



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
 EM|consulte
www.em-consulte.com



MÉMOIRE ORIGINAL

L'arcade de Frohse n'est pas le seul siège de compression du nerf radial dans son tunnel[☆]

Frohse's arcade is not the only location for compression of the radial nerve in its tunnel

P. Clavert^{a,*,b}, J.-C. Lutz^a, P. Adam^b, R. Wolfram-Gabel^a,
P. Liverneaux^b, J.-L. Kahn^a

^a Faculté de médecine, institut d'anatomie normale, 4, rue Kirschleger, 67085 Strasbourg cedex, France

^b Service de chirurgie du membre supérieur, centre de chirurgie orthopédique et de la main, CHRU de Strasbourg, 67400 Illkirch, France

Acceptation définitive le : 6 novembre 2008

MOTS CLÉS

Nerf radial ;
Neuropathie
canaulaire ;
Paralysie ;
Anatomie ;
Épicondylalgie

Résumé

Introduction. – Le tunnel radial est un fourreau musculo-aponévrotique s'étendant depuis l'épicondyle latéral de l'humérus jusqu'à la partie distale du muscle supinateur. Le chef superficiel du muscle supinateur forme une arche fibreuse, l'arcade de Frohse, site de compression le plus fréquent du rameau moteur du nerf. Elle est plus rarement comprimée par les corps musculaires voisins. Ce syndrome canalaire peut être majoré par les mouvements de pronation et de supination.

But. – Le but de cette étude était double : (1) de préciser l'anatomie du nerf radial, (2) de préciser les rapports du tronc du nerf radial et de ses rameaux de division avec les structures osseuses et musculaires de la région antérieure du coude, afin de préciser les zones anatomiquement susceptibles d'être à l'origine d'une compression nerveuse.

Matériel et méthodes. – Trente membres supérieurs embaumés ont été disséqués. L'anatomie et la morphométrie du nerf radial, de ses rameaux terminaux et de ses rameaux moteurs ont été analysées. Le caractère adhérent ou non à la capsule articulaire, au tendon et aux expansions aponévrotiques des muscles épicondyliens et à l'arcade du supinateur a été analysé. Les mesures ont été réalisées en pronation et en supination.

DOI de l'article original : [10.1016/j.otsr.2008.11.001](https://doi.org/10.1016/j.otsr.2008.11.001).

[☆] Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : philippe.clavert@chru-strasbourg.fr (P. Clavert).

Résultats. — Nous n'avons pas retrouvé de lésions compressives macroscopiques du nerf radial au niveau de l'arcade du supinateur et de zone d'adhérence du nerf radial et la capsule articulaire. Un environnement fibreux plus dense était noté autour des rameaux destinés au muscle court extenseur radial du carpe dans quatre cas (13%). L'arcade fibreuse du supinateur avait une forme semi-circulaire et était dans 87% des cas tendineuse et dans 13% des cas membraneuse. Elle avait une longueur moyenne de 25,9 mm. L'angle formé par l'axe du radius et l'arcade du supinateur est de 23°. Nous n'avons pas retrouvé de zones fibreuses ou d'adhérences du rameau profond du nerf radial lors de son trajet dans le muscle supinateur.

Discussion. — La proportion de forme tendineuse de l'arcade du supinateur varie suivant les études de 30 à 80% (87% des cas dans cette étude); elle prédispose au développement d'une compression chronique du rameau profond du nerf radial, surtout si elle est épaisse et que le hiatus pour le passage du rameau profond du nerf radial est étroit. La transformation fibreuse de l'arcade tendineuse du supinateur se fait probablement à l'âge adulte du fait de mouvements rotatoires répétés de l'avant-bras. La répétition de mouvements de pronosupination provoque une compression plus ou moins forte du nerf radial et de ses rameaux entre deux structures inextensibles: l'arcade fibreuse de Frohse et l'extrémité proximale du radius (tête radiale et tubercule radial). Cette compression est aggravée, par l'activité du muscle supinateur. Ces compressions répétées peuvent être à l'origine de la modification histologique des éléments du tunnel radial et du développement progressif d'une zone de fibrose localisée. Nous avons également constaté que le rameau destiné au muscle court extenseur radial du carpe peut tout à fait être comprimée entre la partie supérolatérale de ce muscle et la partie supérieure du muscle supinateur.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Introduction

Si l'atteinte du rameau sensitif du nerf radial au niveau du pli du coude est exceptionnelle, la compression chronique de la branche profonde s'exprime cliniquement selon deux modes: soit sous une forme sensitive, c'est le syndrome du tunnel radial, soit sous une forme paralytique, c'est le syndrome du nerf interosseux postérieur.

Le tunnel radial est un fourreau musculo-aponévrotique s'étendant depuis l'épicondyle latéral de l'humérus jusqu'à la partie distale du muscle supinateur [1]. Proximalement, le nerf radial [2] est situé entre le muscle brachioradial et le muscle long extenseur radial du carpe en dehors et les muscles brachial et biceps brachial en dedans. Profondément, il repose sur la capsule articulaire du coude, puis sur le chef profond du muscle supinateur. Le toit de ce tunnel est composé, en outre, par le chef superficiel du muscle supinateur et par les expansions aponévrotiques tendues depuis l'épicondyle latéral, l'insertion du muscle court extenseur radial du carpe et le chef superficiel du muscle supinateur [1,3–5]. Le rameau moteur profond passe entre les deux chefs du muscle supinateur pour cheminer dans l'épaisseur de ce muscle [1,4,6–10]. La partie la plus superficielle du muscle supinateur peut former une arche fibreuse plus ou moins développée et épaisse appelée arcade de Frohse [11–13]. C'est à ce niveau que le rameau profond du nerf radial est le plus fréquemment comprimée [4,14–20]. Elle l'est plus rarement par les structures vasculaires ou les corps musculaires voisins [3,13], que ce soit la portion supéro-médiale du muscle court extenseur radial du carpe ou le chef profond du muscle supinateur. Ce syndrome canalaire peut dans certains cas être majoré par les mouvements de pronation et de supination de l'avant-bras [21].

La compression du nerf radial dans le tunnel radial ou du rameau profond provoque des douleurs de la face distale et

latérale de l'avant-bras, de la première commissure de la main et des faiblesses des muscles extenseurs du poignet et des doigts.

Le but de cette étude était double:

- de préciser l'anatomie du nerf radial, de sa division et de son rameau moteur profond;
- de mesurer les rapports du tronc du nerf radial et de ses rameaux terminaux avec les structures osseuses et musculaires de la région antérieure du coude, afin de préciser les zones anatomiquement susceptibles d'être à l'origine d'une compression nerveuse, nécessitant une neurolyse du tronc du nerf radial ou de son rameau profond.

Matériel et méthodes

Trente membres supérieurs (14 hommes et 16 femmes; 14 membres droits et 16 gauches), embaumés, provenant du don de corps fait à l'institut d'anatomie normale de Strasbourg ont été disséqués. Tous les sujets étaient adultes, d'âge moyen des sujets au moment de leur décès de 79,8 ans. Aucune de ces pièces anatomique ne présentait de cicatrice au niveau du bras et de l'avant-bras. Les membres supérieurs n'ont pas été injectés, de ce fait, la présence d'une éventuelle arcade vasculaire responsable d'un syndrome compressif n'a pas été recherchée.

Les dissections ont été réalisées sous contrôle de la vue puis à l'aide de lunettes grossissantes ($\times 2,5$). Les sujets ont été disséqués en position anatomique (en supination). Une incision longitudinale première, s'étendant du tiers inférieur de la face antérieure du bras jusqu'au tiers inférieur de la face antérieure de l'avant-bras, complétée par deux incisions transversales en regard du pli de flexion antérieur du coude ont permis de lever quatre lambeaux cutanés et

sous-cutanés. Puis, le muscle brachioradial, le muscle court extenseur radial du carpe, le muscle long extenseur radial du carpe et le muscle supinateur ont été libérés de leur fascia ; l'arcade du supinateur a été identifiée. Les muscles ont été ténotomisés au niveau de leur insertion proximale sur l'humérus. Le nerf radial a été disséqué et libéré de son périmère depuis son émergence au niveau du septum intermusculaire latéral du bras jusqu'à sa pénétration de son rameau profond sous l'arcade fibreuse du muscle supinateur. À chaque étape, la présence ou non d'une structure épaisse a été recherchée.

L'anatomie et la morphométrie du nerf radial ont été étudiées à l'aide de mesures réalisées manuellement et macroscopiquement à l'aide d'un pied à coulisse (longueur maximale 15 cm, précision de 0,01 mm, erreur maximale de 0,02 mm). Ces mesures ont été faites en position anatomique puis en pronation. Treize mesures ont été réalisées pour cette étude (Fig. 1) :

- a : la distance entre le nerf radial et la tête radiale, correspondant à l'épaisseur du muscle supinateur ;
- b : la distance entre la tubérosité du radius (tubérosité bicapitale) et le rameau profond en supination ;

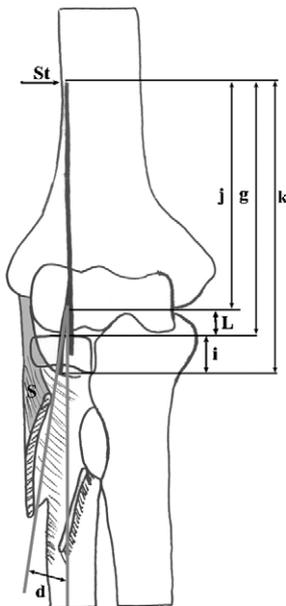


Figure 1 Schéma récapitulatif des différentes mesures effectuées.

« d » correspond à l'angle entre l'axe entre le radius et le rameau profond du nerf radial ; la mesure « g » correspond à la distance entre le septum intermusculaire latéral (St) et la division du nerf radial en rameau superficiel et rameau profond ; la distance « h » correspond à la distance entre le site de division du nerf radial et le bord antérieur de la tête radiale ; la mesure « i » correspond à la distance entre le site de division du nerf radial et l'arcade fibreuse du supinateur (St) ; la mesure « j » correspond à la distance entre le septum intermusculaire latéral (St) et l'interligne articulaire ; la mesure « k » correspond à la distance entre le septum intermusculaire latéral (St) et l'arcade fibreuse du supinateur (S) ; la mesure « L » correspond à la longueur de l'arcade fibreuse du supinateur (S).

- c : la distance entre la tubérosité du radius et le rameau profond du nerf radial en pronation ;
- d : l'angle entre l'axe entre le radius et le rameau profond du nerf radial ;
- e : la distance entre la tubérosité du radius et le rameau superficiel en pronation ;
- f : la distance entre la tubérosité bicapitale et le rameau superficiel en supination ;
- g : la distance entre le septum intermusculaire latéral et la division du nerf radial en rameau superficiel et rameau profond ;
- h : la distance entre le site de division du nerf radial et l'interligne articulaire (mesuré au niveau du bord antérieur de la tête radiale)* ;
- i : la distance entre le site de division du nerf radial et l'arcade fibreuse du supinateur ;
- j : la distance entre le septum intermusculaire latéral et l'interligne articulaire ;
- k : la distance entre le septum intermusculaire latéral et l'arcade fibreuse du supinateur ;
- L : la longueur de l'arcade fibreuse du supinateur ;
- m : l'angle entre l'axe entre le radius et l'arcade fibreuse du supinateur.

Le symbole (*) signifie que les mesures ont été notées comme positives lorsque le site de division était distal par rapport à l'interligne articulaire et négativement lorsqu'il était proximal [16].

L'ensemble des valeurs a été enregistré dans un tableau Excel (Microsoft corporation, version 11.3, United States). Les résultats ont été exploités à partir de l'analyse statistique des moyennes, médianes, ainsi que des écarts-types (ET).

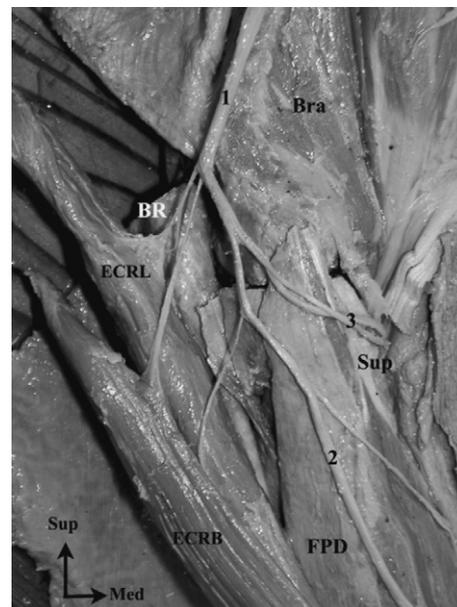


Figure 2 Rameaux issus du tronc du nerf radial.

1 et 2 : rameau superficiel ; 3 : rameau profond ; BR : muscle brachioradial sectionné ; ECRB : muscle court extenseur radial du carpe ; ECRL : muscle long extenseur radial du carpe ; Bra : muscle brachial ; Sup : muscle supinateur ; FPD : muscle fléchisseur profond des doigts (le fléchisseur superficiel a été réséqué).

Résultats

Nous n'avons pas trouvé de variations anatomiques concernant la disposition du nerf radial, de ses deux rameaux terminaux, du muscle supinateur et des muscles court et long extenseur radial du carpe (Fig. 2).

Étude anatomique du nerf radial

La distance moyenne entre le septum et l'interligne articulaire est de 12,77 cm (de 10,05 à 15,48 cm, ET=1,75). La division du nerf radial en rameau superficiel et rameau profond se situe à une distance de 11,76 cm (de 8,66 à 14,89 cm, ET=1,88) de l'émergence du nerf au travers du septum intermusculaire latéral et à 3,75 cm (de 2,01 à 5,48 cm, ET=0,98) de l'arcade fibreuse du muscle supinateur. En d'autres termes, la distance moyenne entre la division du nerf radial et l'interligne articulaire est de -0,87 cm (de 1,29 à -2,53 cm, une seule division est distale par rapport à l'interligne). La distance moyenne entre le nerf radial et la tête radiale est de 4,8 mm (de 4 à 7,6 mm, ET=0,098). La distance moyenne entre la tubérosité du radius et le rameau profond en pronation est de 2,67 cm (de 2 à 4,3 cm, ET=0,76). Elle diminue en supination, ne mesurant alors plus que 2,17 cm (de 1,5 à 3,36 cm, ET=0,57). L'angle formé par l'axe du nerf radial et l'axe du radius est en moyenne de 12,8° (de 0 à 27°, ET=7).

Étude des structures fibreuses et de l'arcade du supinateur

Dans aucun cas, nous n'avons retrouvé de zone d'adhérence du nerf radial et la capsule articulaire ; le nerf était à chaque fois entouré d'un fourreau graisseux et de périnèvre libres. En revanche, un environnement graisseux et fibreux plus dense était noté autour des rameaux destinés au muscle

court extenseur radial du carpe dans quatre cas (13%), lorsque ce rameau était issu du rameau profond du nerf radial (17 cas soit 57%) ; l'émergence se faisait directement, et donc plus en amont, du tronc du nerf radial dans 13 cas (43%). Dans ce cas, nous n'avons pas trouvé d'attaches fibreuses du nerf aux structures voisines. Cette configuration a également été trouvée concernant l'émergence du rameau destiné au muscle long extenseur radial du carpe (26,7% des cas). Dans ce cas de figure, nous avons également noté la présence d'adhérences enserrant le nerf, tendues entre la partie supérieure du muscle supinateur et la face postéro-latérale et profonde du muscle court extenseur radial du carpe.

Dans tous les cas, l'arcade fibreuse du supinateur avait une forme semi-circulaire. Selon la classification de Prasaritha et al. [4], l'arcade de Frohse était dans 87% des cas, tendineuse, mobilisable (26 cas sur 30) et dans 13% des cas membraneuse, épaisse, non mobilisable à la pincette (quatre cas sur 30) (Fig. 3). Elle avait une longueur moyenne de 26 mm (de 16,9 à 32,4 mm, ET=5). L'angle formé par l'axe du radius et l'arcade du supinateur est de 23° (de 7 à 49°, ET=11). Elle se situe à 13,52 cm (de 11,2 à 16 cm, ET=1,59) du septum intermusculaire latéral.

Nous n'avons pas retrouvé de zones fibreuses ou d'adhérences du rameau profond du nerf radial lors de son trajet dans le muscle supinateur.

Discussion

Le but de cette étude était de préciser les rapports entre le nerf radial et les structures musculo-aponévrotiques du coude, afin de rechercher les différentes causes de syndrome compressif de ce nerf et de ses rameaux. Si l'arcade de Frohse a largement été étudiée, peu de données sont disponibles dans la littérature concernant les autres causes « anatomiques locales » susceptibles d'être à l'origine d'une compression du nerf radial dans le tunnel radial [22]. La

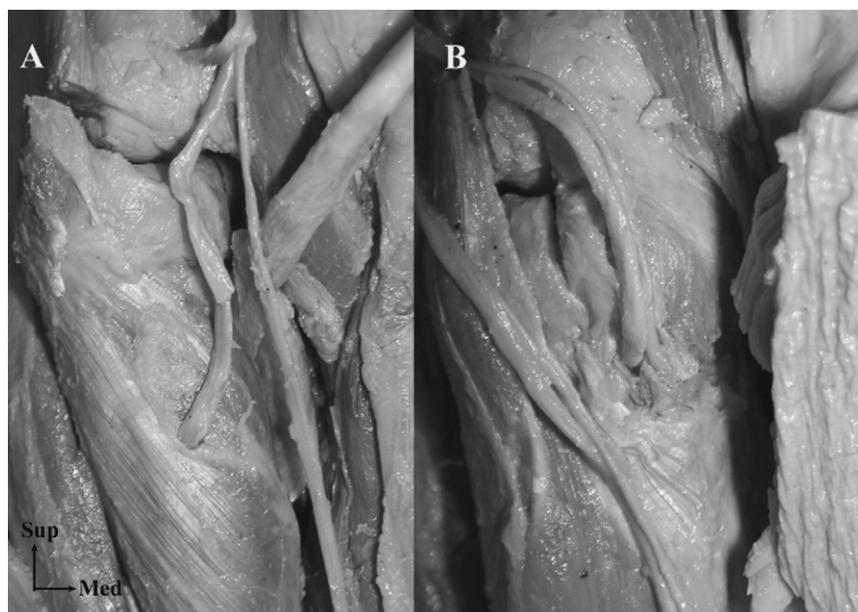


Figure 3 A. Arcade du supinateur de type tendineux. B. Arcade de type membraneux.

connaissance de l'anatomie normale de cette région et de la position relative des différents éléments entrant en rapports doit faciliter la compréhension de la physiopathologie de ce syndrome canalaire [22] et faciliter la chirurgie de décompression nerveuse [1].

En 1908, Frohse et Fränkel [11] ont décrit la présence d'une arche correspondant à une structure anatomique tendineuse normale. En 1968, dans une étude portant sur la dissection de 25 sujets adultes et de dix nouveaux-nés, Spinner [12] a constaté qu'aucun de ces nouveaux-nés ne présentait un renforcement tendineux au niveau de la portion superficielle du muscle supinateur. Il a donc suggéré que cette formation semi-circulaire devait probablement se former à l'âge adulte du fait de mouvement rotatoires répétés de l'avant-bras. La proportion de forme tendineuse de cette arcade varie suivant les études de 30 à 80% [3,4,9,10,12,23–25]. Dans cette étude, nous avons retrouvé une incidence plus importante de cette forme tendineuse avec une présence dans 87% des cas, tout comme Ozturk et al. [13]. Cette incidence est même de 100% pour Lister et al. [18].

Pour Spinner [12], la forme tendineuse prédispose au développement d'une compression chronique du rameau profond du nerf radial, surtout si elle est épaisse et que le hiatus pour le passage du rameau profond du nerf radial est étroit. C'est pour cela que nous avons mesuré la longueur de l'arcade et sa position par rapport à l'axe du radius, afin de voir si une compression relative du nerf était possible en fonction de la position de l'avant-bras. Dans la littérature, Ebraheim et al. [24], Ozturk et al. [13] et Konjengbam et Elangbam [26] ont mesuré la longueur et l'épaisseur de l'arcade, sans pour autant se préoccuper de sa position relative par rapport à l'axe du radius. Les premiers ont montré que la longueur de l'arcade est équivalente chez les hommes et les femmes, autour de 16,8 mm, les deuxièmes ont mesuré une longueur moyenne de 10,13 mm; enfin, les troisièmes ont trouvé une longueur de 41 mm. Dans notre étude, cette longueur est franchement plus importante, en moyenne de 25,9 mm. Nous pensons que ces mesures ne sont pas contradictoires, mais que la définition exacte de l'arcade du supinateur reste une notion difficile à définir macroscopiquement du fait d'une transition anatomique progressive entre les fibres tendineuses d'attache supérieure du muscle et les fibres musculaires.

Cette étude confirme l'hypothèse [12,15,26,27] que la répétition de mouvements de pronosupination provoque une compression plus ou moins forte du nerf radial et de ses rameaux entre deux structures inextensibles: l'arcade fibreuse de Frohse et l'extrémité proximale du radius (tête radiale et tubercule radial). Cette compression est aggravée par l'activité du muscle supinateur qui multiplie la pression péri-neurale par cinq lors d'un mouvement de supination forcée, comme l'a montrée F. Bonnel [28]. Ces compressions répétées peuvent être à l'origine de la modification histologique des éléments du tunnel radial et du développement progressif d'une zone de fibrose localisée.

En plus de cela, nous avons constaté, tout comme d'autres auteurs [16,26,29], que le rameau destiné au muscle court extenseur radial du carpe peut tout à fait être comprimé entre la partie supérolatérale de ce muscle et la partie supérieure du muscle supinateur. Cette configura-

tion peut, en cas d'épicondylite, se décompenser du fait de l'épaississement du tendon proximal du muscle court extenseur radial du carpe.

Nous retiendrons de cette étude que la distance entre le nerf radial et la tête radiale est relativement constante, de même que la longueur de l'arcade du supinateur. Généralement, la division du nerf radial est proximale par rapport à l'interligne huméroradial dans 97% des cas (un seul cas au-delà). A contrario, certains paramètres présentent des variations inter-individus importantes, comme l'angle formé par l'axe du radius et l'axe du rameau profond du nerf radial, d'une part, et par l'axe du radius et l'axe de l'arcade du supinateur, d'autre part. Naturellement, les distances entre les rameaux du nerf radial et la tubérosité radiale varient selon que le bras soit positionné en pronation ou en supination; cette distance diminue en moyenne d'environ 5 mm lors du passage en supination pour le rameau profond et de 6 mm pour le rameau superficiel.

Références

- [1] Lazorthes G. Le système nerveux périphérique. Paris: Masson; 1955.
- [2] Hovelacque A. Anatomie des nerfs crâniens et rachidiens et du système grand sympathique chez l'homme. Paris: Librairie Octave Doin; 1927.
- [3] Riffaud L, Morandi X, Godey B, Brassier G, Guegan Y, Darnault P, et al. Anatomic bases for the compression and neurolysis of the deep branch of the radial nerve in the radial tunnel. *Surg Radiol Anat* 1999;21:229–33.
- [4] Prasarthitha T, Liupolvanish P, Rojanakit A. A study of the posterior interosseous nerve (PIN) and the radial tunnel in 30 Thai cadavers. *J Hand Surg (Am)* 1993;18:107–12.
- [5] Sponseller P, Engber W. Double-entrapment radial tunnel syndrome. *J Hand Surg* 1983;8:420–3.
- [6] Poirier P, Charpy A. Le nerf radial. In: Poirier P, Charpy A, editors. *Traité d'anatomie humaine*. Paris: Ed. Masson; 1904. p. 930–8.
- [7] Testu L, Latarjet A. Le nerf radial. In: Testu L, Latarjet A, editors. *Traité d'anatomie humaine*. Paris: Ed. G. Doin; 1949.
- [8] Paturet G. Le nerf radial. In: Paturet G, editor. *Anatomie humaine*. Paris: Ed. Masson; 1951. p. 446–9.
- [9] Thomas S, Yakin D, Parry B, Lubahn J. The anatomical relationship between the posterior interosseous nerve and the supinator muscle. *J Hand Surg (Am)* 2000;25:936–41.
- [10] Papadopoulos N, Paraschos A, Pelekis P. Anatomical observations on the arcade of Frohse and other structures related to the deep radial nerve. Anatomical interpretation of deep radial nerve entrapment neuropathy. *Folia Morphol (Praha)* 1989;37:319–27.
- [11] Frohse F, Fränkel M. *Die Muskeln des menschlichen Armes*. Jena: Fischer; 1908.
- [12] Spinner M. The arcade of Frohse and its relationship to posterior interosseous nerve paralysis. *J Bone Joint Surg (Br)* 1968;50:809–12.
- [13] Ozturk A, Kutlu C, Taskara N, Kale A, Bayraktar B, Cecen A. Anatomic and morphometric study of the arcade of Frohse in cadavers. *Surg Radiol Anat* 2005;27:171–5.
- [14] Arle J, Zager E. Surgical treatment of common entrapment neuropathies in the upper limbs. *Muscle Nerve* 2000;23:1160–74.
- [15] Cravens G, Kline D. Posterior interosseous nerve palsies. *Neurosurgery* 1990;27:302–97.

- [16] Fuss F, Wurzl G. Radial nerve entrapment at the elbow: surgical anatomy. *J Hand Surg (Am)* 1991;16:742–7.
- [17] Hashizume H, Nishida K, Nanba Y, Shigeyama Y, Inoue H, Morito Y. Non-traumatic paralysis of the posterior interosseous nerve. *J Bone Joint Surg (Br)* 1996;78:771–6.
- [18] Lister G, Belsole R, Kleinert H. The radial tunnel syndrome. *J Hand Surg (Am)* 1979;4:52–9.
- [19] Ritts G, Wood M, Linscheid R. Radial tunnel syndrome. A 10-year surgical experience. *Clin Orthop* 1987;219:201–5.
- [20] Sotereanos D, Varitimidis S, Giannakopoulos P, Westkaemper J. Results of surgical treatment for radial tunnel syndrome. *J Hand Surg (Am)* 1999;24:566–70.
- [21] Kopell G, Thompson W. *Peripheral entrapment neuropathies*. Baltimore: William and Wilkins; 1963.
- [22] Sunderland S. *Nerves and nerve injuries*. Edinburgh, London: Livingston; 1968.
- [23] Deboucq C, Rooze M. The arcade of Frohse: an anatomical study. *Surg Radiol Anat* 1995;17:245–8.
- [24] Ebraheim N, Jin F, Pulsetti D, Yeasting R. Quantitative anatomical study of the posterior interosseous nerve. *Am J Orthop* 2000;29:702–4.
- [25] Ozkan M, Bacakoglu A, Gul O, Ekin A, Magden O. Anatomic study of posterior interosseous nerve in the arcade of Frohse. *J Shoulder Elbow Surg* 1999;8:617–20.
- [26] Konjengbam M, Elangbam J. Radial nerve in the radial tunnel: anatomic sites of entrapment neuropathy. *Clin Anat* 2004;17:21–5.
- [27] Wilhelm A. Philadelphia: WB. Saunders; The Hand. 1993.
- [28] Bonnel F. Nerf radial. In: Bonnel F, Mansat M, editors. *Nerfs périphériques*. Paris: Ed. Masson; 1990. p. 84–9.
- [29] Raimbaud G, Saint-Cast Y. Compression du nerf radial au coude. *Chir Main* 2004;23:586–1001.