisiología Facultad de Medicina y Odontología Universidad de Valencia

<sup>2</sup>Dra. en Físicas Servicio de Traumatología y Ortopedia del Hospital Clínico Universitario de Valencia

<sup>3</sup>Dra. en Medicina y Cirugía.

Especialista en Traumatología <sup>4</sup>Licenciados en Físicas

*Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la ayuda 29/UPB10/10 del Consejo Superior de Deportes recibida en 2010. Los autores expresan su agradecimiento al club deportivo Teruel por todas las facilidades en la toma de las topografías de los deportistas.*

### CORRESPONDENCIA:

Biofísica y Física Médica. Dpto. Fisiología. Facultad de Medicina y Odontología. Avda. Blasco Ibáñez, 15. 46010 Valencia  
E-mail: Rosa.M.Cibrian@uv.es

**Aceptado:** 29.08.2011 / Original n° 595

## INTRODUCCIÓN

La representación y evaluación de la topografía de la espalda ha sido y es un objetivo tradicional en la práctica médica, por las posibilidades tanto de realizar un diagnóstico de patologías de la columna como de evaluar la morfología de ésta. En los últimos años se han desarrollado métodos no invasivos para el estudio de las deformidades de la columna y particularmente de la escoliosis idiopática<sup>1-7</sup>, patología asociada a una deformación de la columna y con amplia prevalencia dentro de la población en general, pero sobre todo en la población infantil.

El diagnóstico y el seguimiento de la escoliosis se realiza con exploraciones radiográficas en las que se determina el ángulo de Cobb<sup>8-10</sup>. El interés de estos nuevos métodos no lesivos radica en que permiten disminuir el número de exploraciones radiográficas que se realizan a los pacientes para el diagnóstico y seguimiento de la escoliosis y además posibilitan su utilización en otros ámbitos como el deportivo, ya que el deporte es uno de los elementos que ayudan a mantener o modificar la forma de la columna y la musculatura de la espalda.

Nuestro método topográfico corresponde a los que se denominan de luz estructurada o raster stereophotography<sup>11,12</sup>. Esta técnica se basa en la proyección sobre la zona de interés de un sistema de luz codificada, con el objeto de conocer las posiciones en 3D de un conjunto de puntos de la superficie a estudio y realizar su reconstrucción por interpolación. De hecho, muchos problemas de robótica y medicina se han resuelto satisfactoriamente, desde el punto de vista de la iluminación, mediante patrones estructurados<sup>13,14</sup>.

Concretamente, el método utilizado corresponde a una adaptación del desarrollado por nuestro grupo<sup>15</sup>, implementándolo con la proyección de redes en color, lo que aumenta la resolución inicial del método y la identificación de las líneas perdidas u ocultas en quedades anatómicas. La determinación de variables topográficas en las imágenes obtenidas con este método permite cuantificar el grado de deformidad. De estudios anteriores se ha comprobado la capacidad

diagnóstica de dos variables, DHOPI (Índice de Deformidad en el Plano Horizontal) para caracterizar la deformidad en el plano transversal o axial y la variable POTSI (Índice de Simetría Posterior del Tronco) para caracterizar la deformidad en el plano coronal o frontal<sup>16</sup>, que deben tener también interés en la caracterización del desarrollo muscular de los deportistas.

El objetivo general de este trabajo es mostrar las posibilidades del método de obtención de la topografía de la espalda mediante luz estructurada para obtener de forma sencilla el diagnóstico precoz de escoliosis en la población infantil y juvenil de los clubs deportivos y caracterizar la espalda de deportistas y concretamente de futbolistas. Además de valorar las variables cuantificadoras ya existentes, que permiten discriminar entre normalidad y grado de deformidad, se han buscado nuevas variables específicas para la práctica deportiva, que permitan estudiar la evolución de los patrones de normalidad con la edad y el entrenamiento.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Club Deportivo Teruel. Todos los sujetos incluidos en el trabajo fueron informados sobre el mismo y dieron el consentimiento para su participación. En el caso de menores el consentimiento correspondió a los padres o tutores legales.

Se han estudiado 50 deportistas integrantes de los distintos equipos del club deportivo Teruel, pertenecientes a las categorías infantil 16 sujetos, cadete 18 sujetos y juvenil 16 sujetos, cuyas edades están comprendidas entre los 12 y los 17 años, de los cuales 10 eran mediocentros, 8 delanteros, 8 centrales, 5 extremos derechos, 4 extremos izquierdos, 5 laterales derechos, 6 laterales izquierdos y 4 porteros.

### Dispositivo experimental

El sistema experimental<sup>15,16</sup> consta de un proyector EPSON EM-835/830 desde el que se

proyecta el patrón de líneas sobre una pantalla y una videocámara Canon XM2 para la captura de las imágenes. Para el procesado y visualización de las imágenes se desarrolló un software de diseño propio que posibilitaba la determinación semiautomática de las variables topográficas.

El procedimiento de determinación de la “función superficie” se basa en el análisis del cambio de forma de la red proyectada sobre la espalda del sujeto, respecto a la que tendría si se proyectara sobre una superficie plana. A partir del estudio del cambio de la red proyectada es posible, para cada punto X,Y de la imagen, obtener la correspondiente coordenada Z y, por tanto, la función superficie<sup>15,16</sup> (Figura 1).

### Determinación de las variables topográficas

Del estudio anterior, disponíamos de dos variables, DHOPI y POTSI cuyos valores de normalidad se sitúan respectivamente en 2.5 y 29.5<sup>16</sup> y para la realización de este estudio hemos determinado una tercera variable denominada “gradiente lumbar”. Todas ellas se determinan de forma semiautomática a partir del software diseñado por nuestro grupo.

El “gradiente lumbar” se determinaba a partir de puntos anatómicos ya empleados para el cálculo de la variable DHOPI concretamente los dos correspondientes a los glúteos (E y F) y los dos puntos menos prominentes de la línea de la cintura (D y C) (Figura 2). Con estos cuatro puntos, relacionando por un lado los dos de la derecha de la columna (C y E) y por otro los dos de la izquierda (D y F) se puede determinar el ángulo de elevación del glúteo respecto a la cintura en cada lado:

$$GLD = \arctan [(Ez - Cz) / (Ey - Cy)]$$

$$GLI = \arctan [(Fz - Dz) / (Fy - Dy)]$$

donde GLD y GLI son los gradientes lumbares derecho e izquierdo y Ez, Fz, Cz, Dz y Ey, Fy, Cy, Dy representan, respectivamente, las coordenadas Z e Y de los puntos E, F, C, D seleccionados.

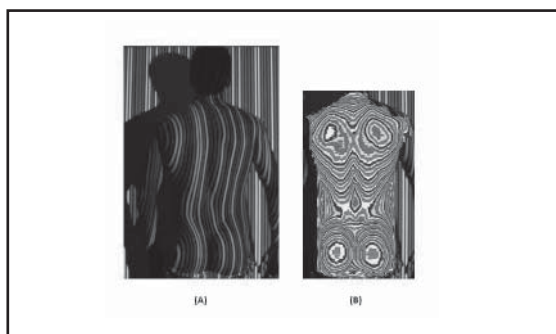
Las variables a analizar son el gradiente medio  $(GLD+GLI)/2$  y la diferencia de gradientes  $GLD-GLI$ . Estas variables permitirán evaluar el desarrollo de los glúteos asociado a la práctica deportiva, así como la asimetría de la zona lumbar.

Todas las variables topográficas están diseñadas para que sean independientes de la estatura de los sujetos, ya que las variables DHOPI y POTSI están relativizadas a la distancia desde las cervicales hasta el surco interglúteo y los gradientes son ángulos.

### Métodos estadísticos

Para el estudio estadístico de los datos se ha utilizado el programa SPSS v.17.

Se ha comprobado la normalidad de la población muestreada, respecto a las variables topográficas, con la prueba de Kolgomorov-Smirnov.



**FIGURA 1.** (A) alteración de las líneas de la red proyectada sobre la superficie de la espalda. (B) topografía reconstruida de la espalda, representando los relieves con curvas de nivel



**FIGURA 2.** Puntos anatómicos de interés para la determinación del valor del gradiente lumbar

Para la comparación de las muestras se ha utilizado un análisis de la varianza y para las comparaciones múltiples se ha utilizado el test de *Scheffé*, que no precisa que los tamaños muestrales de cada grupo sean iguales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A todos los sujetos del estudio se les determinó la topografía de la espalda y sobre ella se les obtuvo las variables objeto de estudio y se compararon sus valores con los de normalidad o patología.

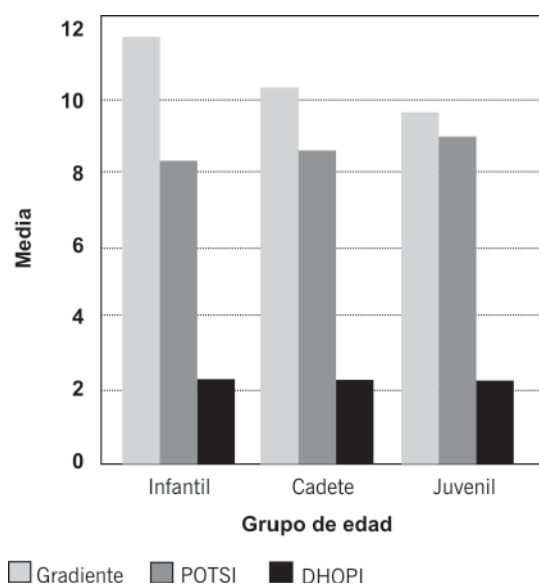
Pudo observarse que tres casos tenían valores de DHOPI superiores a la normalidad, correspon-

dientes a la edad de 14 años, mientras que sólo existía un caso con valor de POTSI superior a la normalidad, correspondiente a un sujeto de 17 años. Este resultado confirma que los casos más probables de escoliosis se producen a la edad de los 14 años y este tipo de estudio permite realizar ese diagnóstico precoz de forma no lesiva para el sujeto.

Si representamos el valor medio de cada variable topográfica de los deportistas agrupados en función de su edad durante la etapa de crecimiento, de 12 a 17 años, se puede comprobar (Figura 3) que el valor medio de las variables no difiere sustancialmente de unos grupos de edad a otros ni se mantiene una tendencia asociada con la edad. De hecho, puede observarse que la variable POTSI tiende a aumentar desde infantil a juvenil, el Gradiente Lumbar tiende a disminuir en el mismo periodo, mientras que el DHOPI tiene un valor más elevado en el grupo de cadetes, asociado a la mayor prevalencia de la escoliosis en ese grupo de edad, debido, en nuestro estudio, a los tres casos anómalos encontrados. No obstante, como las variables estudiadas no dependen de la estatura de los deportistas, es posible utilizarlas para caracterizar la evolución del deportista con el ejercicio al comparar con su propio seguimiento y, por otro lado, permiten también realizar un estudio conjunto de todos los futbolistas, independientemente de su edad y estatura y así centrarnos en otros aspectos, como puede ser la posición que ocupan en el terreno de juego.

A este respecto, la Tabla 1 muestra los valores medios de cada variable para los jugadores en

**FIGURA 3.** Valores medios de las variables indicadas para los futbolistas estudiados en función de la edad



**TABLA 1.** Valores medios y desviaciones típicas (DT) de las variables estudiadas para los jugadores en función de las distintas posiciones de juego

	Grad. Lumbar		POTSI		DHOPI	
	Media	DT	Media	DT	Media	DT
Porteros	10,2	6,2	7,3	2,1	2,7	1,9
Laterales	11,7	4,3	9,5	5,1	2,6	1,8
Defensas centrales	11,7	1,8	10,9	4,1	1,6	0,6
Mediocentro	10,6	1,3	8,6	2,5	2,0	1,1
Extremos	10,0	3,5	7,8	4,3	0,9	0,7
Delanteros	11,3	3,7	9,3	2,2	2,5	2,2
Total	10,9	3,2	8,9	3,6	2,0	1,5

función de las distintas posiciones que ocupan en el campo. Puede observarse que no existe diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las variables estudiadas, aunque la variable POTSI es algo más elevada en los defensas centrales y los valores de DHOPI promedio son menores para los extremos.

Los resultados obtenidos muestran que las variables topográficas permiten caracterizar la espalda de los deportistas y convendría realizar comparaciones con otras prácticas deportivas que utilicen el tren superior.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante la realización del proyecto de investigación 29/UPB10/10, subvencionado por el Consejo Superior de Deportes.

Los aspectos más relevantes del estudio pueden concretarse en:

La puesta a punto de un método no lesivo de diseño propio y basado en la proyección de luz estructurada, para la determinación de la topografía de la espalda de los deportistas con gran resolución.

Se ha determinado una nueva variable topográfica, el gradiente lumbar, que da información sobre la musculación de los glúteos. La diferencia entre los gradientes lumbares izquierdo y derecho permiten también cuantificar la asimetría de la espalda.

Las variables topográficas diseñadas resultan independientes de la altura de los deportistas con lo que permiten la comparación entre futbolistas de edades distintas.

Los valores medios de la variable POTSI tienden a aumentar con la edad, de infantil a juvenil, el Gradiente Lumbar tiende a disminuir en el mismo periodo, mientras que el DHOPI tiene un valor más elevado en el grupo de cadetes, asociado a la mayor prevalencia de la escoliosis en ese grupo de edad.

## B I B L I O G R A F Í A

1. **Shands A, Eisenberg HB.** The incidence of scoliosis in the state of Delaware. A study of 50.000 minifilms of the chest made during a survey for tuberculosis. *J Bone Joint Surg Am* 1955;37:1234-1241.
2. **Cronis S, Russell A.** Orthopaedic screening of children in Delaware public Schools. *Del Med J* 1965;37:89-91.
3. **Vanderpool D, James J, Wynne-Davies R.** Scoliosis in the elderly. *J Bone Joint Surg Am* 1969;51:446-455.
4. **Morais T, Bernier M, Turcotte F.** Age- and sex-specific prevalence of scoliosis and the value of school screening program. *Am J Public Health* 1985;75:1377-1380.
5. **Viosca E, Prat J, Cortes A.** Deformidades del raquis. En: Comín M, Prat J, editores. Biomecánica del raquis y sistemas de reparación. 1ª ed. Valencia: Martín Impresores SL; 1995;131-205.
6. **Rang M.** Deformity of the Spine. The Story of Orthopaedics. 1ª ed. Philadelphia: WB Saunders Company 2000;143-193.
7. **Cañadell J.** Comentario realizado por el profesor José Cañadell. *Rev Ortop Traumatol* 2000;4:342352.
8. **Theologis TN, Fairbank JC; Turner-Smith AR, Pantazolopoulos T.** Early detection of progression in adolescent idiopathic scoliosis by measurement of changes in back with the Integrated Shape Imaging System scanner. *Spine* 1997;22:1223-1227.
9. **Golberg CJ, Kalischer M, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE.** Surface topography, Cobb angles, and cosmetic change in scoliosis. *Spine* 2001;26:E55-63.

10. **Kolima T, Kurokawa T.** Quantification of three-dimensional deformity of idiopathic scoliosis. *Spine* 1992;17(3 Suppl):S22-29.
11. **Thometz JG, Liu XC, Lyon R, Harris GF.** Variability in three-dimensional measurements of back contour with raster stereography in normal subjects", *J Pediat Orthopaed* 2000;20:54-58.
12. **Liu XC, Thometz JG, Lyon R, Klein J.** "Functional classification of patients with idiopathic scoliosis assessed by the Quantec system - A discriminant functional analysis to determine patient curve magnitude". *Spine* 2001;26:1274-1278.
13. **Will PM, Pennington KS.** Grid coding: a preprocessing technique for robot and machine vision. *Artif Intell Rev* 1971;2:319-329.
14. **Arffa RC, Warnichi JW, Rehkopf PG.** Corneal topography using rasterstereography. *Refract Corneal Surg* 1989;5:414-417.
15. **Buendía M, Salvador R, Cibrián R, Laguía M, Sotoca JM.** "Determination of the object surface function by structured light: application on the study of spinal deformities" *Phys Med Biol* 1999;44:75-86.
16. **Mínguez MF, Buendía M, Cibrián RM, Salvador R, Laguía M, Martín A, et al.** Quantifier variables of the back surface deformity obtained with a noninvasive structured light method: evaluation of their usefulness in idiopathic scoliosis diagnosis, *Eur Spine J* 2007;16:73-82.