

ASSESSMENT OF FEMORAL AND TIBIAL TUNNEL POSITIONS AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION USING 3D COMPUTED TOMOGRAPHY

Nguyen Ba Son^{1,2*}, Ngo Xuan Tuan¹, Nguyen Anh Quan¹, Nguyen Tuan Anh¹

¹Phenikaa University Hospital - Group 5 Hoe Thi, Xuan Phuong ward, Hanoi, Vietnam

²School of Medicine and Pharmacy, Phenikaa University - Nguyen Trac street, Duong Noi ward, Hanoi, Vietnam

Received: 15/04/2026

Revised: 17/05/2026; Accepted: 25/06/2026

ABSTRACT

Objective: To quantitatively describe femoral and tibial tunnel positions after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using 3D computed tomography (3D CT).

Subjects and methods: A cross-sectional descriptive study was conducted on 34 patients undergoing primary ACL reconstruction using the All-inside technique. Postoperative 3D CT images were used to identify tunnel center positions. The femoral tunnel position was measured using the quadrant method with depth (t%) and height (h%) coordinates, while the tibial tunnel was evaluated using anterior-posterior (AP%) and medial-lateral (ML%) coordinates. Measured values were compared with published anatomical references.

Results: The mean femoral tunnel position was $31.1 \pm 0.7\%$ (t%) and $35.5 \pm 1.4\%$ (h%). Both were within the anatomical range but showed statistically significant differences from reference values ($p < 0.05$). The mean tibial tunnel position was $41.4 \pm 1.2\%$ (AP) and $47.9 \pm 0.5\%$ (ML), also within the anatomical range. The AP coordinate showed no significant difference ($p = 0.393$), while the ML coordinate differed significantly ($p < 0.001$). The proportion of tunnels within the anatomical footprint was 52.9% for the femur and 82.4% for the tibia. Femoral tunnel deviations were mainly anterior (23.5%) and inferior (23.5%), while tibial tunnel deviations were mainly medial (11.8%) and posterior (5.9%).

Conclusion: Most tunnels were located within the anatomical footprint, but a notable proportion, especially in the femur, did not reach the optimal position. These findings suggest that reliance on anatomical landmarks alone may not ensure accuracy, and adjustments in tunnel positioning technique are needed. 3D CT provides quantitative assessment and may improve accuracy in anatomical ACL reconstruction.

Keywords: ACL reconstruction, 3D CT, tunnel position, femur, tibia, anatomical footprint.

*Corresponding author

Email: son.nguyenba@phenikaa-uni.edu.vn Phone: (+84) 987572858 DOI: 10.52163/yhc.v67iCD8.5658



NHẬN XÉT VỊ TRÍ ĐƯỜNG HÀM XƯƠNG ĐÙI VÀ XƯƠNG CHÀY SAU TÁI TẠO DÂY CHẴNG CHÉO TRƯỚC BẰNG CHỤP CẮT LỚP VI TÍNH 3D

Nguyễn Bá Sơn^{1,2*}, Ngô Xuân Tuấn¹, Nguyễn Anh Quân¹, Nguyễn Tuấn Anh¹

¹Bệnh viện Đại học Phenikaa - Tổ 5 Hòe Thị, phường Xuân Phương, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Y Dược, Đại học Phenikaa - phố Nguyễn Văn Trác, phường Dương Nội, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài: 15/04/2026

Ngày chỉnh sửa: 17/05/2026; Ngày duyệt đăng: 25/06/2026

TÓM TẮT

Mục tiêu: Nhận xét vị trí đường hầm xương đùi và xương chày sau phẫu thuật tái tạo dây chằng chéo trước (ACL) bằng chụp cắt lớp vi tính dựng hình 3 chiều (CT 3D).

Đối tượng và phương pháp: Nghiên cứu mô tả cắt ngang trên 34 bệnh nhân được phẫu thuật tái tạo ACL lần đầu bằng kỹ thuật All-inside. Hình ảnh CT 3D sau mổ được sử dụng để xác định vị trí trung tâm đường hầm. Vị trí đường hầm xương đùi được đo theo phương pháp Quadrant với tọa độ độ sâu (t%) và chiều cao (h%), trong khi đường hầm xương chày được đánh giá theo tọa độ trước-sau (AP%) và trong-ngoài (ML%). Các giá trị đo được được so sánh với vùng bám giải phẫu đã được công bố.

Kết quả: Vị trí trung bình của đường hầm xương đùi là $31,1 \pm 0,7\%$ (t%) và $35,5 \pm 1,4\%$ (h%), đều nằm trong vùng giải phẫu, nhưng khác biệt có ý nghĩa thống kê so với giá trị tham chiếu ($p < 0,05$). Vị trí trung bình của đường hầm xương chày là $41,4 \pm 1,2\%$ (AP) và $47,9 \pm 0,5\%$ (ML), cũng nằm trong vùng giải phẫu, trong đó chỉ số AP không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p = 0,393$), trong khi ML có khác biệt ($p < 0,001$). Tỷ lệ đường hầm nằm đúng vị trí giải phẫu là 52,9% đối với xương đùi và 82,4% đối với xương chày. Sai lệch ở đường hầm xương đùi chủ yếu theo hướng ra trước (23,5%) và xuống dưới (23,5%), trong khi sai lệch đường hầm xương chày chủ yếu theo hướng vào trong (11,8%) và ra sau (5,9%).

Kết luận: Mặc dù phần lớn các đường hầm nằm trong vùng bám giải phẫu, vẫn tồn tại một tỷ lệ đáng kể, đặc biệt ở xương đùi chưa đạt vị trí tối ưu. Kết quả này cho thấy việc chỉ dựa vào các mốc giải phẫu trong phẫu thuật có thể chưa đủ để đảm bảo độ chính xác, và cần có sự điều chỉnh trong kỹ thuật định vị đường hầm. CT 3D là công cụ có giá trị trong đánh giá định lượng và có thể góp phần cải thiện độ chính xác trong tái tạo ACL theo giải phẫu.

Từ khóa: Tái tạo ACL, CT 3D, vị trí đường hầm, xương đùi, xương chày, vùng bám giải phẫu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tái tạo dây chằng chéo trước (anterior cruciate ligament - ACL) là một trong những phẫu thuật thường quy trong chấn thương chỉnh hình, trong đó việc định vị chính xác các đường hầm xương đùi và xương chày theo giải phẫu giữ vai trò then chốt để phục hồi chức năng và sinh cơ học khớp gối. Sai lệch vị trí đường hầm có thể làm thay đổi hướng mảnh ghép, ảnh hưởng đến phân bố lực và làm tăng nguy cơ thất bại về mặt kỹ thuật. Dữ liệu từ nghiên cứu đa trung tâm ghi nhận khoảng 80% các trường hợp thất bại liên quan đến sai vị trí đường hầm xương đùi và 37% liên quan đến đường hầm xương chày [1], cho thấy đây vẫn là vấn đề còn tồn tại trong thực hành lâm sàng.

Trong đánh giá sau mổ, chụp cắt lớp vi tính dựng hình 3 chiều (CT 3D) được xem là phương pháp có độ tin cậy cao nhờ khả năng tái tạo hình ảnh theo đúng các mặt phẳng giải phẫu [2]. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện nay chủ yếu dừng ở mô tả định tính hoặc sử dụng các hệ đo lường riêng lẻ cho từng đầu xương. Dữ liệu định lượng về vị trí trung tâm đường hầm dựa trên các lát cắt chuẩn hóa, đặc biệt khi áp dụng đồng thời một hệ tọa độ giải phẫu cho cả

xương đùi và xương chày, vẫn còn hạn chế. Điều này đặt ra câu hỏi liệu vị trí đường hầm trong thực hành hiện nay có thực sự nằm trong vùng bám giải phẫu hay không, và mức độ sai lệch nếu có phân bố theo hướng nào.

Từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định và mô tả định lượng vị trí đường hầm xương đùi và xương chày trên hình ảnh CT 3D tại mức lồi cầu đùi và mâm chày, sử dụng hệ lưới tọa độ giải phẫu chuẩn hóa, đồng thời so sánh với các giá trị tham chiếu đã được công bố.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

34 bệnh nhân được phẫu thuật nội soi tái tạo ACL tại Bệnh viện Đại học Phenikaa từ tháng 6-12 năm 2025.

- *Tiêu chuẩn lựa chọn:* bệnh nhân được phẫu thuật tái tạo ACL lần đầu, có phim CT 3D khớp gối sau mổ đủ chất lượng để phân tích, hình ảnh cho phép tái tạo lát cắt chuẩn lồi cầu đùi và mâm chày.

*Tác giả liên hệ

Email: son.nguyenba@phenikaa-uni.edu.vn Điện thoại: (+84) 987572858 DOI: 10.52163/yhc.v67iCD8.5658

- *Tiêu chuẩn loại trừ*: hình ảnh không đạt yêu cầu hoặc không xác định được đầy đủ các mốc giải phẫu cần thiết.

2.2. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu mô tả cắt ngang.

2.3. Biến số nghiên cứu

Vị trí trung điểm đường hầm xương đùi: tọa độ độ sâu (t%) theo phương song song đường Blumensaat, tọa độ chiều cao (h%) theo phương vuông góc đường Blumensaat. Vị trí trung điểm đường hầm xương chày: tọa độ trước-sau (AP%), tọa độ trong-ngoài (ML%).

2.4. Xử lý và phân tích số liệu

Số liệu hình ảnh CT 3D được xử lý và đo đạc bằng phần mềm Radiant DICOM Viewer. Dữ liệu thu thập được nhập và phân tích bằng phần mềm SPSS 22.0

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Các bệnh nhân đều được phẫu thuật tái tạo ACL một bó lần đầu bằng mảnh ghép gân chân gối theo phương pháp All-inside tại Bệnh viện Đại học Phenikaa.

Bảng 1. Vị trí đường hầm xương đùi trên CT 3D

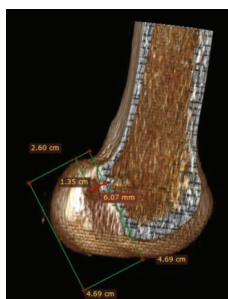
Thông số	Kết quả	Vùng bám giải phẫu	p
t%	31,1 ± 0,7	28-43%	0,000
h%	35,5 ± 1,4	24-37%	0,001

Vùng bám giải phẫu lý tưởng cho vị trí tâm đường hầm xương đùi được xác định là từ 28-43% theo hướng từ cao xuống thấp và từ 24-37% theo hướng từ sâu ra nông [3]. Giá trị trung bình t% (31,1 ± 0,7) và h% (35,5 ± 1,4) đều nằm trong vùng giải phẫu nhưng có sự dịch chuyển nhẹ so với giá trị tham chiếu.

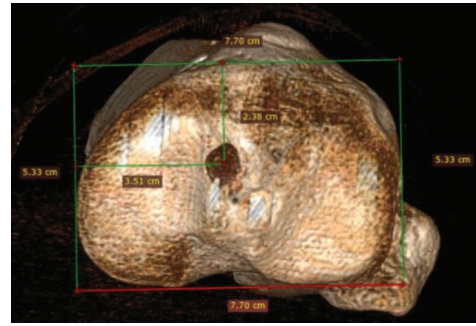
Bảng 2. Vị trí đường hầm xương chày trên CT 3D

Thông số	Kết quả	Vùng bám giải phẫu	p
AP trước-sau (%)	41,4 ± 1,2	30-55	0,393
ML trong-ngoài (%)	47,9 ± 0,5	40-51	0,000

Vùng bám giải phẫu lý tưởng cho vị trí tâm đường hầm xương chày được xác định là từ 30-55% theo hướng từ trước ra sau và từ 40-52% theo hướng từ trong ra ngoài [4]. Giá trị AP (41,4 ± 1,2%) và ML (47,9 ± 0,5%) đều nằm trong vùng giải phẫu. So với các giá trị tham chiếu, tọa độ AP tương đối phù hợp, trong khi tọa độ ML có xu hướng lệch nhẹ về phía trung tâm vùng bám.



Hình 1. Đo vị trí đường hầm xương đùi trên hình ảnh CT 3D



Hình 2. Đo vị trí đường hầm xương chày trên hình ảnh CT 3D

Bảng 3. Phân bố vị trí đường hầm xương đùi (n = 34)

Vị trí	Số lượng (n)	Tỷ lệ (%)
Đúng vị trí giải phẫu	18	52,9
Lệch trước	8	23,5
Lệch sau	0	0
Lệch trên	0	0
Lệch dưới	8	23,5

Phần lớn đường hầm xương đùi nằm đúng vị trí giải phẫu (52,9%), tỷ lệ lệch trước và lệch dưới đều là 23,5%, không ghi nhận lệch sau và lệch trên.

Bảng 4. Phân bố vị trí đường hầm xương chày (n = 34)

Vị trí	Số lượng (n)	Tỷ lệ (%)
Đúng vị trí giải phẫu	28	82,4
Lệch trước	0	0
Lệch sau	2	5,9
Lệch ngoài	0	0
Lệch trong	4	11,8

82,4% đường hầm xương chày nằm đúng vị trí giải phẫu. Lệch vị trí gặp chủ yếu theo hướng trong (11,8%) và sau (5,9%), không ghi nhận lệch trước và lệch ngoài.

4. BÀN LUẬN

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy rằng, mặc dù phần lớn các đường hầm sau tái tạo ACL nằm trong vùng bám giải phẫu, vẫn tồn tại một tỷ lệ sai lệch đáng kể so với vị trí lý tưởng. Nhận định này phù hợp với quan điểm chung trong y văn rằng việc tái tạo chính xác vị trí giải phẫu của ACL vẫn là một thách thức, ngay cả đối với các phẫu thuật viên có kinh nghiệm [5].

Các số liệu đo trên CT 3D cho thấy vị trí trung tâm đường hầm có xu hướng tập trung quanh vùng bám giải phẫu, tuy nhiên vẫn ghi nhận sự phân tán tương đối lớn. Điều này cho thấy việc dựa hoàn toàn vào các mốc giải phẫu trong phẫu thuật nội soi có thể chưa đủ để đảm bảo độ chính xác tối ưu.

Trong nghiên cứu của chúng tôi, vị trí trung bình của đường hầm xương đùi đạt 31,1% theo trục trước-sau (t%) và 35,5% theo trục cao-thấp (h%), nằm trong vùng giải phẫu đã được mô tả. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước đó. Trong tổng quan hệ thống của Xu H và cộng sự, vị trí trung tâm vùng bám giải phẫu của ACL được xác định khoảng 28,4% (t%) và 35,7% (h%) rất gần với kết quả của chúng tôi, cho thấy độ chính xác chấp nhận được của kỹ thuật đặt đường hầm [6]. Kết quả gần tương tự như nghiên cứu của Lee S.S và cộng sự cũng ghi nhận vị trí đường hầm xương đùi với giá trị trung bình khoảng 29,6% (t%) và 33,3% (h%) [7].

Vị trí đường hầm, đặc biệt ở xương đùi, được xem là yếu tố then chốt quyết định kết quả của phẫu thuật tái tạo ACL. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy tỷ lệ đặt lệch vị trí giải phẫu vẫn còn cao, phản ánh những khó khăn trong thực

hành lâm sàng [8]. Trong phẫu thuật nội soi, việc xác định vị trí khoan chủ yếu dựa vào các mốc như gờ liên lồi cầu ngoài và bờ sụn phía sau của lồi cầu ngoài. Về mặt lý thuyết, các mốc này giúp xác định giới hạn trước-sau cũng như trung tâm vùng bám, đặc biệt tại vị trí giữa hai bó chức năng trước trong và sau ngoài. Tuy nhiên, trên thực tế, việc nhận diện các cấu trúc này không phải lúc nào cũng rõ ràng. Gờ liên lồi cầu ngoài có thể không điển hình hoặc khó quan sát; gờ phân chia hai bó thường mờ hoặc không xác định được, nhất là trong các trường hợp tổn thương mạn tính hoặc biến đổi giải phẫu. Bên cạnh đó, các yếu tố kỹ thuật như góc gấp gối, hướng đưa dụng cụ và trường nhìn nội soi hạn chế cũng ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác khi tạo đường hầm.

Đáng chú ý, kết quả của chúng tôi cho thấy chỉ có 52,9% đường hầm xương đùi nằm trong vùng giải phẫu, trong khi 47,1% nằm ngoài, chủ yếu lệch theo hướng ra trước (23,5%) và xuống dưới (23,5%). Không ghi nhận trường hợp lệch ra sau hoặc lên trên. Những phát hiện này cho thấy xu hướng sai lệch có hệ thống, đồng thời nhấn mạnh sự cần thiết phải cải thiện kỹ thuật định vị trong phẫu thuật nhằm đạt được sự tái tạo gần với giải phẫu tự nhiên hơn. Việc ghi nhận 47,1% trường hợp lệch ngoài vùng lý tưởng trong nghiên cứu của chúng tôi cũng phản ánh khó khăn khi nhận diện mốc giải phẫu như gờ liên lồi cầu ngoài, nhất là trong các trường hợp mạn tính hoặc biến đổi cấu trúc.

Đối với đường hầm xương chày, các mốc giải phẫu thường được sử dụng trong phẫu thuật nội soi bao gồm bờ sau sừng trước sụn chêm ngoài, gai chày trong và dây chằng chéo sau. Trong một số trường hợp, phần dây chằng còn lại cũng được tận dụng như một mốc định hướng nhằm bảo tồn tín hiệu sinh học và hỗ trợ xác định vùng bám. Tuy nhiên, việc dựa vào các mốc này không phải lúc nào cũng phản ánh chính xác vị trí giải phẫu nguyên thủy của ACL, đặc biệt trong các trường hợp tổn thương mạn tính khi các cấu trúc có thể bị xơ hóa, co rút hoặc di lệch. Điều này làm hạn chế khả năng quan sát và ảnh hưởng đến độ chính xác của việc định vị trong quá trình nội soi.

Kết quả nghiên cứu cho thấy vị trí trung bình của đường hầm xương chày nằm trong vùng giải phẫu ở cả hai trục trước-sau (AP) và trong-ngoài (ML), với tỷ lệ nằm trong vùng giải phẫu đạt 82,4%. Điều này cho thấy độ chính xác tương đối cao trong việc tạo đường hầm xương chày.

Các trường hợp lệch vị trí chiếm tỷ lệ thấp, chủ yếu theo hướng vào trong (11,8%) và ra sau (5,9%), trong khi không ghi nhận lệch ra trước hoặc ra ngoài. Phân bố này cho thấy sai lệch có xu hướng tập trung theo một số hướng nhất định, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng không đáng kể trên tổng thể.

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận vị trí đường hầm xương chày trung bình đạt 41,4% (AP) và 47,9% (ML), nằm trong vùng giải phẫu. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Youm Y.S và cộng sự, trong đó giá trị trung bình được báo cáo là 37,8% (AP) và 50,4% (ML) [9]. Sự khác biệt nhỏ giữa các giá trị có thể phản ánh biến thiên trong kỹ thuật phẫu thuật và phương pháp đo.

Tương tự, Lee S.S và cộng sự ghi nhận vị trí đường hầm xương chày trung bình khoảng 44,0% (AP) và 42,8% (ML) [7], cũng nằm trong khoảng giải phẫu. So với kết quả này, giá trị AP trong nghiên cứu của chúng tôi thấp hơn nhẹ, trong khi giá trị ML cao hơn, tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn được chấp nhận.

Ngoài ra, nghiên cứu của de Padua V.B.C và cộng sự cho thấy vị trí trung bình của đường hầm xương chày nằm khoảng 35-37% theo trục AP và 46-47% theo trục ML, đồng thời không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa nhóm có và không bảo tồn phần gốc dây chằng ở cả hai trục [10].

Đánh giá bằng CT 3D trong nghiên cứu cho thấy vẫn tồn tại một tỷ lệ nhất định các trường hợp đường hầm xương chày nằm ngoài vị trí tối ưu, mặc dù đa số vẫn nằm trong vùng bám giải phẫu. Các sai lệch thường gặp bao gồm đặt định

vị quá ra trước, làm tăng nguy cơ va chạm với mái liên lồi cầu, hoặc quá ra sau, làm tăng lực căng lên mảnh ghép.

CT 3D cho phép đánh giá định lượng vị trí đường hầm với độ chính xác cao hơn so với các phương pháp hình ảnh truyền thống, đặc biệt trong việc phát hiện các sai lệch nhỏ nhưng có ý nghĩa lâm sàng. Do đó, phương pháp này không chỉ có giá trị trong nghiên cứu mà còn là công cụ hữu ích trong kiểm soát chất lượng phẫu thuật.

Nghiên cứu cung cấp dữ liệu định lượng về vị trí đường hầm bằng CT 3D trong thực hành lâm sàng tại Việt Nam, góp phần bổ sung khoảng trống hiện có. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng còn một số hạn chế như cỡ mẫu nhỏ, thiết kế mô tả và chưa đánh giá mối liên quan với kết quả lâm sàng. Ngoài ra, sự chưa thống nhất về "vị trí giải phẫu chuẩn" giữa các nghiên cứu cũng có thể ảnh hưởng đến so sánh.

Tóm lại, định vị đường hầm trong tái tạo ACL vẫn là một thách thức. Sự kết hợp giữa kinh nghiệm phẫu thuật, hiểu biết giải phẫu và đánh giá định lượng bằng CT 3D có thể góp phần cải thiện độ chính xác và tối ưu hóa kết quả điều trị lâu dài.

5. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu trên 34 bệnh nhân được phẫu thuật tái tạo ACL và đánh giá bằng CT 3D, có thể thấy phần lớn các đường hầm đã được đặt trong vùng bám giải phẫu. Tuy vậy, vẫn còn một tỷ lệ không nhỏ, đặc biệt ở xương đùi, chưa đạt vị trí như mong muốn và có xu hướng lệch theo một số hướng nhất định. Điều này cho thấy trong thực hành, việc định vị đường hầm vẫn còn phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm và chưa thật sự ổn định. CT 3D giúp nhìn rõ hơn các sai lệch này và có thể hỗ trợ điều chỉnh kỹ thuật để đạt kết quả tốt hơn.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Burnham J.M, Malempati C.S, Carpioux A et al. Anatomic femoral and tibial tunnel placement during anterior cruciate ligament reconstruction: anteromedial portal all-inside and outside-in techniques. *Arthroscopy Techniques*, 2017, 6 (2): e275-282. doi: 10.1016/j.eats.2016.09.035.
- [2] Ducouret E, Loriaut P, Boyer P et al. Tunnel positioning assessment after anterior cruciate ligament reconstruction at 12 months: comparison between 3D CT and 3D MRI. A pilot study. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103 (6): 937-42. doi: 10.1016/j.otsr.2017.06.005.
- [3] Min-Jeong Kim, Sung-Gyu Moon et al. Usefulness of 3-Dimensional computed tomography assessment of femoral tunnel after anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 2023, 59 (10): 1716. doi: 10.3390/medicina59101716.
- [4] McConkey M.O, Amendola A, Ramme A.J et al. Arthroscopic agreement among surgeons on anterior cruciate ligament tunnel placement. *Am J Sports Med*, 2012, 40 (12): 2737-46. doi: 10.1177/0363546512461740.
- [5] Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M et al. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. *Bone Joint J*, 2016, 98-B (8): 1020-6. doi: 10.1302/0301-620X.98B8.37117.
- [6] Xu H, Zhang C, Zhang Q et al. A systematic review of anterior cruciate ligament femoral footprint location evaluated by quadrant method for single-bundle and double-bundle anatomic reconstruction. *Arthroscopy*, 2016, 32 (8): 1724-34. doi: 10.1016/j.arthro.2016.01.065.
- [7] Lee S.S, Kim I.S, Shin T.S et al. Femoral tunnel position affects postoperative femoral tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction with tibialis anterior allograft. *J Clin Med*, 2023, 12 (5): 1966. doi: 10.3390/jcm12051966.
- [8] Chen T, Chen J, Li X et al. A comparative study on 3D printing-assisted arthroscopic IDEAL point femoral tunnel positioning for anterior cruciate ligament reconstruction versus conventional arthroscopic positioning. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2024, 25: 481. doi: 10.1186/s12891-024-07591-y.
- [9] Youm Y.S, Cho S.D, Eo J et al. 3D CT analysis of femoral and tibial tunnel positions after modified transtibial single bundle ACL reconstruction with varus and internal rotation of the tibia. *The Knee*, 2013, 20 (4): 272-6. doi: 10.1016/j.knee.2012.10.024.
- [10] de Padua V.B.C, Saithna A, Chagas E.F.B et al. Rate of tibial tunnel malposition is not changed by drilling entirely within the stump of preserved remnants during acl reconstruction: a prospective comparative 3D-CT study. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9 (10): 23259671211037324. doi: 10.1177/23259671211037324.