

# Características morfométricas del sacro en población Mexicana. Su importancia dentro de los procedimientos de fusión y fijación lumbosacra

Rodolfo Morales-Ávalos,\* Jorge Israel Leyva-Villegas,\* Félix Vílchez-Cavazos,\*\* Ángel Raymundo Martínez-Ponce de León,\*\*\* Rodrigo Enrique Elizondo-Omaña,\* Santos Guzmán-López\*

## Resumen

**Introducción:** la morfología y las características morfométricas de las vértebras sacras y sus componentes determinan el tamaño y orientación de los implantes pediculares al momento de su implantación. El *objetivo* del estudio fue: determinar las características morfométricas del sacro en población Mexicana.

**Material y métodos:** estudio observacional, transversal, descriptivo y no comparativo que consistió en el análisis de 50 sacros secos pertenecientes al departamento de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Las características morfométricas de los 50 sacros se distribuyeron en 44 parámetros de medición (39 lineales y 5 angulares) que se dividieron en cinco categorías: 1) agujeros sacros anteriores y posteriores; 2) pedículo vertebral de S1 y crestas intermedias; 3) cuerpos vertebrales y parámetros generales del sacro; 4) faceta articular superior de S1 y canal sacro, y 5) abordajes del pedículo en S1.

**Resultados:** el valor promedio de la longitud del pedículo de S1 fue de  $25.00 \text{ mm} \pm 2.41$ , el de la altura anterior y posterior del pedículo de S1 fue de  $20.68 \text{ mm} \pm 3.40$  y  $24.64 \text{ mm} \pm 3.77$ , respectivamente. Las dimensiones del canal sacro en su abertura superior fueron de  $15.13 \text{ mm} \pm 2.40$  para el diámetro sagital y  $31.07 \text{ mm} \pm 2.65$  para el diámetro transversal. La distancia promedio de la trayectoria anteromedial del tornillo en S1 fue de  $50.08 \text{ mm} \pm 3.72$  con un ángulo promedio de  $34.30^\circ \pm 4.1$  respecto al punto de entrada del tornillo.

**Conclusiones:** el estudio muestra de forma exacta las características anatómicas del pedículo de la primera vértebra sacra y del sacro. Esto contribuye en el momento quirúrgico a tener certeza de la correcta posición de los tornillos transpediculares en este segmento vertebral.

**Palabras clave:** sacro, pedículo, morfometría, tornillos transpediculares.

## Abstract

**Background:** the morphology and the morphometric characteristics of the sacral and its components determine the size of pedicle implants in both width and length and the orientation of the screw at the time of implantation, the present study aimed to determine the morphometric characteristics of the sacrum in the Mexican population in order to establish safe approaches for the placement and orientation of the screws during lumbosacral instrumentation.

**Methods:** morphometric characteristics were determined for 50 dry sacra distributed in forty-four measurement parameters (39 linear and 5 angular) divided in five categories: 1) anterior and posterior sacral foramina; 2) S1 vertebral pedicle and intermediate sacral crest; 3) vertebral bodies and the general parameters of the sacrum; 4) S1 superior articular process facet and sacral canal, and 5) S1 pedicle approaches.

**Results:** the S1 pedicle average length was  $25.00 \text{ mm} \pm 2.41$ , the S1 pedicle anterior and posterior average height was  $20.68 \text{ mm} \pm 3.40$  and  $24.64 \text{ mm} \pm 3.77$  respectively, the sacral canal dimensions on its superior opening were  $15.13 \text{ mm} \pm 2.40$  in the sagittal diameter and  $31.07 \text{ mm} \pm 2.65$  for the transverse diameter, in S1 the anteromedial screw trajectory average distance was  $50.08 \text{ mm} \pm 3.72$  with an average angle of  $34.30^\circ \pm 4.1$  from the screw entry point.

**Conclusion:** the results from this study are important for the correct screw placement and position in lumbosacral instrumentation, and also for other procedures that involves the sacral region as surgical and diagnostic target.

**Key words:** sacrum, pedicle, morphometry, transpedicular screws.

## Introducción

El sacro y sus componentes representan el objetivo de algunos procedimientos clínicos y quirúrgicos, como el bloqueo epidural caudal, la sacroplastia para tratamiento del dolor crónico producido por metástasis óseas en pacientes oncológicos, la descompresión posterior del canal vertebral, la fusión y fijación lumbosacra instrumentada.<sup>1,2</sup> Esta última se ha utilizado desde hace años para tratar la inestabilidad vertebral segmentaria ocasionada por la estenosis del canal medular lumbar, ruptura de la articulación sacroiliaca, escoliosis lumbar, enfermedades degenerativas de la columna vertebral, espondilolistesis, y diversas alteraciones

\* Departamento de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina.  
\*\* Servicio de Traumatología y Ortopedia del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González.  
\*\*\* Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

### Correspondencia:

Dr. C. Rodrigo E. Elizondo Omaña  
Av. Madero s/n colonia Mitrás Centro C.P. 64460 Monterrey,  
Nuevo León, México  
Tel: (52) 81-83294171  
Correo electrónico: rod\_omana@yahoo.com

Recibido para publicación: 30-04-2012

Aceptado para publicación: 05-10-2012

de índole vascular, infecciosa, metastásica, congénita y traumática que afecten al sacro.<sup>3-6</sup> Las características morfométricas de las vértebras sacras determinan el tamaño de los tornillos pediculares en anchura y longitud, así como la dirección y angulación ideal del tornillo al momento de su introducción.<sup>7</sup> Es importante el conocimiento de estas características para evitar lesiones de la corteza pedicular, raíces nerviosas, facetas articulares o estructuras vasculares adyacentes debidas a la colocación u orientación incorrecta de los tornillos.<sup>5</sup> El punto de entrada de los tornillos sacros corresponde a la superficie inferolateral de la faceta articular de la primera vértebra sacra (S1) y estos pueden insertarse en las alas del sacro (abordaje anterolateral) o en el promontorio sacro (abordaje anteromedial).<sup>6</sup> Este último abordaje es el más utilizado en la actualidad.<sup>8</sup>

El objetivo del estudio fue determinar las características morfométricas (lineales y angulares) del sacro en población Mexicana.

## Materiales y métodos

Estudio observacional, transversal, descriptivo y no comparativo para el que se analizaron 50 sacros secos pertenecientes al departamento de Anatomía Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se excluyeron los dañados en su estructura o con alguna afecación o anormalidad evidente.

### Descripción de la técnica

Se realizaron morfometrías lineales y angulares. En cada pieza estudiada se colectaron los datos valiéndose de un vernier digital con una precisión de 0.01 mm y un goniómetro con una precisión de 0.1°. Todas las mediciones se reportaron en milímetros y grados.

Los parámetros de medición se dividieron en 5 categorías: 1) agujeros sacros anteriores y posteriores; 2) pedículo vertebral de S1 y crestas intermedias; 3) cuerpo vertebral y parámetros generales del sacro; 4) faceta articular superior de S1 y canal sacro; 5) abordajes del pedículo en S1.

### Categoría 1. Agujeros sacros anteriores y posteriores (parámetros A1-H3)

En esta categoría se consideran tres parámetros de medición lineal: largo y ancho de los tres primeros pares de agujeros sacros anteriores (parámetros A, A1, C, C1, E, E1) y posteriores (parámetros B, B1, D, D1, F, F1), distancia horizontal entre los agujeros sacros izquierdo y derecho de los primeros tres pares de agujeros sacros anteriores (parámetros G1,

G2, G3) y posteriores (parámetros H1, H2, H3). Para propósitos de este estudio se consideró el largo de un agujero sacro como la distancia que existe entre el borde superior e inferior del mismo; el ancho, como la distancia entre el borde medial y lateral del agujero; y distancia horizontal entre dos agujeros sacros, como la distancia que existe entre ambos bordes mediales del par de agujeros sacros correspondiente (Figuras 1 y 2).

### Categoría 2. Pedículo vertebral de S1 y crestas intermedias (parámetros I-L2)

En esta categoría se realizaron las siguientes mediciones: longitud (parámetro I) y altura del pedículo de S1 por su cara anterior (parámetro J1) y posterior (parámetro J2), así como altura de las crestas intermedias de S2 y S3 por su cara anterior (parámetros K1, L1) y posterior (parámetros K2, L2) (Figuras 1, 2 y 3).

La longitud se definió como la distancia entre el borde posterior y el borde anterior del pedículo de S1. La altura se consideró como la distancia vertical entre el borde superior del primer agujero sacro anterior o posterior, y la superficie superior del cuerpo de la vértebra S1.

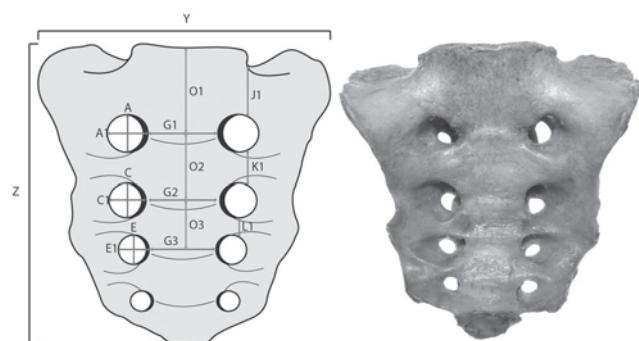


Figura 1. Mediciones lineales realizadas en la cara anterior del sacro.

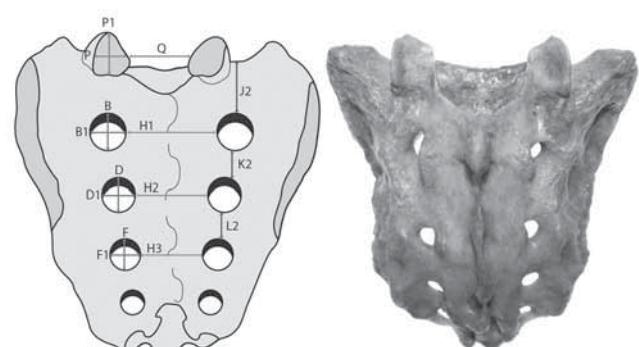
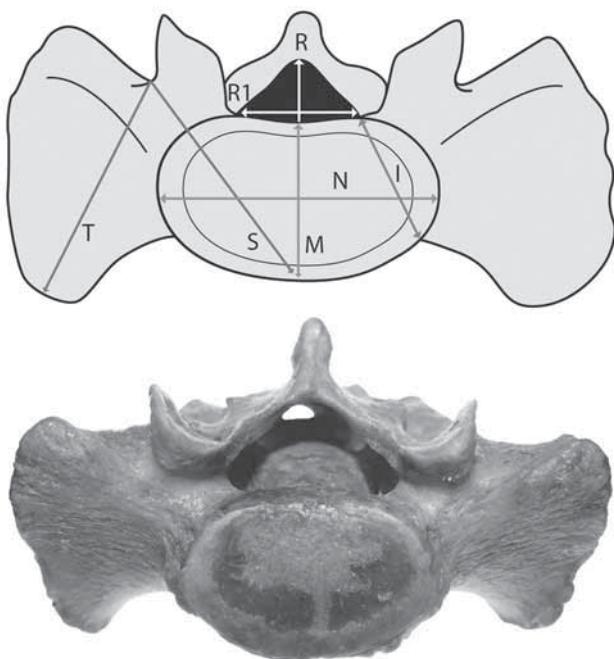


Figura 2. Mediciones lineales realizadas en la cara posterior del sacro.



**Figura 3.** Mediciones lineales realizadas en la **cara superior** del sacro.

**Categoría 3: Cuerpos vertebrales y parámetros generales del sacro (parámetros M-O3 e Y-Z)**

En esta categoría se incluyeron: diámetros anteroposterior y transverso de S1 (parámetros M, N), altura anterior del cuerpo de la primera, segunda y tercera vértebra (parámetros O1, O2, O3), así como largo (parámetro Y) y ancho (parámetro Z) del sacro (Figuras 1 y 3). El diámetro anteroposterior se definió como la distancia entre el borde anterior y posterior de la superficie superior del cuerpo de la vértebra S1. El diámetro transverso como la distancia horizontal entre ambos bordes laterales de la misma. La altura de S1 se definió como la distancia entre el borde superior del cuerpo de la vértebra S1 y la línea transversa que representa el disco intervertebral obliterado entre S1 y S2. La altura de S2 y S3 se consideró como la distancia vertical entre las líneas transversas correspondientes.

**Categoría 4. Faceta articular superior de S1 y canal sacro (parámetros P-R1)**

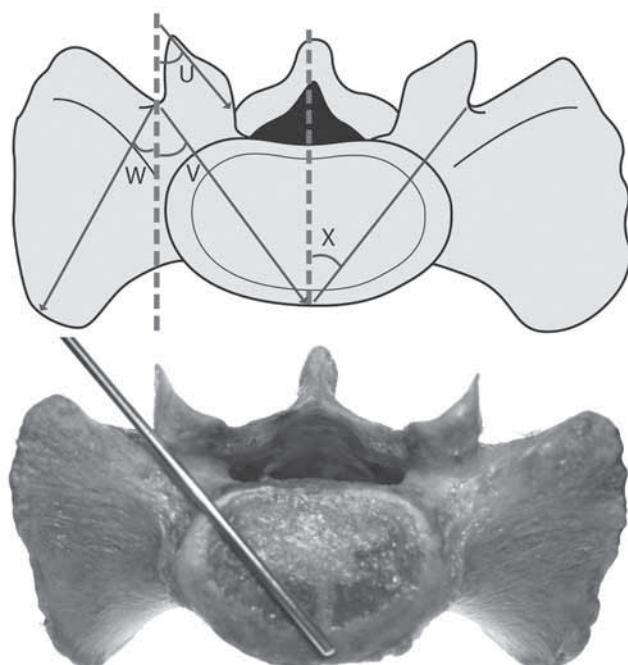
En esta categoría se incluyeron: ancho (parámetro P) y altura (parámetro P1) de la faceta articular superior de S1, distancia horizontal entre ambas facetas articulares (parámetro Q), y diámetro sagital (parámetro R) y transverso (parámetro R1) del canal sacro en su abertura superior (Figuras 2 y 3).

**Categoría 5. Abordajes del pedículo en S1 (parámetros S-X1)**

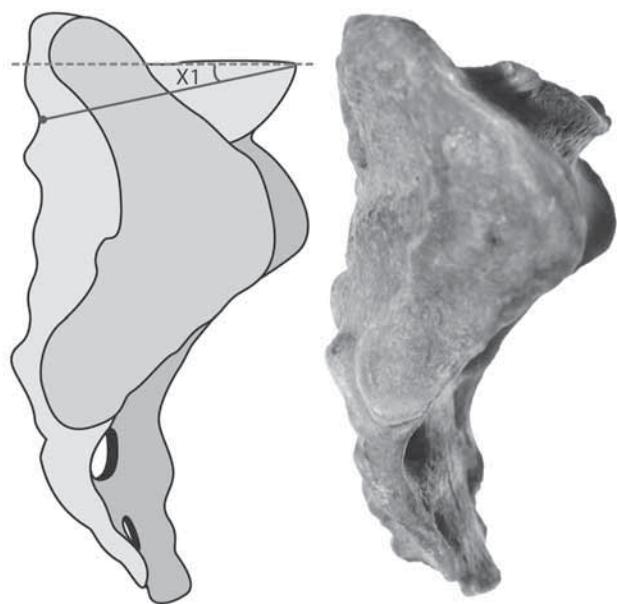
Se realizaron dos mediciones considerando el punto de entrada del tornillo que representan su trayectoria en los dos abordajes más comúnmente utilizados; el primero con dirección hacia el promontorio sacro (abordaje anteromedial, parámetro S) y el otro hacia el punto más anterolateral de las alas de S1 (abordaje anterolateral, parámetro T). Además, se determinaron los ángulos de la trayectoria del tornillo en los dos abordajes respecto a una línea imaginaria que pasa anteroposterior y en ángulo agudo a la trayectoria del tornillo (parámetros V, W); así como el ángulo del tornillo en el abordaje anteromedial (parámetro X) respecto a la línea media (Figuras 4 y 5). Así mismo, se determinó el ángulo de la faceta articular de S1 respecto a una línea imaginaria que pasa lateral a la misma (parámetro U) y el ángulo sagital del pedículo de S1 (parámetro X1) entre una línea imaginaria horizontal que discurre por la superficie superior del cuerpo de la vértebra S1 y la línea de trayectoria anteromedial del tornillo hacia el promontorio sacro.

**Consideraciones éticas**

El protocolo fue aprobado por el Comité Local de Investigación en Salud con el registro AH12-001, no existió nin-



**Figura 4.** Mediciones angulares realizadas en la **cara superior** del sacro.



**Figura 5.** Mediciones angulares realizadas en la **cara lateral** del sacro.

gún tipo de financiamiento externo por lo que los autores declaran no tener conflictos de interés.

#### Análisis estadístico

Los parámetros de medición se analizaron con el programa Microsoft Office Excel 2010 para Windows. Se reporta la media y la desviación estándar para cada uno de los parámetros de medición.

## Resultados

Dos observadores independientes estudiaron 50 sacros bilateralmente, obtuvieron la media y la desviación estándar para cada parámetro de medición lineal y angular distribuidos en las 5 categorías mencionadas. Todos los valores se reportaron por categoría y se muestran en cuadros.

#### Categoría 1. Agujeros sacros anteriores y posteriores

La altura y anchura del primer par de agujeros sacros anteriores (parámetros A y A1) fue de  $13.66 \text{ mm} \pm 2.05$  y  $13.15 \text{ mm} \pm 2.88$ , respectivamente, con una distancia horizontal entre ellos de  $32.33 \text{ mm} \pm 4.19$  (cuadro I).

**Cuadro I.** Morfometrías de los tres primeros pares de agujeros sacros anteriores y posteriores (*Categoría 1*).

Parámetro	Categoría 1. Agujeros sacros anteriores y posteriores					
	Lado izquierdo		Lado derecho		Valor promedio	
	Media (mm)	D.E. (mm)	Media (mm)	D.E. (mm)	Media (mm)	D.E. (mm)
A	13.60	$\pm 2.11$	13.72	$\pm 2.03$	13.66	$\pm 2.05$
A1	13.28	$\pm 2.67$	13.02	$\pm 3.11$	13.15	$\pm 2.88$
B	11.38	$\pm 2.66$	11.42	$\pm 2.52$	11.40	$\pm 2.58$
B1	8.64	$\pm 2.31$	8.58	$\pm 1.75$	8.61	$\pm 2.03$
C	13.15	$\pm 1.84$	13.47	$\pm 1.92$	13.31	$\pm 1.88$
C1	13.91	$\pm 2.74$	14.01	$\pm 2.39$	13.96	$\pm 2.55$
D	7.66	$\pm 1.35$	7.54	$\pm 1.40$	7.60	$\pm 1.37$
D1	6.99	$\pm 1.40$	7.26	$\pm 2.13$	7.12	$\pm 1.79$
E	12.11	$\pm 2.82$	11.94	$\pm 2.78$	12.02	$\pm 2.78$
E1	13.51	$\pm 3.31$	13.40	$\pm 3.21$	13.46	$\pm 3.24$
F	6.99	$\pm 2.26$	6.40	$\pm 2.07$	6.70	$\pm 2.17$
F1	7.40	$\pm 2.48$	7.37	$\pm 2.08$	7.88	$\pm 2.27$
G1	—	—	—	—	32.33	$\pm 4.19$
G2	—	—	—	—	27.83	$\pm 3.20$
G3	—	—	—	—	25.89	$\pm 2.37$
H1	—	—	—	—	37.04	$\pm 3.49$
H2	—	—	—	—	31.76	$\pm 3.43$
H3	—	—	—	—	27.69	$\pm 2.26$

Medias y desviaciones estándar (D.E.).

*Categoría 2. Pedículo vertebral de S1 y crestas intermedias*

La longitud promedio del pedículo de S1 (parámetro I) fue de  $25.00 \text{ mm} \pm 2.41$ . La media de la altura anterior y posterior del pedículo de S1 (parámetros J1 y J2) fue de  $20.68 \text{ mm} \pm 3.40$  y  $24.64 \text{ mm} \pm 3.77$ , respectivamente (cuadro II).

*Categoría 3. Cuerpo vertebral y parámetros generales del sacro*

La media de las distancias anteroposterior y horizontal de la superficie superior del cuerpo de la vértebra S1 (parámetros M y N) fue de  $31.93 \text{ mm} \pm 2.91$  y  $48.72 \text{ mm} \pm 4.64$ , respectivamente; la media de la altura anterior de los cuerpos vertebrales (parámetros O1-O3) fue  $31.11 \text{ mm} \pm 2.80$  para S1,  $25.06 \text{ mm} \pm 3.94$  para S2 y  $18.89 \text{ mm} \pm 2.63$  para S3 (cuadro II).

**Cuadro II.** Morfometrías del pedículo vertebral de S1 y crestas intermedias (*Categoría 2*); cuerpos vertebrales S1 a S3 (*Categoría 3*); faceta articular superior de S1 y canal sacro en su abertura superior (*Categoría 4*).

Parámetro	Categoría 2. Pedículo vertebral de S1 y crestas intermedias.					
	Lado Izquierdo		Lado derecho		Valor promedio	
	Media (mm)	D.E. (mm)	Media (mm)	D.E. (mm)	Media (mm)	D.E. (mm)
I	24.83	$\pm 2.08$	25.16	$\pm 2.80$	25.00	$\pm 2.41$
J1	20.84	$\pm 3.48$	20.51	$\pm 3.37$	20.68	$\pm 3.40$
J2	24.42	$\pm 3.70$	24.86	$\pm 3.89$	24.64	$\pm 3.77$
K1	12.70	$\pm 2.95$	12.43	$\pm 3.01$	12.56	$\pm 2.97$
K2	15.53	$\pm 2.57$	15.13	$\pm 2.45$	15.33	$\pm 2.50$
L1	7.09	$\pm 1.65$	7.15	$\pm 1.79$	7.12	$\pm 1.71$
L2	13.72	$\pm 1.97$	13.58	$\pm 2.03$	13.65	$\pm 1.99$
Categoría 3. Cuerpos Vertebrales y parámetros generales del sacro						
M	--	--	--	--	31.93	$\pm 2.91$
N	--	--	--	--	48.72	$\pm 4.64$
O1	--	--	--	--	31.11	$\pm 2.80$
O2	--	--	--	--	25.06	$\pm 3.94$
O3	--	--	--	--	18.89	$\pm 2.63$
Y	--	--	--	--	110.04	$\pm 5.97$
Z	--	--	--	--	97.49	$\pm 7.16$
Categoría 4. Faceta articular superior de S1 y canal sacro.						
P	16.40	$\pm 2.19$	16.24	$\pm 2.08$	16.32	$\pm 2.12$
P1	16.32	$\pm 2.08$	16.42	$\pm 2.58$	16.37	$\pm 2.68$
Q	-	-	-	-	25.74	$\pm 4.17$
R	-	-	-	-	15.13	$\pm 2.40$
R1	-	-	-	-	31.07	$\pm 2.65$

Medias y desviaciones estándar (D.E.).

## Discusión

El sacro y sus componentes son el blanco quirúrgico de los procedimientos de fusión y fijación lumbosacra instrumentada, que técnicamente representan procedimientos laboriosos y complejos que pueden producir numerosas complicaciones agudas y crónicas,<sup>3</sup> entre las que destacan la posición incorrecta de los tornillos, falla del sistema de fijación, estenosis de los segmentos adyacentes a la fijación, déficit neurológico, persistencia y agravamiento del dolor, persistencia de estenosis, rotura de los tornillos transpediculares, fibrosis perirradicular y dolor neuropático.<sup>9</sup> En las últimas décadas se han realizado numerosos estudios que remarcan la importancia del conocimiento de una precisa anatomía del sacro y sus estructuras vecinas asociadas, con el propósito de establecer abordajes quirúrgicos seguros durante la instrumentación lumbosacra para reducir la morbilidad e inclusive, la mortalidad durante y después de estos procedimientos. En la población Mexicana no existen estudios que analicen las características morfométricas del sacro.

### Categoría 1. Agujeros sacros anteriores y posteriores

Los agujeros sacros, en especial los primeros 3 pares, son parte de un complejo de canales con forma de "Y", en don-

de el agujero sacro anterior representa el tallo de la "Y" y el agujero sacro posterior y el agujero intervertebral las dos ramas de la "Y". Su contenido corresponde a las raíces anteriores y posteriores de los nervios espinales sacros que abandonan el canal sacro a través de los agujeros intervertebrales. Las lesiones de los agujeros sacros son fácilmente ignoradas o confundidas y su identificación se basa, primordialmente, en el conocimiento de la anatomía normal de las estructuras que los conforman.<sup>10</sup>

En el presente estudio se encontró que los agujeros sacros anteriores y posteriores disminuyen su tamaño progresivamente en sentido distal, siendo esta característica más importante en los agujeros sacros posteriores. Con base en estas observaciones puede decirse que los agujeros sacros anteriores y posteriores tienen patrones de longitud y anchura similares entre sí.

### Categoría 2. Pedículos vertebrales y crestas intermedias

En nuestro estudio, la media de la longitud del pedículo fue superior a lo reportado en otros estudios realizados en otras poblaciones<sup>5-8,11,12</sup> (cuadro IV). La altura posterior del pedículo de S1 tiende a ser mayor que su altura anterior, lo que resulta importante al introducir los tornillos, ya que condiciona la angulación ideal que debe tomar el mismo, para evitar lesiones de la corteza pedicular.

**Cuadro III.** Mediciones lineales y angulares entre el punto de entrada del tornillo y puntos de referencia de la primera vértebra sacra (*Categoría 5*).

Categoría 5. Abordajes del pedículo en S1						
Mediciones lineales:						
Parámetro	Lado Izquierdo		Lado derecho		Valor promedio	
	Media (mm)	D.E. (mm)	Media (mm)	D.E. (mm)	Media (mm)	D.E. (mm)
S	49.82	± 3.88	50.34	± 3.49	50.08	± 3.72
T	50.33	± 4.37	51.06	± 3.41	50.57	± 3.93
Mediciones angulares:						
Parámetro	Lado Izquierdo		Lado derecho		Valor promedio	
	Media (grados)	D.E. (grados)	Media (grados)	D.E. (grados)	Media (grados)	D.E. (grados)
U	37.50	± 7.5	36.90	± 6.2	37.20	± 6.9
V	35.10	± 3.9	33.50	± 4.2	34.30	± 4.1
W	32.90	± 2.8	31.50	± 3.4	32.20	± 3.2
X	41.10	± 2.9	43.30	± 3.1	42.20	± 3.0
X1	19.70	± 3.7	20.50	± 3.2	20.10	± 3.3

Medias y desviaciones estándar (D.E.).

En la bibliografía existen pocos estudios que reporten la media de las crestas intermedias de S2 y S3.<sup>13</sup> En nuestro estudio observamos que la altura de las crestas intermedias disminuye en tamaño en sentido distal; esta característica es más pronunciada en la altura posterior de las crestas intermedias. La altura posterior de las crestas intermedias de S2 y S3 tiende a ser mayor que su altura anterior.

#### *Categoría 3. Cuerpos vertebrales y parámetros generales del sacro*

En nuestro estudio las distancias anteroposterior y horizontal de la superficie superior del cuerpo de la vértebra S1 muestran gran similitud a los obtenidos por Arman *et al.*<sup>6</sup>, en población Turca y Xu *et al.*,<sup>14</sup> en población China (cuadro V). La media de la altura de los cuerpos vertebrales de S1, S2 y S3 (parámetros O1-O3) disminuye en sentido distal. Ebraheim *et al.* (1997),<sup>8</sup> en un estudio morfométrico

exclusivo de S2, obtuvo un valor promedio de 25.00 mm para la altura de S2, resultado similar al obtenido en nuestro estudio (25.06 mm). En la bibliografía consultada no se encontró ninguna referencia a la altura del cuerpo vertebral de S3. La anchura y altura del sacro (parámetros Y-Z) obtuvieron las desviaciones estándar más altas en nuestro estudio, lo que demuestra la gran variabilidad existente en ambos parámetros entre los individuos.

#### *Categoría 4. Faceta articular superior de S1 y canal sacro*

La media de la altura y anchura de la faceta articular (parámetros P y P1) son muy cercanas, y su morfología es casi cuadrada. Arman *et al.*,<sup>6</sup> obtuvieron un valor promedio de 14.62 mm ± 1.83 para la altura y 16.37 mm ± 2.14 para la anchura de la faceta articular superior de S1, resultados inferiores respecto a la altura y casi idénticos en cuanto a la anchura.

Las dimensiones del canal sacro en su abertura superior (parámetros R y R1) fueron similares a lo reportado

**Cuadro IV.** Pedículo vertebral de la primera vértebra sacra.

Estudio/ Año/ Población	Longitud del pedículo de S1 (mm)	Altura anterior del pedículo de S1 (mm)	Altura posterior del pedículo de S1 (mm)
Esenkaya et al. 2003, <sup>11</sup> Turcos	24.00 ± 2.6	---	---
Okutan et al. 2003, <sup>5</sup> Indios	22.50 ± 2.6	---	---
Olmos et al. 2002, <sup>7</sup> Españoles	21.30 ± 2.6	---	---
Arman et al. 2009, <sup>6</sup> Turcos	24.65 ± 3.84	---	---
Esses et al. 1991, <sup>12</sup> EUA.	---	26.10	30.20
Ebraheim et al. 1997, <sup>8</sup> Europeos	---	22.70	23.07
Presente estudio, Mexicanos	25.00 ± 2.41	20.68 ± 3.40	24.64 ± 3.77

Valores promedio obtenidos en distintas poblaciones.

**Cuadro V.** Cuerpo vertebral de la primera vértebra sacra.

Estudio/ Año/ Población	Diámetro AP del cuerpo de S1 (mm)	Diámetro T del cuerpo S1 (mm)	Altura anterior del cuerpo de S1 (mm)
Arman et al. 2009, <sup>6</sup> Turcos	31.42 ± 2.83	49.40 ± 5.89	30.22 ± 2.35
Xu et al. 1995, <sup>14</sup> Chinos	30.50 H / 29.30 M	45.40 H / 41.70 M	28.90 H / 22.70 M
Presente estudio Mexicanos	31.93 ± 2.91	48.72 ± 4.64	31.11 ± 2.80

Valores promedio obtenidos en distintas poblaciones. **AP:** anteroposterior, **T:** transverso, **H:** hombres, **M:** mujeres.

tado por Arman *et al.*<sup>6</sup> y Xu *et al.*<sup>15</sup> reportó valores de  $21.81 \text{ mm} \pm 3.66$  y  $31.31 \text{ mm} \pm 3.16$  para el diámetro sagital y transversal, respectivamente, mientras que Xu *et al.*,<sup>15</sup> obtuvieron valores promedio de  $12.30 \text{ mm}$  para hombres y  $12.20 \text{ mm}$  para mujeres respecto al diámetro sagital así como de  $27.50 \text{ mm}$  para hombres y  $26.40 \text{ mm}$  para mujeres respecto al diámetro transversal. Reportaron que no existe una diferencia significativa en este parámetro respecto al sexo; en cuanto a la relación existente entre ambos parámetros podría afirmarse de manera general que el diámetro sagital corresponde a 50-70% del diámetro transversal del canal sacro en su abertura superior.

#### *Categoría 5. Abordajes del pedículo en S1*

Durante los procedimientos de fusión y fijación interna de la columna sacra, los abordajes se consideran seguros si: *a*) el tornillo se inserta correctamente en el punto de entrada; *b*) cuenta con la longitud apropiada, y *c*) tiene una angulación correcta. Los resultados de nuestro estudio amplían lo reportado en la bibliografía al incluir las mediciones en población Mexicana. En nuestro estudio, para la realización del abordaje anteromedial de S1, la longitud y angulación ideal del tornillo es de  $50.08 \text{ mm} \pm 3.72$  y  $34.30^\circ \pm 4.1$ , respectivamente, así como con un ángulo de  $42.20 \text{ mm} \pm 3.0$  respecto a la línea media. Los riesgos de colocar un tornillo sin considerar la longitud y el ángulo adecuado son: *a*) penetrar la cortical anterior de S1, *b*) invadir la pared medial de un agujero sacro anterior, *c*) lesionar el nervio espinal o alguna estructura vascular vecina, y *d*) lesionar el contenido del canal sacro.

## **Conclusiones**

La longitud del pedículo de S1 en población Mexicana fue mayor a las reportada en otros estudios. La altura anterior y posterior del pedículo de S1 fue de  $20.68 \text{ mm} \pm 3.40$  y  $24.64 \text{ mm} \pm 3.77$ , respectivamente; estos valores deben considerarse para elegir el tamaño del tornillo y colocarlo con menor riesgo de causar daño.

La altura anterior de los cuerpos vertebrales sacros disminuyó de tamaño en sentido distal. La media de las distancias anteroposterior y horizontal de la superficie superior del cuerpo de la vértebra S1 fue de  $31.93 \text{ mm} \pm 2.91$  y  $48.72 \text{ mm} \pm 4.64$ , respectivamente. La faceta articular superior de S1 tuvo una morfología cuadrada. El diámetro sagital del canal sacro corresponde entre 50 y 70% de su diámetro transversal.

En el abordaje anteromedial de S1 la longitud fue de  $50.08 \text{ mm} \pm 3.72$  con un ángulo respecto a la línea media de  $42.20^\circ \pm 3.0$  y un ángulo respecto a una línea imaginaria que cruza perpendicular a la superficie inferolateral de la faceta articular superior de S1 de  $34.30^\circ \pm 4.1$ .

Las características morfométricas del sacro en población mexicana obtenidas mediante medición directa en el presente estudio fueron muy similares a las proporcionadas por otros estudios realizados en otras poblaciones. Esta información debe considerarse como referencia, pero siempre debe evaluarse extensamente la anatomía vertebral mediante tomografía computada preoperatoria, para establecer un abordaje individualizado del paciente y así evitar posibles complicaciones posteriores.

## **Referencias**

1. Aggarwal A, Sahni D. Morphometry of the sacral hiatus and its clinical relevance in caudal epidural block. *Surg Radiol Anat* 2009;31:793-800.
2. Valencia-Anguita J, Juliá-Narváez M, Rodríguez-Burgos F, Ponce de León A. Sacroplastia como tratamiento del dolor en metástasis sacra. *Neurocirugía* 2007;18(3):247-249.
3. Kostuik JP. Spinopelvic fixation. *Neurology India* 2005;53(4):483-488.
4. Xu R, Ebraheim NA, Gove NK. Surgical Anatomy of the sacrum. *Am J Orthop* 2008;37(10):E177-E181.
5. Okutan O, Kaptanoglu E, Solaroglu I, Beskonakli E, Tekdemir I. Pedicle morphology of the first sacral vertebra. *Neuroanatomy* 2003;2:16-19.
6. Arman C, Naderi S, Kiray A, Aksu FT, Yilmaz HS, Tetik S, et al. The human sacrum and safe approaches for screw placement. *J Clin Neurosci* 2009;16(8):1046-1049.
7. Olmos MA, Villas Tomé C, Beguristain Gúrpide JL, Zubietta Zárraga JL. Morfometría vertebral en población española. *Rev Ortop Traumatol* 2002;2:158-164.
8. Ebraheim NA, Lu HJ, Yang H, Heck BE, Yeasting RA. Anatomical considerations of the second sacral vertebra and dorsal screw placement. *Surg Radiol Anat* 1997;19(6):353-357.
9. Gómez de la Riva A, Isla A, Pérez-López C, Ortega R, Fernández-Miranda JC, Heredero J. Causas de reintervención quirúrgica en pacientes con fijación lumbar intervenidos por estenosis de canal. *Neurocirugía* 2006;17:232-239.
10. Jackson H, Burke JT. The sacral foramina. *Skeletal Radiol* 1984;11(4):282-288.
11. Esenkaya I, Kavaklı A, Bulut H. Radiologic and Morphologic evaluation of the lateral sacral mass. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2003;37(4):330-339.
12. Esses SI, Botsford DJ, Huler RJ, Rauschning W. Surgical anatomy of the sacrum. A guide for rational screw fixation. *Spine* 1991;16(Suppl 6):S283-288.
13. Ebraheim NA, Xu R, Biyani A, Nadaud MC. Morphologic Considerations of the First Sacral Pedicle for Iliosacral Screw Placement. *Spine* 1997;22:841-846.
14. Xu R, Ebraheim NA, Yeasting RA, Wong FY, Jackson WT. Morphometric evaluation of the first sacral vertebra and the projection of its pedicle on the posterior aspect of the sacrum. *Spine* 1995;20(8):936-940.
15. Xu R, Ebraheim NA, Robke J, Huntoon M, Yeasting RA. Radiologic and Anatomic Evaluation of the Anterior Sacral Foramens and Nerve Grooves. *Spine* 1996;21(4):407-410.