

Đặc điểm hình thái cột sống - khung chậu của người Việt Nam và ứng dụng vào thực tiễn lâm sàng

Vũ Tam Trục^{1,2}, Hoàng Đức Thái², Nguyễn Thế Hanh¹

1. Bệnh viện Chấn thương Chỉnh hình, 2. Đại học Y Dược Thành phố Hồ Chí Minh

Địa chỉ liên hệ:

Vũ Tam Trục,
Bệnh viện Chấn thương Chỉnh hình
929 Trần Hưng Đạo, Phường Chợ
Quán, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 0938 240 384
Email: tamtruc240384@yahoo.com

Ngày nhận bài: 08/8/2025

Ngày chấp nhận đăng:
11/10/2025

Ngày xuất bản: 01/12/2025

Tóm tắt

Đặt vấn đề: Hiện nay, ngày càng có nhiều nghiên cứu trên thế giới khảo sát các chỉ số hình thái cột sống-khung chậu nhằm phục vụ cho phẫu thuật cột sống. Tại Việt Nam chưa có nhiều nghiên cứu tập trung vào lĩnh vực này, do đó mục tiêu của nhóm nghiên cứu là xác định các chỉ số hình thái của người Việt Nam trưởng thành và áp dụng vào phẫu thuật đặt dụng cụ hàn liên thân đốt cột sống.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: Có 100 tình nguyện viên (50 nam và 50 nữ) thuộc độ tuổi từ 20 đến 40 được chụp phim Xquang cột sống thắt lưng nghiêng tư thế đứng. Các chỉ số hình thái cột sống-khung chậu được xác định trên phim cột sống nghiêng. Mối tương quan tuyến tính giữa các chỉ số hình thái được phân tích bằng phần mềm STATA 16.

Kết quả: Giá trị trung bình của các chỉ số hình thái: PI là 46,9°, PT là 11,32°, SS là 35,64°, LL là 44,88°, PI-LL là 2,15°, DLL (góc ưỡn L4-S1) là 32,27°, PLL (góc ưỡn L1-L4) là 12,61°, góc nghiêng L4 là 3,98°, tỉ lệ phần trăm của DLL so với LL là 74,04%. Phương trình hồi quy của PI và LL là: $LL = 0.47 \times PI + 22.7^\circ$.

Kết luận: Các chỉ số hình thái cột sống- khung chậu của người Việt Nam trưởng thành tương đồng với các nước châu Á (Nhật, Hàn, Trung Quốc). Các chỉ số hình thái và sự phân bố độ ưỡn thắt lưng của người Việt Nam khác biệt so với các nước Âu-Mỹ, do đó khi áp dụng những khuyến cáo và phương pháp phẫu thuật từ những nghiên cứu của nước ngoài cần có sự cân nhắc và chọn lọc.

Từ khóa: đặc điểm hình thái cột sống- khung chậu, thẳng bằng trước-sau, góc tối xương chậu

Spinopelvic morphology of Vietnamese healthy individuals and its application in clinical practice

Vũ Tam Trục^{1,2}, Hoàng Đức Thái², Nguyễn Thế Hạnh¹

1. Hospital for Traumatology and Orthopedics, 2. University of Medicine and Pharmacy at Ho Chi Minh city

Abstract

Introduction: Currently, there are numerous studies around the world investigating spinopelvic morphology in order to optimize spinal surgery. In Vietnam, there are limited researches focusing on this field, and the objective of our team is to determine the morphological indices of Vietnamese adult and apply to spinal surgery.

Patients and Methods: There were 100 volunteers (50 men and 50 women) from 20 to 40 years old who underwent sagittal Xray of the lumbar spine in the standing position. Spinopelvic morphological parameters were determined. Correlations among morphological parameters were analyzed by using STATA 16 software.

Results: Mean values of spinopelvic morphological parameters: PI is 46.9°, PT is 11.32°, SS is 35.64°, LL is 44.88°, PI-LL is 2.15°, DLL (L4-S1 lordosis) is 32.27°, PLL (L1-L4 lordosis) is 12.61°, L4 tilt angle is 3.98°, the contribution of DLL to LL is 74.04%. The regression equation of PI and LL is: $LL = 0.47 \times PI + 22.7^\circ$.

Conclusion: Spinopelvic morphology of Vietnamese adults is similar to that of other Asian populations (Japan, Korea, China). The morphological parameters and the distribution of lumbar lordosis of Vietnamese people are different than those of European and American countries, therefore when applying recommendations and surgical techniques from western studies, consideration and selection is required.

Keywords: spinopelvic morphology, sagittal balance, pelvic incidence

Đặt vấn đề

Trải qua quá trình tiến hoá, con người là động vật duy nhất trên Trái Đất có thể duy trì dáng đứng thẳng trên hai chân trong mọi hoạt động sống của mình trừ lúc ngủ. Việc cột sống luôn ở tư thế đứng thẳng cũng khiến gia tăng nguy cơ thoái hoá cột sống theo tuổi, do đĩa đệm và các đốt sống thường xuyên phải chịu tác động đè nén bởi trọng lượng cơ thể và các vi chấn thương xuất hiện thường xuyên trong quá trình di chuyển, chạy nhảy hoặc đứng hoặc ngồi trong thời gian dài.

Mặt khác, so với các loài vật di chuyển bằng bốn chân, tư thế đứng của con người có mặt phẳng chân đế quá nhỏ so với chiều cao của trọng tâm cơ thể, khiến cơ thể luôn phải vận động để duy trì trạng thái cân bằng động và không té ngã. Các cơ chế tự điều chỉnh bao gồm sự gập hoặc duỗi khớp gối, khớp háng, tăng hoặc giảm độ lớn của các đường cong sinh lý cột sống (độ uốn cột sống thắt lưng và cột sống cổ, độ cong cột sống ngực). Sự tự điều chỉnh của cơ thể để duy trì một trạng thái cân bằng tối ưu và tiêu hao năng lượng ở mức tối thiểu theo thuyết hình nón năng lượng của Dubousset [1].

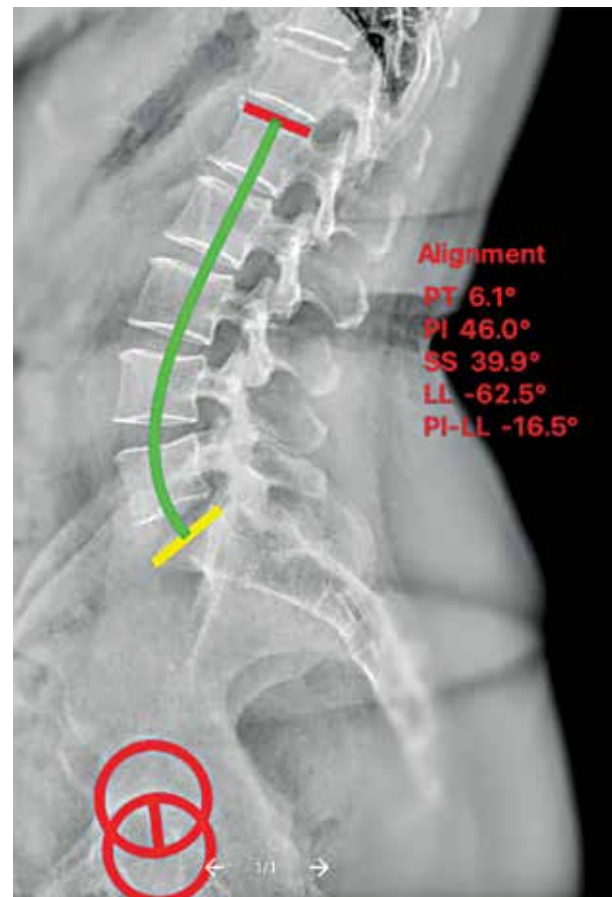
Gần đây, hàng loạt nghiên cứu hình thái cột sống-khung chậu đã được tiến hành trên những đối tượng thuộc các chủng tộc khác nhau bao gồm người da trắng châu Âu, người Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc, Ấn Độ, Châu Phi [2]. Kết quả các nghiên cứu cho thấy các chỉ số hình thái cột sống-khung chậu (PI,SS,LL,PT) có mối tương quan chặt chẽ với tuổi, giới và chủng tộc [2]. Hiện nay, tại Việt Nam chưa có nhiều nghiên cứu tập trung vào lĩnh vực này, do đó mục tiêu của nhóm nghiên cứu bao gồm: 1. xác định các chỉ số hình thái của người Việt Nam trưởng thành và 2. xác định các mối tương quan giữa các chỉ số này theo phân loại Roussouly về đa dạng hình thái cột sống

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Chúng tôi tiến hành nghiên cứu mô tả cắt ngang, địa điểm nghiên cứu là khoa Cột sống B Bệnh Viện Chấn Thương Chỉnh Hình. Đối tượng nghiên cứu là tình nguyện viên khỏe mạnh, không có bệnh lý cột sống thuộc độ tuổi 20-40 (nhân viên y tế và sinh viên đang thực tập tại khoa Cột sống B). Đối tượng nghiên cứu được chọn ngẫu nhiên theo dân tộc (dân tộc Kinh, dân tộc Hoa, dân tộc Khmer v.v...) nhằm mang tính đại diện cho người Việt Nam. Tình nguyện viên khi đồng ý tham gia nghiên cứu sẽ được chụp Xquang kỹ thuật số toàn bộ cột sống thắt lưng ở bình diện nghiêng, tư thế đứng thẳng, tư thế tay để gấp bàn tay để lên xương đòn nhằm tránh che khuất vùng cột sống thắt lưng, với khoảng cách từ đầu đèn đến chủ thể được chuẩn hoá (khoảng cách là 3 mét). Phim đạt tiêu chuẩn cần thỏa mãn hai điều kiện: 1. phim hiển thị đủ tấm cùng trên của đốt sống L1 cho đến toàn bộ hai chỏm xương đùi; 2. cường độ tia và độ tương phản đủ để xác định tấm cùng S1 và hai chỏm xương đùi.

Chúng tôi xác định các thông số hình thái của khung chậu-cột sống thắt lưng (hình 1): 1.góc tới xương chậu (Pelvic incidence-PI); 2. góc nghiêng chậu (Pelvic tilt-PT); 3.góc nghiêng xương cùng (Sacral slope-SS); 4. góc ưỡn thắt lưng (Lumbar lordosis-LL); 5. góc ưỡn thắt lưng cao (Proximal lumbar lordosis- PLL): là góc ưỡn tạo bởi đốt sống

L1 và L3, 6. góc ưỡn thắt lưng thấp (Distal lumbar lordosis- DLL): là góc ưỡn tạo bởi đốt sống L4 và S1. Phân loại hình thái cột sống của các tình nguyện viên dựa trên phân loại Roussouly.



Hình 1. Phim chụp cột sống thắt lưng của tình nguyện viên và các thông số hình thái khung chậu-cột sống thắt lưng

Các số liệu được trình bày dưới dạng trị số trung bình độ lệch chuẩn (với ngưỡng tin cậy 95%). So sánh các trị số đo đặc với các nghiên cứu khác bằng phép kiểm T, với $p < 0,05$ có ý nghĩa thống kê. Số liệu được thu thập và xử lý bằng phần mềm Stata 16.0.

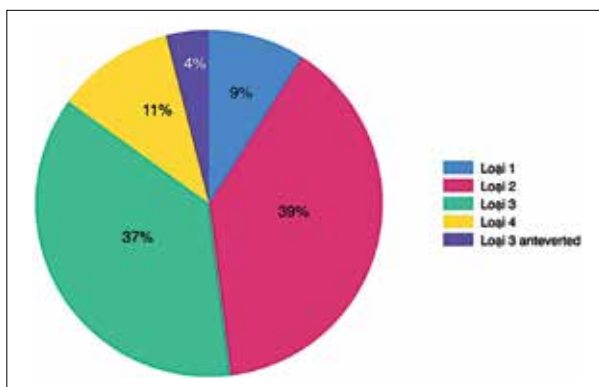
Kết quả

Có 100 tình nguyện viên (độ tuổi từ 20 đến 40) được khảo sát trong nghiên cứu của chúng tôi và kết quả nghiên cứu được thể hiện qua bảng 1.

Bảng 1. Thông tin chung và các chỉ số hình thái-khung chậu

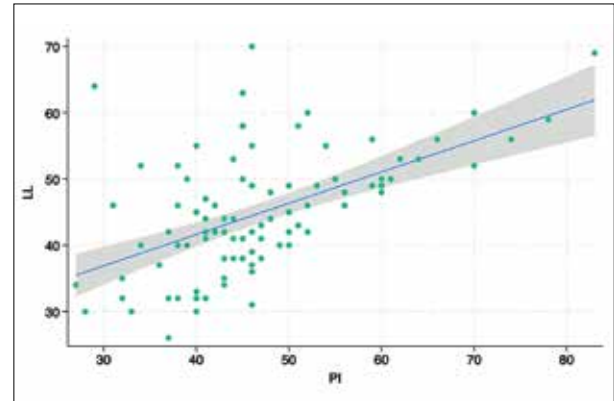
Thông số	Giá trị Trung bình (KTC 95%)
Thông tin chung	
Tổng số tình nguyện viên	100
Tỉ lệ nam/nữ	1/1
Tuổi	27,52 (26,39 – 28,64)
Chiều cao (mét)	1,64 (1,62 – 1,65)
Cân nặng (ki-lô-gram)	58,15 (56,52 – 59,79)
Chỉ số hình thái	
PI	46,9 (44,88 – 49,01)
PT	11,32 (9,96 – 12,62)
SS	35,64 (34,13 – 37,14)
LL	44,88 (43,11 – 46,65)
Sai biệt PI – LL	2,15 (0,27 – 4,02)
DLL	32,27 (31,15 – 33,39)
PLL	12,61 (11,02 – 14,19)
Tỉ lệ phần trăm góc L4-S1	74,04 (70,80 – 77,28)
Góc nghiêng tấm cùng L4	3,98 (2,52 – 5,44)
BMI*	21,67 (21,31 – 22,32)

Kết quả phân bố tình nguyện viên theo hình dạng cột sống theo phân loại Roussouly được thể hiện qua biểu đồ 1.



Biểu đồ 1. Tỉ lệ phân bố theo phân loại hình dáng cột sống của Roussouly

Kiểm định tương quan giữa PI và chiều cao cho thấy PI tương quan thuận với độ ưỡn LL, mức độ tương quan trung bình (biểu đồ 2.)



Biểu đồ 2. Mối tương quan giữa PI và LL

Phương trình tuyến tính mối tương quan giữa LL và PI: $LL = 0.47^\circ \times PI + 22.7^\circ$

Bàn luận

Thăng bằng của cơ thể trong không gian là một vấn đề được tập trung nghiên cứu trong khoảng hai thập niên gần đây, đặc biệt khi phẫu thuật thay khớp và đặt dụng cụ cố định cột sống phát triển mạnh trong khoảng thời gian này. Nghiên cứu của Im (2021) cho thấy việc đặt dụng cụ cột sống lỗi sau dễ dẫn đến các biến dạng cột sống do thoái hoá nếu không tham khảo các chỉ số hình thái vùng cột sống-khung chậu có thể dẫn đến nguy cơ mất cân bằng không đủ hoặc mất cân bằng quá mức, dẫn đến các biến chứng như hội chứng tần kế cận và/hoặc gù vùng chuyển tiếp. Mặt khác, việc hiểu rõ các đặc tính hình thái vùng cột sống-khung chậu không chỉ giúp ích cho phẫu thuật cột sống mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc lập kế hoạch phẫu thuật thay khớp háng và phòng tránh những biến chứng liên quan đến phẫu thuật thay khớp háng trong tương lai.

Trong các chỉ số hình thái cột sống-khung chậu, chỉ số PI được xem là nền tảng quyết định gần như toàn bộ các chỉ số còn lại (PT, SS, LL, TK, SVA...) [3, 4]. Trước đây, các tác giả cho rằng phức hợp khung chậu-xương cùng sẽ phát triển theo quá trình

phát triển cột sống của con người, dẫn đến việc PI sẽ thay đổi dần theo thời gian [5]. Tuy nhiên, Choufani đã nghiên cứu chụp MRI 45 thai nhi từ 23 đến 40 tuần tuổi và kết luận rằng góc PI đã hiện diện từ thời điểm thai nhi, và tác giả kết luận góc PI là một chỉ số chịu tác động của nhiều yếu tố, nhưng yếu tố di truyền đóng vai trò quan trọng bậc nhất [6]. Luận điểm này càng được củng cố khi các nghiên cứu hình thái phức hợp cột sống-khung chậu cho thấy sự khác biệt của chỉ số PI giữa các chủng tộc có ý nghĩa thống kê [7]. Cụ thể, chỉ số PI ở người da trắng có giá trị cao nhất, đến người châu Phi và châu Á có chỉ số PI nhỏ nhất [2]. Chỉ số PI trung bình cao hay thấp sẽ ảnh hưởng đến góc nghiêng chậu (PT), độ dốc xương cùng (SS), độ uốn cột sống thắt lưng (LL) và đỉnh đường cong thắt lưng, vị trí điểm uốn giữa đoạn cột sống uốn và còng, góc còng cột sống ngực (TK), từ đó ảnh hưởng đến toàn bộ hình dạng cột sống [8].

Roussouly và cộng sự phân loại hình dạng cột sống dựa trên góc SS và góc PI và phân làm 4 loại chính: 1. loại 1 có SS nhỏ dưới 35° và PI dưới 45° , LL tập trung ở L4-S1, có điểm uốn nằm ở dưới L1; 2. loại 2 có SS nhỏ dưới 35° và PI dưới 45° , LL phân bố đều từ L1-S1, điểm uốn ngang mức T12-L1; loại 3 có SS từ $35-45^\circ$, PI từ $45-60^\circ$, có điểm uốn nằm ở mức T12-L1; loại 4 có SS lớn hơn 45° và PI lớn hơn 60° [9]. Các nghiên cứu cho thấy hình dạng cột sống theo phân loại Roussouly có ảnh hưởng trực tiếp lên nguy cơ thoái hoá và các bệnh lý cột sống khác [10]. Cụ thể, loại 1 Roussouly có nguy cơ thoái hoá và thoát vị đĩa đệm ở vùng bản lề ngực thắt lưng (từ T11 đến L2) do cột sống đoạn này có xu hướng còng nhiều hơn các loại khác [11]. Loại 2 Roussouly còn được gọi là hội chứng lưng phẳng (flat back syndrome), có độ uốn LL rất nhỏ và do đó gần như toàn bộ sức nặng cơ thể được chuyển tải lên đĩa đệm và các tấm cùng, do đó toàn bộ các đĩa đệm và hai tấm cùng cột sống thắt lưng sẽ bị thoái hoá rất sớm [10]. Nghiên cứu của Shen (2024) cho thấy dân châu Á có PI trung bình thấp và tỉ lệ loại 1 và 2 cao so với dân châu Âu, dẫn đến nguy cơ thoái hoá cột sống và đĩa đệm sớm hơn [12]. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy loại 2 Roussouly chiếm tỉ

lệ cao nhất (39%). Loại 4 Roussouly có PI lớn, dẫn đến LL cũng lớn và điểm uốn cao (ở phía trên của đốt sống T12). Loại 4 có PI lớn (trên 60°) và SS lớn (trên 45°) dẫn đến tăng nguy cơ trượt cột sống hơn các phân loại khác theo Roussouly [10]. Phân loại 3 theo Roussouly là loại tối ưu nhất về khả năng phân bố lực nén lên cột trước và cột sau, do đó các nguy cơ bệnh lý cột sống (thoái hoá, trượt đốt sống, thoát vị đĩa đệm, hẹp ống sống) là thấp nhất so với các phân loại khác. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy loại 3 Roussouly chiếm tỉ lệ cao thứ nhì sau loại 2 (37% so với 39%).

Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến PI, ngoài sự khác biệt về chủng tộc và giới, chiều cao không phải là yếu tố ảnh hưởng đến PI. Các nghiên cứu nước ngoài cho thấy PI chủ yếu liên quan đến độ rộng của khung chậu theo chiều trước sau, do đó trong cùng một chủng tộc, PI ở giới nữ lớn hơn ở giới nam và sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cũng tương đồng với các nghiên cứu khác, khi cho thấy không có mối tương quan giữa chiều cao các tình nguyện viên và PI tương ứng. Khảo sát các yếu tố chịu sự ảnh hưởng của PI, các nghiên cứu nước ngoài đều cho thấy PI và LL có mối tương quan tuyến tính mức độ từ trung bình đến mạnh. Điều này tương đồng với kết quả nghiên cứu của chúng tôi, khi chứng minh được PI tương quan mạnh với LL theo công thức $LL = 0.47 \times PI + 22.7$. Tuy nhiên, khi nhìn vào phương trình tuyến tính của các chủng tộc khác nhau có thể thấy có sự khác biệt đáng kể, cụ thể nhóm nghiên cứu Cột sống Châu Âu đã tính được phương trình tuyến tính của mối tương quan giữa PI và LL là: $LL = 0.62 \times PI + 29$ [13]. Gần đây, các nghiên cứu còn tập trung chi tiết hơn về thành phần nào của đoạn cột sống thắt lưng từ L1 đến S1 đóng vai trò chủ chốt trong mối tương quan với PI [14]. Cụ thể, các tác giả phân chia đoạn cột sống thắt lưng thành đoạn cột sống thắt lưng cao (được tính từ tấm cùng trên của L1 đến tấm cùng trên của L4) và đoạn cột sống thắt lưng thấp (được tính từ tấm cùng trên của L1 đến tấm cùng của S1). Các nghiên cứu cho thấy độ uốn của cột sống thắt lưng thấp (DLL) có giá trị khá

ổn định và không thay đổi theo PI và LL. Điều này dẫn đến việc ở những người có LL nhỏ, DLL sẽ có tỉ trọng cao (68%) trong khi ở những người có LL lớn thì DLL sẽ có tỉ trọng thấp hơn (54%). Sự khác biệt của góc uốn LL chủ yếu do góc uốn của đoạn cột sống cao (PLL), và mối tương quan giữa PI và LL thực chất là từ mối tương quan tuyến tính giữa PI và PLL, trong khi giữa PI và DLL không có bất kỳ sự tương quan nào. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi hoàn toàn trùng khớp với những nhận định trên, khi cho thấy giữa PI và DLL không hề tương quan, và với sự biến thiên khá rộng của PI (46,9 (44,88 – 49,01)), DLL chỉ dao động ít quanh giá trị trung bình với khoảng tin cậy 95% rất hẹp ($32,27^\circ$ ($31,15^\circ$ – $33,39^\circ$)). Tỉ trọng của DLL theo nghiên cứu của chúng tôi là 72%, tương đương với tỉ trọng DLL trong nhóm có PI nhỏ theo kết quả nghiên cứu của tác giả Pesenti (68%). Kết quả này có tính ứng dụng cao trong thực hành lâm sàng, khi hơn 90% các phẫu thuật đặt dụng cụ hoặc thay đĩa đệm tập trung ở hai tầng L4-5 và L5-S1. Theo nghiên cứu của chúng tôi, góc uốn của phân đoạn L4-S1 là 32° , và đây là giá trị cần đạt được khi phẫu thuật hàn xương liên thân đốt ở vị trí này. Trên thực tế, độ uốn này không dễ dàng đạt được, nhất là khi người bệnh có tình trạng thoái hoá đĩa đệm nặng gây mất độ uốn phân đoạn L4-5 và L5-S1. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh nếu phẫu thuật hàn xương liên thân đốt không khôi phục độ uốn sinh lý của phân đoạn cột sống phẫu thuật sẽ làm tăng nguy cơ hội chứng tăng kể cận theo thời gian.

Một chỉ số hình thái khác được các tá giả quan tâm đó là góc nghiêng tấm cùng L4, là góc tạo bởi tấm cùng trên L4 và mặt đất, với điều kiện phim chụp cột sống ở tư thế đứng thẳng, góc này có giá trị đại số và mang giá trị dương khi tấm cùng L4 nghiêng về phía trước và mang giá trị âm khi nghiêng về phía sau. Các nghiên cứu cho thấy trong hầu hết các trường hợp, tấm cùng L4 gần như song song mặt đất [15], ghi nhận này tương đồng với các nghiên cứu của chúng tôi, khi góc nghiêng tấm cùng L4 của chúng tôi có giá trị trung bình và khoảng tin cậy 95% là $3,98^\circ$ ($2,52^\circ$ – $5,44^\circ$). Đây là một cách

xác định nhanh trong thực hành lâm sàng, khi chỉ cần nhìn kết quả phim chụp nghiêng cột sống ngay sau mổ là phẫu thuật viên có thể dự đoán nguy cơ hội chứng tăng kể cận trong tương lai, khi ước lượng góc nghiêng tấm cùng L4 sau mổ. Ngược lại, nếu sau mổ góc nghiêng tấm cùng L4 có giá trị âm, nghĩa là tấm cùng L4 nghiêng ra phía sau thì có nghĩa là phẫu thuật viên đã nắn chỉnh khôi phục độ uốn phân đoạn phẫu thuật quá mức, và cũng sẽ làm gia tăng nguy cơ hội chứng tăng kể cận trong tương lai.

Kết luận

Các chỉ số hình thái khung chậu của người Việt Nam trưởng thành tương đồng với các nước châu Á (Nhật, Hàn, Trung Quốc). Các chỉ số hình thái và sự phân bố độ uốn thất lũng của người Việt Nam khác biệt so với các nước Âu-Mỹ, do đó khi áp dụng những khuyến cáo và phương pháp phẫu thuật từ những nghiên cứu của nước ngoài cần có sự cân nhắc và chọn lọc.

Tài liệu tham khảo

1. Hasegawa K, Dubousset JF. Cone of Economy with the Chain of Balance-Historical Perspective and Proof of Concept. *Spine Surg Relat Res.* 2022;6(4):337-49.
2. Arima H. Differences in lumbar and pelvic parameters among African American, Caucasian and Asian populations. *Euro Spine Journal.* 2018;27(12):2990-8.
3. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, Nicolas P. Pelvic parameters: origin and significance. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):564-71.
4. Schenk P, Jacobi A, Graebisch C, Mendel T, Hofmann GO, Ullrich BW. Impact of Spino-Pelvic Parameters on the Prediction of Lumbar and Thoraco-Lumbar Segment Angles in the Supine Position. *J Pers Med.* 2022;12(12).
5. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J.* 2002;11(1):80-7.
6. Choufani E, Jouve JL, Pomero V, Adalian P, Chaumoitre K, Panuel M. Lumbosacral lordosis in fetal spine: genetic or mechanic parameter. *Eur Spine J.* 2009;18(9):1342-8.
7. Merrill RK, Kim JS, Leven DM, Kim JH, Meaie JJ, Bronheim RS, et al. Differences in Fundamental Sagittal Pelvic Parameters Based on Age, Sex, and Race. *Clin Spine Surg.* 2018;31(2):E109-E14.

8. Wang J, Zhang Q, Liu F, Yuan H, Zhang Y, Wang X, et al. Predicting the ideal apex of lumbar lordosis based on individual pelvic incidence and inflection point in asymptomatic adults. *Front Surg*. 2022;9:912357.
9. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(3):346-53.
10. Zhao B. Association Between Roussouly Classification and Characteristics of Lumbar Degeneration. *World Neurosurg*. 2022;2022 Jul:163:e565-e572.
11. Bac J, Lee SH, Shin SH, Seo JS, Kim KH, Jang JS. Radiological analysis of upper lumbar disc herniation and spinopelvic sagittal alignment. *Eur Spine J*. 2016;25(5):1382-8.
12. Shen Y, Sardar ZM, Malka M, Katiyar P, Greisberg G, Hassan F, et al. Characteristics of Spinal Morphology According to the “Current” and “Theoretical” Roussouly Classification Systems in a Diverse, Asymptomatic Cohort: Multi-Ethnic Alignment Normative Study (MEANS). *Global Spine J*. 2024;21925682241235611.
13. Hyun SJ, Han S, Kim YB, Kim YJ, Kang GB, Cheong JY. Predictive formula of ideal lumbar lordosis and lower lumbar lordosis determined by individual pelvic incidence in asymptomatic elderly population. *Eur Spine J*. 2019;28(9):1906-13.
14. Pesenti S, Lafage R, Stein D, Elysee JC, Lenke LG, Schwab FJ, et al. The Amount of Proximal Lumbar Lordosis Is Related to Pelvic Incidence. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(8):1603-11.
15. Iplikcioglu AC, Karabag H. L1 slope: an overlooked spinal parameter. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2024;144(5):2077-83.