

# Anatomie chirurgicale appliquée aux ostéotomies autour du genou

A. VISTE, M. MERCIER

## Introduction

La connaissance parfaite de l'anatomie topographique autour du genou est fondamentale pour le chirurgien qui envisage une ostéotomie du fémur et/ou du tibia  $\pm$  de la fibula. En effet, la chirurgie de l'ostéotomie consiste à aborder une région anatomique tout en coupant l'os jusqu'à la zone opposée avec une scie oscillante qui peut, lors de son trajet, endommager des éléments nobles indispensables. L'abord est certes important mais la connaissance 3D de l'anatomie du genou est essentielle pour mesurer l'efficacité et la sécurité du geste chirurgical.

## Tibia proximal et fibula

### Anatomie osseuse

Le tibia proximal comporte trois faces : médiale, latérale et postérieure. Au niveau de son bord antérieur, le relief de la tubérosité tibiale donne insertion au ligament patellaire. Au niveau de sa face latérale, il présente le tubercule infracondyloire latéral (décrit par Gerdy). À sa face postérieure et distalement se trouve la ligne d'insertion de l'arcade du muscle soléaire. La fibula proximale comprend une tête (avec son apex) et un col.

### Face médiale (figure 1.1)

En situation sous-cutanée, on trouve les branches infrapatellaires du nerf saphène qui sont généralement au nombre de 2 : 1 branche supérieure et 1 branche inférieure [1].

Les tendons de la patte-d'oie (fascia du sartorius recouvrant les tendons gracile et semi-tendineux) s'insèrent sur le tibia 1 à 2 cm en dedans et en dessous de la tubérosité tibiale.

Le ligament collatéral médial est constitué de 2 couches (profonde et superficielle). La couche superficielle descend à la face médiale du tibia jusqu'à 6 cm de l'interligne articulaire du genou, recouverte par les tendons de la patte-d'oie à sa partie la plus distale.

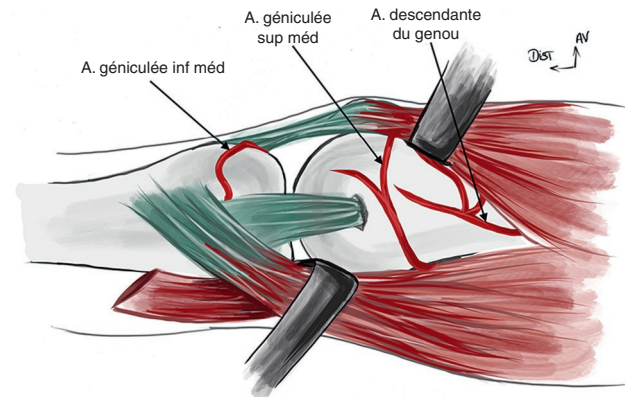


Figure 1.1. Vue médiale du genou

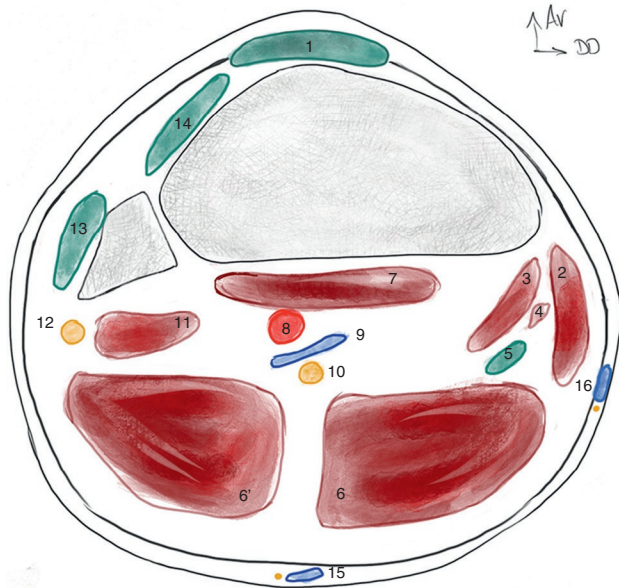
Le muscle vaste médial est récliné, ainsi que les muscles de la patte-d'oie.

L'artère géciculée inféro-médiale naît de l'artère poplitée. Elle chemine sous l'insertion tibiale du muscle semi-membraneux, au-dessus de l'insertion tibiale du muscle poplité entre la capsule postéromédiale et le chef médial du muscle gastrocnémien. Ensuite, elle se situe à la partie profonde du ligament collatéral médial à environ 3 cm de l'interligne.

### Face postérieure (figure 1.2)

Le muscle poplité s'insère par son ventre à la face postérieure du tibia. Son tendon proximal s'attache dans le sillon poplité à proximité de l'épicondyle latéral.

En dessous de l'interligne articulaire du genou, l'artère poplitée est latérale par rapport à la ligne médiane dans 90 à 95 % des cas [2, 3]. Elle est séparée de la face postérieure du tibia par la présence du muscle poplité. Elle se situe à une distance variable en arrière du tibia selon 1/ les individus, 2/ son niveau par rapport à l'interligne articulaire et 3/ le degré de flexion du genou (tableau 1.1). Même si la flexion à 90° du genou permet d'éloigner l'artère poplitée de la face postérieure du tibia, ceci est surtout vrai au niveau de l'interligne articulaire, la protection par un écarteur situé entre le tibia et le muscle poplité est essentielle [4].



**Figure 1.2.** Coupe transversale de l'extrémité proximale du tibia  
1. Ligament patellaire. 2. Muscle sartorius. 3. Muscle semi-membraneux. 4. Muscle gracile. 5. Muscle semi-tendineux. 6. Chef médial du muscle gastrocnémien. 6. Chef latéral du muscle gastrocnémien. 7. Muscle poplité. 8. Artère poplitée. 9. Veine poplitée. 10. Nerf tibial. 11. Muscle soléaire. 12. Nerf fibulaire commun. 13. Muscle biceps fémoral. 14. Tractus ilio-tibial. 15. Veine petite saphène et nerf sural. 16. Veine grande saphène et nerf saphène.

Pour cela, Kim *et al.* [5] recommandent de placer l'écarteur entre le bord postérieur du ligament collatéral médial (LCM) et le bord antérieur du chef médial du gastrocnémien plutôt qu'entre le LCM et le tibia pour un abord médial.

Pour un abord latéral, Georgoulis *et al.* [6] conseillent de détacher la membrane interosseuse pour releaser l'insertion tibiale du muscle poplité avant de glisser un écarteur au contact du tibia.

Ensuite, elle se divise à environ 6 cm de l'interligne articulaire [7] sous l'insertion tibiale du muscle poplité mais des divisions hautes existent dans 3 à 8 % des cas.

En cas d'origine haute de l'artère tibiale antérieure, celle-ci peut descendre directement contre la face postérieure du tibia en avant du muscle poplité dans 2 à 5 % des cas [8] (figure 1.3). Les variations anatomiques de l'artère poplitée ont été classées par Kim *et al.* [9].

## Face latérale (figure 1.4)

L'artère tibiale antérieure naît de l'artère poplitée. Elle peut se situer en avant de l'insertion tibiale du muscle

poplité, en cas d'origine haute, dans 2 % des cas [16]. Elle se dirige vers le foramen interosseux en passant entre les 2 chefs du muscle tibial postérieur. Elle traverse le foramen en passant sous le ligament de Barlow et descend le long de la membrane interosseuse dans la loge antérieure de la jambe [17]. Elle est en rapport avec le col de la fibula et peut donc être blessée lors d'ostéotomie du col de la fibula.

L'artère récurrente tibiale antérieure naît de l'artère tibiale antérieure, environ 8 cm sous l'interligne articulaire. Elle se termine en 2 branches : 1 latérale pour la tête de la fibula et 1 médiale.

L'artère géniculée inféro-latérale naît de l'artère poplitée. Elle chemine entre la capsule postérolatérale et le chef latéral du muscle gastrocnémien. Ensuite elle passe à la face profonde du ligament collatéral latéral (LCL) et chemine à proximité de l'interligne articulaire du genou.

Le nerf fibulaire commun contourne le col de la fibula à environ 3,5 cm de l'apex de la tête de la fibula [18]. Il se divise ensuite en nerfs fibulaires profond, superficiel et nerf fibulaire récurrent antérieur. Il peut être le plus souvent blessé lors d'ostéotomie de la fibula mais aussi en cas d'effraction corticale latérale du tibia.

## Fémur distal

### Anatomie osseuse

Le fémur distal présente 3 faces : médiale, latérale et antérieure. Son bord postérieur (ligne âpre), qui est le siège d'insertions musculaires, se bifurque pour former la surface poplitée du fémur.

### Face antérieure

Les chefs du muscle quadriceps fémoral se terminent en formant le tendon quadricipital qui s'insère sur la base de la patella.

Les artères géniculées supérieures s'anastomosent avec le rameau descendant de l'artère circonflexe latérale.

### Face médiale (figure 1.1)

L'artère fémorale croise le bord antérieur du fémur à 33 cm, sa partie médiale à 27 cm et son bord postérieur à 22 cm par rapport à l'interligne du genou [19].

L'artère descendante du genou (présente dans 85–100 % des cas [20, 21]) naît de la face médiale de l'artère fémorale juste avant son passage au travers du hiatus du grand adducteur, à environ 13 cm de l'interligne du genou [20, 22]. Elle se divise

**Tableau 1.1.**  
Revue de la littérature concernant la distance entre la face postérieure du tibia et l'artère poplitée

Auteurs	N =	Technique	Hauteur/interligne	0° (en extension du genou)	90° de flexion du genou	Variations extension/flexion
Zaidi <i>et al.</i> [11]	10 volontaires (×2)	Échographie Décubitus latéral	-1,5 cm	3,9 à 10,8 mm	4,2 à 8,3 mm	-3,2 à +1 mm
Kang <i>et al.</i> [10]	45	Angiographies		15 à 21 mm	-	-
Choi <i>et al.</i> [4]	16	IRM	-1,5 cm -2 cm (latéral)	12,5 ± 2/2 mm 10,6 ± 2,2 mm	13,9 ± 2,5 mm 11,9 ± 3,4 mm	1,4 ± 1,2 mm 1,3 ± 2,3 mm
Lee <i>et al.</i> [12]	200	IRM	-3 cm	14 ± 2 mm	-	-
Darnis <i>et al.</i> [13]	3 corps (×2)	Dissection Fluoroscopie Voie latérale	-1 cm -2 cm -3 cm	-	24,7 mm (20-28 mm) 11,7 mm (10,2-12,8 mm) 10,6 mm (7,5-11,8 mm)	-
Yang <i>et al.</i> [7]	50	IRM	0 -1 cm -2 cm	0,7 à 9,3 mm 4 ± 2 mm 9,5 ± 3 mm	-	-
Kim <i>et al.</i> [5]	7 corps	Dissection Fluoroscopie Voie médiale	-0,5 cm -2 cm	1,6 ± 1,3 mm 6,2 ± 4,2 mm	7,7 ± 3,8 mm 11 ± 4 mm	-
Yoo <i>et al.</i> [2]	33	IRM	0 -1 cm -2 cm	3,9 ± 1,5 mm (0,9 à 6,8) 2,7 ± 1,1 mm (1 à 5,3) 4,9 ± 2,6 mm (1,3 à 12,1)	7,6 ± 2,4 mm (3,7 à 14,2) 7,2 ± 2,6 mm (0 à 11,4) 9,7 ± 3,3 mm (3,2 à 16,2)	-
Shetty <i>et al.</i> [14]	100	Échographie	-1 cm -2 cm	5,9 mm (2,6 à 14,5) 8,6 mm (4,6 à 19)	7,2 mm (1,8 à 12,3) 10,2 mm (4,6 à 17,3)	1,4 mm (-5,8 à +6,5) 1,7 mm (-9 à +6)
Shiomi <i>et al.</i> [15]	15	IRM Décubitus latéral	0 -0,75 cm -1,5 cm	9 ± 3 mm 9 ± 2 mm 9 ± 3 mm	14 ± 4 mm 12 ± 4 mm 11 ± 3 mm	-
Smith <i>et al.</i> [8]	9	IRM	-1 cm -2 cm	6,8 mm (3 à 12) 9,4 mm (4 à 13)	9,1 mm (6 à 15 mm) 10,3 mm (5 à 16)	2,3 mm (-3 à 5) 0,9 mm (-4 à 4)

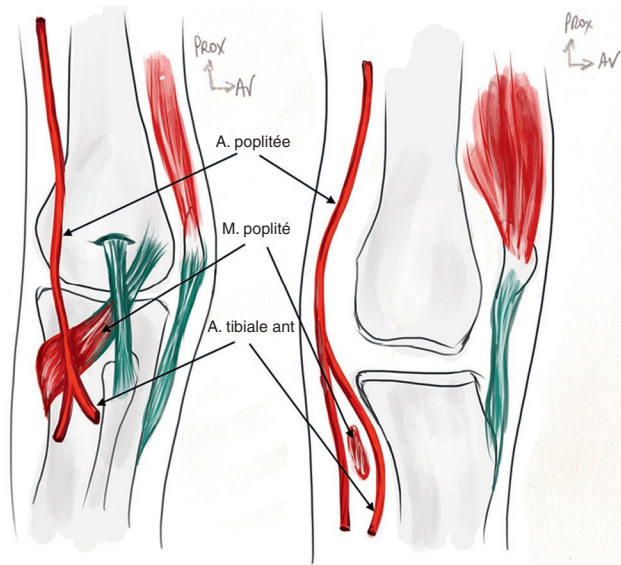


Figure 1.3. À gauche, schéma de l'artère poplitée et sa division modale. À droite, origine haute de l'artère tibiale antérieure avec trajet au contact de la face postérieure du tibia.

rapidement (1,5 cm de son origine) en ses 3 branches terminales : musculaire, artriculaire et saphène. La branche musculaire vascularise le muscle vaste médial. La branche artriculaire (artère géciculée suprême) se divise en branches transversale et longitudinale pour la vascularisation du périoste et de l'os (condyle fémoral médial et cercle péri-patellaire). La branche transversale se situe au niveau du site d'ostéotomie fémorale médiale [20]. La branche saphène vascularise la peau médiale du genou. Les variations de l'artère descendante du genou ont été classées par Dubois *et al.* [23].

L'artère géciculée supéro-médiale naît de l'artère poplitée (ou fémorale), 6 cm au-dessus de l'interligne artriculaire [20]. Elle contourne la métaphyse fémorale médiale.

## Face latérale (figure 1.4)

L'artère géciculée supéro-latérale naît de l'artère poplitée, 6 cm au-dessus de l'interligne [20, 24]. Elle donne l'artère transversale latérale qui se situe au niveau du site d'ostéotomie fémorale latérale [20]. Cette branche transversale s'anastomose avec la branche transversale de l'artère artriculaire, branche terminale de l'artère descendante du genou. Chacune des branches transversales est à 6,5 cm de l'interligne et est accompagnée de 2 veines comitantes.

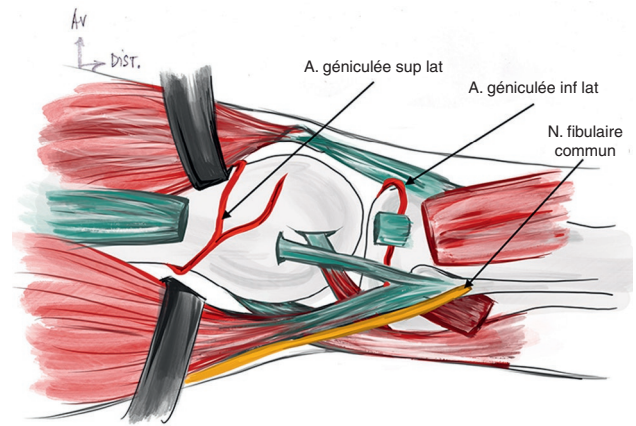


Figure 1.4. Vue latérale du genou  
Le muscle vaste latéral et le muscle biceps fémoral sont réclinés.

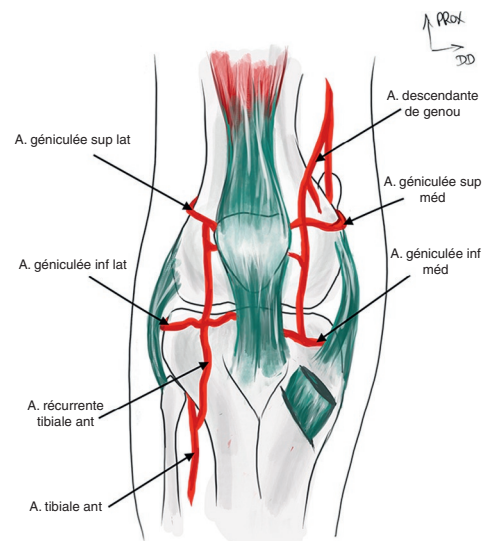


Figure 1.5. Cercle artériel anastomotique péri-patellaire

Toutes les artères décrites forment un cercle artériel anastomotique péri-patellaire (figure 1.5).

## Conclusion

Pour le chirurgien pratiquant des ostéotomies autour du genou, la connaissance de l'anatomie vasculaire (et ses variations) est essentielle afin d'appréhender les risques inhérents à l'utilisation d'outils tranchants, sans contrôle visuel direct, dans la zone opposée à la voie d'abord. Le risque nerveux est surtout marqué par la présence du nerf fibulaire commun en cas d'ostéotomie de la fibula associée.



## RÉFÉRENCES

- [1] Kerver ALA, Leliveld MS, den Hartog D, Verhofstad MHJ, Kleinrensink GJ. The surgical anatomy of the infrapatellar branch of the saphenous nerve in relation to incisions for anteromedial knee surgery. *J Bone Joint Surg* 2013;95(23):2119–25.
- [2] Yoo JH, Chang CB. The location of the popliteal artery in extension and 90 degree knee flexion measured on MRI. *Knee* 2009;16(2):143–8.
- [3] Ninomiya JT, Dean JC, Goldberg VM. Injury to the popliteal artery and its anatomic location in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1999;14(7):803–9.
- [4] Choi CH, Lee WS, Jung M, et al. Adequate protection rather than knee flexion prevents popliteal vascular injury during high tibial osteotomy : analysis of three-dimensional knee models in relation to knee flexion and osteotomy techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020;28(5):1425–35.
- [5] Kim J, Allaire R, Harner CD. Vascular safety during high tibial osteotomy : a cadaveric angiographic study. *Am J Sports Med* 2010;38(4):810–5.
- [6] Georgoulis AD, Makris CA, Papageorgiou CD, et al. Nerve and vessel injuries during high tibial osteotomy combined with distal fibular osteotomy : a clinically relevant anatomic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999;7(1):15–9.
- [7] Yang D, Zhou Y, Tang Q, Xu H, Yang X. Anatomical relationship between the proximal tibia and posterior neurovascular structures : a safe zone for surgeries involving the proximal tibia. *J Arthroplasty* 2011;26(7):1123–7.
- [8] Smith PN, Gelinas J, Kennedy K, et al. Popliteal vessels in knee surgery. A magnetic resonance imaging study *Clin Orthop Relat Res* 1999;(367):158–64.
- [9] Kim D, Orron DE, Skillman JJ. Surgical significance of popliteal arterial variants. A unified angiographic classification. *Ann Surg* 1989;210(6):776–81.
- [10] Kang T, Lee DW, Park JY, et al. Sawing toward the fibular head during open-wedge high tibial osteotomy carries the risk of popliteal artery injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020;28(5):1365–71.
- [11] Zaidi SH, Cobb AG, Bentley G. Danger to the popliteal artery in high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77(3):384–6.
- [12] Lee YS, Lee BK, Kim WS, et al. Sagittal and coronal plane location of the popliteal artery in the open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22(11):2629–34.
- [13] Darnis A, Villa V, Debette C, et al. Vascular injuries during closing-wedge high tibial osteotomy : a cadaveric angiographic study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100(8):891–4.
- [14] Shetty AA, Tindall AJ, Qureshi F, Divekar M, Fernando KWK. The effect of knee flexion on the popliteal artery and its surgical significance. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85(2):218–22.
- [15] Shiomi J, Takahashi T, Imazato S, Yamamoto H. Flexion of the knee increases the distance between the popliteal artery and the proximal tibia : MRI measurements in 15 volunteers. *Acta Orthop Scand* 2001;72(6):626–8.
- [16] Klecker RJ, Winalski CS, Aliabadi P, Minas T. The aberrant anterior tibial artery : magnetic resonance appearance, prevalence, and surgical implications. *Am J Sports Med* 2008;36(4):720–7.
- [17] Ebraheim NA, Lu J, Hao Y, Biyani A, Yeasting RA. Anterior tibial artery and its actual projection on the lateral aspect of the tibia : a cadaveric study. *Surg Radiol Anat* 1998;20(4):259–62.
- [18] Rupp RE, Podeszwa D, Ebraheim NA. Danger zones associated with fibular osteotomy. *J Orthop Trauma* 1994;8(1):54–8.
- [19] Maslow JJ, Collinge CA. Course of the femoral artery in the mid-and distal thigh and implications for medial approaches to the distal femur : a CT angiography study. *J Am Acad Orthop Surg* 2019;27(14):e659–63.
- [20] van der Woude JAD, van Heerwaarden RJ, Bley RLAW. Periosteal vascularization of the distal femur in relation to distal femoral osteotomies : a cadaveric study. *J Exp Orthop* 2016;3(1):6.
- [21] Yamamoto H, Jones DB, Moran SL, Bishop AT, Shin AY. The arterial anatomy of the medial femoral condyle and its clinical implications. *J Hand Surg Eur Vol* 2010;35(7):569–74.
- [22] Fonkoue L, Behets C, Steyaert A, et al. Anatomical study of the descending genicular artery and implications for image-guided interventions for knee pain. *Clin Anat* 2021;34(4):634–43.
- [23] Dubois G, Lopez R, Puwanarajah P, Noyelles L, Lauwers F. The corticoperiosteal medial femoral supracondylar flap : anatomical study for clinical evaluation in mandibular osteoradionecrosis. *Surg Radiol Anat* 2010;32(10):971–7.
- [24] Bisicchia S, Rosso F, Pizzimenti MA, et al. Injury risk to extraosseous knee vasculature during osteotomies : a cadaveric study with CT and dissection analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(3):1030–9.