



Artigo original

Comunicação entre os nervos musculocutâneo e mediano no braço: estudo anatômico e implicações clínicas



Luis Ernesto Ballesteros*, Pedro Luis Forero e Edna Rocío Buitrago

Universidade Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, Colômbia

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 13 de julho de 2014

Aceito em 21 de agosto de 2014

On-line em 12 de agosto de 2015

Palavras-chave:

Nervo mediano

Nervo musculocutâneo

Comunicação

R E S U M O

Objetivo: Determinar a frequência e as características da comunicação entre os nervos musculocutâneo (NMC) e mediano (NM) em uma amostra da população colombiana e avaliar sua implicação clínica.

Métodos: Os braços de 53 cadáveres foram avaliados em necropsia no Instituto Nacional de Medicina Forense, em Bucaramanga, Colômbia. As estruturas do compartimento anterior do braço foram dissecadas e caracterizadas em relação à presença de comunicação entre NMC e NM.

Resultados: Um ramo comunicante foi encontrado em 21/106 membros superiores (19,8%), ocorreu bilateralmente em 10 (47,6%) e unilateralmente em 11 (52,4%), sem diferença significativa em relação ao lado da ocorrência ($p = 0,30$). Em 17% dos casos, havia uma comunicação entre NMC-NM na qual o ramo comunicante emergia do NMC após perfurar o músculo coracobraquial (Tipo I). Em 2,8% dos casos a conexão foi do NM para o NMC (Tipo II). O comprimento do ramo comunicante foi $57,8 \pm 33,4$ mm. As distâncias entre os pontos proximal e distal desse ramo e o processo coracoide foram de $138 \pm 39,4$ mm e $188 \pm 48,3$ mm, respectivamente. O ramo comunicante se localizou principalmente no terço médio do braço.

Conclusão: A frequência da comunicação entre NMC-NM observada no presente estudo está na média daquela relatada em outros trabalhos. As conexões NMC-NM devem ser levadas em consideração no diagnóstico e no manejo das lesões dos nervos periféricos dos membros superiores.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

* Autor para correspondência.

E-mail: lballest56@yahoo.es (L.E. Ballesteros).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2014.08.009>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Communication between the musculocutaneous and median nerves in the arm: an anatomical study and clinical implications

A B S T R A C T

Keywords:

Median nerve
Musculocutaneous nerve
Communication

Objective: To determine the frequency and features of communication between the musculocutaneous nerve (MCN) and median nerve (MN) in a sample of the Colombian population, and assess its clinical implication.

Methods: The arms of 53 cadaver specimens that had been subjected to necropsy at the National Institute of Forensic Medicine, in Bucaramanga, Colombia, were studied. The structures of the anterior compartment of the arm were dissected and characterized regarding the presence of communication between the MCN and MN.

Results: A communicating branch was found in 21/106 upper limbs (19.8%), occurring bilaterally in 10 (47.6%) and unilaterally in 11 (52.4%), without significant difference regarding the side of occurrence ($p=0.30$). In 17% of the cases, there was MCN-MN communication in which the communicating branch was seen leaving the MCN after piercing the coracobrachialis muscle (Type I). In 2.8%, the connection was from the MN to the MCN (Type II). The length of the communicating branch was 57.8 ± 33.4 mm. The distances from the proximal and distal points of this branch to the coracoid process were 138 ± 39.4 mm and 188 ± 48.3 mm, respectively. The communicating branch was located mostly in the middle third of the arm.

Conclusions: The frequency of MCN-MN communication observed in the present study is in the middle of the range of what was reported in previous studies. MCN-MN connections need to be taken into account in diagnosing and managing peripheral nerve lesions of the upper limbs

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

Em nível infraclavicular, o fascículo lateral do plexo braquial geralmente sofre bifurcação e origina o nervo musculocutâneo (NMC) e a raiz lateral do nervo mediano (NM). No entanto, durante o processo de desenvolvimento embriológico, é possível que pacotes de fibras que correspondem ao NM inicialmente corram junto a pacotes de fibras do NMC. O NM recupera as fibras necessárias para executar suas funções motoras e sensoriais na extremidade superior apenas quando os pacotes de fibras são conectados ao nervo de origem (NM) na porção proximal ou terço médio do braço. Mesmo que com pouca frequência, observa-se que fibras do NMC também correm ao longo do NM inicialmente e depois restabelecem sua configuração por meio de um ramo de comunicação.¹⁻⁵

A incidência da comunicação NMC-NM foi relatada para vários grupos populacionais com uma ampla variabilidade, entre 2,1 e 63,5%.⁵⁻⁸ A maioria dos estudos relata apenas a comunicação NMC-NM. Maeda et al.³ e Chiarapattanakom et al.⁶ relataram a ocorrência de 3-6,8% para a comunicação do NM para o NMC. Informação sobre a prevalência do lado da comunicação NMC-NM é escassa. Poucos estudos relatam predominância do lado esquerdo e da expressão unilateral desse ramo de comunicação.^{4,9,10} Diversas maneiras para classificar esse ramo de comunicação foram propostas devido à grande variabilidade de sua expressão.^{3,7,8,10,11}

Conhecimento da existência da comunicação entre NMC-NM nos braços é importante para a prática clínica. Isso permite uma avaliação e um manejo adequados de

problemas motores nos membros superiores causados por lesões dos nervos periféricos, além de permitir um planejamento correto para a abordagem cirúrgica para axilas e pelos braços.^{10,12-14} As implicações clínicas das comunicações NMC-NM nos braços ainda não foram descritas em detalhes para outras populações.^{1,3,6,7,13,15-19} Considerando que o fator étnico é decisivo para a ocorrência de diversas expressões morfológicas e que esse tipo de informação está ausente para a população mestiça, que é predominante na América Latina, o presente estudo, por usar material cadavérico fresco, torna-se altamente relevante.

Métodos

O presente estudo descritivo foi projetado para determinar a frequência e as feições morfológicas da comunicação NMC-NM de 106 extremidades superiores congeladas de 53 homens adultos que passaram por necropsia no Instituto Nacional de Medicina Forense. Os critérios de inclusão para a amostra foram: indivíduos mestiços sem evidência de trauma direta ou condições que envolvessem a extremidade superior e que não foram alvo de análise forense.

Dissecação extensiva do compartimento flexor do braço foi feita por meio de uma incisão mediana desde o terço médio da clavícula até a dobra do cotovelo. Após liberar lateralmente os retalhos fasciocutâneos medial e lateral, o músculo peitoral maior foi liberado de suas inserções clavicular e esternal. Isso permitiu uma boa visualização dos ramos terminais do plexo braquial na região anterior do braço. O tecido conectivo

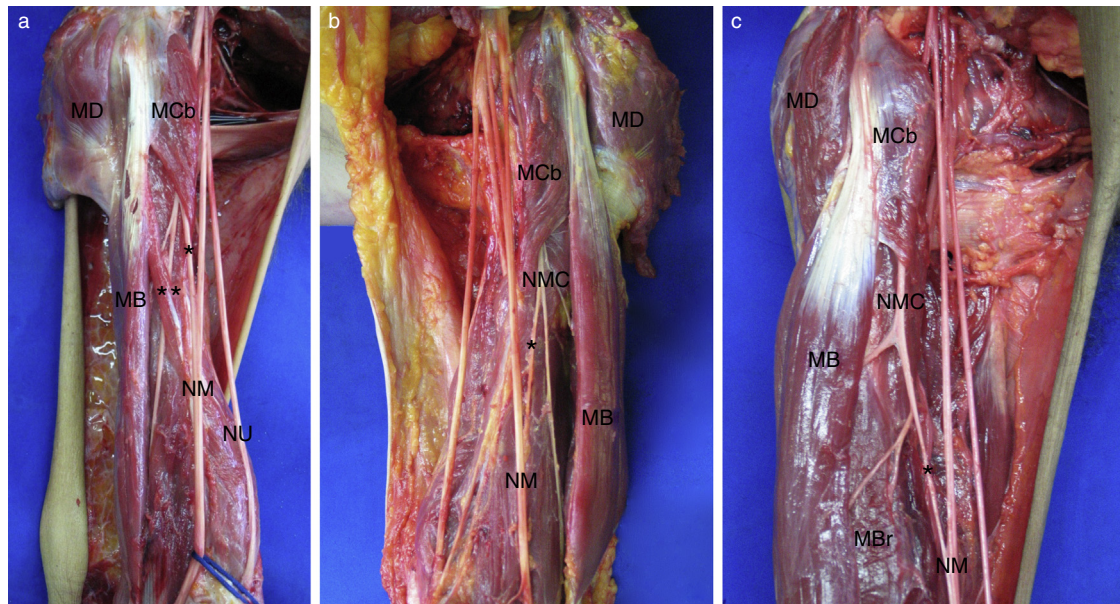


Figura 1 – Comunicação entre o nervo músculo-cutâneo e o nervo mediano. (a) comunicação NMC-NM originária do segmento proximal do nervo músculo-cutâneo (Subtipo Ib). Visão lateral do braço direito. MD – músculo deltoide, MCb – músculo coracobraquial, MB – músculo bíceps, NM – nervo mediano, NU – nervo ulnar, (*) ramo comunicante, () cabeça adicional do MB. (b) comunicação NMC – NM originária depois do ramo para o músculo bíceps (subtipo Ic). Visão lateral do braço esquerdo, MD – músculo deltoide, MCb – músculo coracobraquial, MB – músculo bíceps, MBr – músculo braquial, NMC – nervo músculo-cutâneo, NM – nervo mediano, (*) ramo comunicante; (c) comunicação NMC – NM originária do ramo para o músculo braquial (subtipo Id). Visão lateral do braço direito. MD – músculo deltoide, MCb – músculo coracobraquial, MB – músculo bíceps, NMC – nervo músculo-cutâneo, NM – nervo mediano, (*) ramo comunicante.**

epineural foi então removido, tanto o NMC quanto o NM foram dissecados desde suas origens até seus respectivos pontos motores e tomaram-se como referência suas trajetórias ao longo do braço.

A existência de ramos de comunicação entre NMC-NM foi verificada e suas características qualitativas foram registradas de acordo com a classificação proposta por Maeda et al.³: Tipo I quando a comunicação é observada nos terços médios ou distais do braço. Essa classe foi subdividida em quatro subtipos. Subtipo Ia: quando a comunicação surge do NMC em sua via intramuscular para o músculo coracobraquial (MCb). Subtipo Ib: quando o ramo de comunicação parte do NMC antes do ramo do músculo bíceps (MB). Subtipo Ic: quando a comunicação é localizada entre os ramos e vai para o MB e o músculo braquial (MBr). Subtipo Id: quando o ramo de comunicação ocorre depois de o ramo do MBr emergir. Similarmente, a ocorrência de ramos comunicantes entre NM e NMC foi registrada como Tipo II, com dois subtipos. Subtipo IIa: o ramo do NM alcançou o segmento entre as origens dos ramos de MB e MBr. Subtipo IIb: quando o ramo de comunicação estava conectado com o ramo que leva ao MBr.

O comprimento do ramo de comunicação, assim como as distâncias de seus pontos proximal e distal até o acrômio, foi medido. O comprimento do braço desde a margem anterior do acrômio até a linha biepicondilar do cotovelo foi medido e o segmento onde o ramo comunicante foi localizado foi registrado.

Todos os levantamentos morfométricos foram feitos com o uso de um paquímetro digital (Mitotuyo®) e os achados

foram fotografados com uma câmera DSLR. Todos os resultados foram digitalizados em tabelas no software Excel e análises estatísticas foram feitas. Variáveis nominais foram descritas com razões, enquanto as variáveis contínuas foram descritas com médias e desvios padrão. Evidências estatísticas foram testadas com o teste do qui-quadrado (χ^2) e o teste t de Student e aceitou-se um erro alfa de até 5%. O valor de $p < 0,05$ foi considerado significativo.

Resultados

O ramo de comunicação NMC-NM esteve presente em 21/106 (19,8%) dos membros superiores avaliados, ocorreu bilateralmente em 10 (47,6%) e unilateralmente em 11 (52,4%), sem diferença significativa para o lado de ocorrência ($p = 0,30$). Dez estavam localizados à direita e 11 à esquerda ($p = 0,30$).

Comunicação do Tipo I foi observada em 18 casos (17%) (fig. 1), nos quais o ramo comunicante NMC-NM emergiu depois de o NMC atravessar o MCb e estava conectado ao NM em uma trajetória oblíqua. A comunicação surgiu do NMC em sua via intramuscular dentro do MCb (subtipo Ia) em dois casos (11,1%). Já a comunicação que surge do segmento proximal do NMC antes do ramo para o MB (subtipo Ib) ocorreu em mais dois casos (11,1%) (fig. 1A). O subtipo Ic, no qual a comunicação surge do segmento médio do NMC entre os ramos do MB e MBr, foi observado em oito espécimes (44,5%) (fig. 1B). Os outros seis casos (33,3%) apresentaram ramo de comunicação que surgiu a partir do ramo para o MBr (subtipo Id) (fig. 1C).

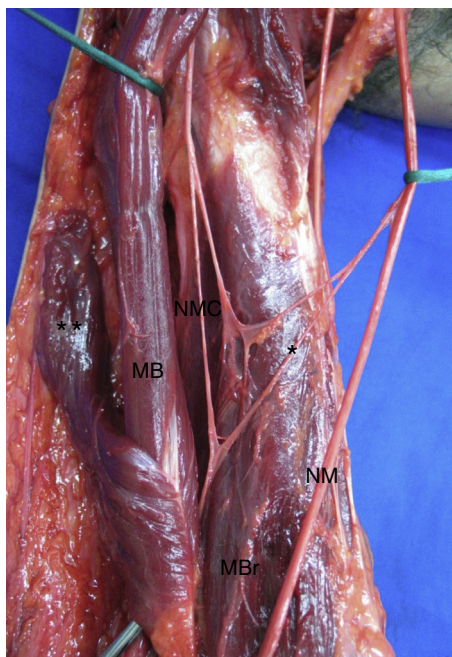


Figura 2 – Comunicação entre o nervo músculo-cutâneo e o nervo mediano. Visão lateral do braço direito. MB – músculo bíceps, NMC – nervo músculo-cutâneo, NM – nervo mediano, MBr, músculo braquial, (*) ramo comunicante (*) cabeça adicional do MB.**

Em três espécimes (2,8%) o ramo comunicante foi encontrado a partir do NM em uma trajetória oblíqua no nível do terço médio do braço, que então se conectou ao NMC (Tipo II). Tipo IIa foi encontrado em dois casos (1,9%), enquanto Tipo IIb foi observado em apenas um (fig. 2).

A distância entre o acrômio e o ponto proximal do ramo de comunicação foi de $138 \pm 39,4$ mm. O ponto de emergência do ramo de comunicação foi mais distal no lado direito do que no lado esquerdo (lado direito 145,7 mm; lado esquerdo 132,9 mm). A distância do ponto distal do ramo de comunicação ao acrômio foi de $188 \pm 48,3$ mm. O comprimento do braço medido desde a margem lateral do acrômio até a linha biepicondilar do cotovelo foi de $298 \pm 18,6$ mm. Ao todo, 15 (71,4%) ramos de comunicação foram encontrados no terço médio e seis (28,6%) projetavam-se do aspecto inferior do terço médio até o ponto médio do terço inferior do braço. O comprimento dos ramos de comunicação foi de $57,8 \pm 33,4$ mm. Esse foi mais longo no lado direito (61,9 mm) do que no lado esquerdo (53,4 mm). No entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,51$).

Discussão

Com relação à frequência de comunicação NMC-NM, nossos resultados (19,8%) estão de acordo com a variação média (17-36%) relatada por outros autores.^{7,16-18,20,21} As maiores incidências foram relatadas dentro do intervalo de 37-54,7%.^{1,3,8,10} A baixa incidência dessa comunicação é notória (faixa de 5-16%) em vários estudos conduzidos com diversas populações^{5,7,9,15,19,22-24} (tabela 1). O amplo espectro de

variabilidade relatado por vários autores provavelmente se dá por múltiplos fatores, como o tamanho da amostra, a metodologia empregada e as características biológicas ancestrais, que determinam a expressão variável dessas estruturas na população avaliada.

Do mesmo modo, os achados do presente estudo são consistentes com a literatura com relação à predominância de ocorrência unilateral sobre ocorrência bilateral,^{1,7,10,12,17,22} além da predominância do lado esquerdo sem diferença estatisticamente significativa.^{5,7} Todos os estudos anteriores estabeleceram predominância significativa pela presença de um único ramo comunicante dentro da faixa de 90-93,2%, além da presença de dois ramos de comunicação com baixa frequência (6,8-10,7%).^{8,10,17,18,22,25}

A série de dados do presente estudo demonstra a presença de comunicação NMC-NM do Tipo I. Essa comunicação é relatada pela maioria dos autores como a mais comum, com incidência de 45-72%.^{3,7,8,22} Similarmente ao observado para o ramo de comunicação que surge do segmento médio do NMC (subtipo Ib), indicado por alguns autores^{3,6,15} como o tipo mais comum, o que está em concordância com os achados do presente trabalho. Comunicações relatadas em outros estudos que ocorrem antes que o NMC atravesse o MCb^{7,10,22} não foram encontradas no presente estudo. Isso provavelmente ocorreu devido a diferenças nas interpretações dos pesquisadores sobre como os fascículos lateral e medial formam o NM. A maioria dos autores apenas menciona que o ramo de comunicação vai de NMC a NM.^{5,9,10,15,16,18,22-25} No entanto, comunicação de NM para NMC do Tipo II foi observado do presente estudo em 2,8%. Isso está em concordância com os resultados relatados em outros estudos, cuja incidência varia entre 4,4-12,8%,^{3,6,23} pelo qual a comunicação entre NMC e NM pode ocorrer das duas maneiras.

As distâncias entre os pontos de emergência e a finalização do ramo de comunicação ao acrômio na série de dados do presente estudo (138-188 mm) foram consistentes com os achados da maioria dos estudos feitos anteriormente, além da alta prevalência de ramo comunicante (50-100%) que surge depois de o NMC perfurar o MCb, que foi relatado para o terço médio e para o segmento superior do terço inferior do braço.⁴⁻⁶

A maioria dos estudos fez apenas descrições qualitativas sobre a comunicação NMC-NM, enquanto poucos estudos anteriores relataram o comprimento desse ramo de comunicação.^{10,17,20} Os resultados de comprimento do ramo de comunicação do presente estudo (57,8 mm) foram relativamente maiores do que aqueles relatados por Chitra et al.¹⁷ (45 mm) e Loukas et al.¹⁰ (46 mm), enquanto Elgseeder e Goldman²⁰ relataram um comprimento consideravelmente mais curto (18 mm).

O ramo de comunicação NMC-NM esteve associado a uma cabeça adicional do bíceps braquial em 23,8% dos casos do presente estudo (fig. 2), o que também foi destacado por outros autores.^{1,3,13} Durante o planejamento de procedimentos cirúrgicos nos braços, é importante lembrar que aproximadamente um em cada quatro membros avaliados pode apresentar comunicação NMC-NM associada a uma cabeça adicional do bíceps braquial.

Aprisionamento do NMC é raro. Essa condição pode ocorrer devido ao posicionamento inadequado do braço durante o

Tabela 1 – Incidência de comunicação dos nervos músculo-cutâneo-mediano em diversas populações de acordo com vários autores

Autor, ano	População	Tamanho da amostra	Incidência n [%]		
			NMC-NM	NM-NMC	Total
Kosugi et al., 1992	Japonesa	75	54,7	–	54,7
Yang et al., 1995	Cingapuriana	24	12,5	–	12,5
Eglseder et al., 1997	Americana	108	36	–	36
Chiarapattanakon et al., 1998	Tailandesa	112	11,6	4,4	16
Venieratos et al., 1998	Gregá	158	13,9	–	13,9
Choi et al., 2002	Britânica	276	26,4	–	26,4
Beheiry, 2004	Egípcia	60	5	–	5
Loukas et al., 2005	Americana	258	46,1	–	46,1
Pacha et al., 2005	Espanhola	46	28,3	–	28,3
Chitra, 2007	Indiana	50	26	–	26
Krishnamurthy et al., 2007	Indiana	44	9,1	6,8	15,9
Bhattarai et al., 2009	Nepalesa	32	6,3	–	6,3
Guerri-Guttenberg et al., 2009	Argentina	26	53,6	–	53,6
Maeda et al., 2009	Japonesa	453	18,8	12,8	41,5
Uysal et al., 2009	Turca	140	10	–	10
Budhiraja et al., 2011	Indiana	116	20,7	–	20,7
Kervancioglu et al., 2011	Turca	20	25	–	25
Presente estudo	Colombiana	106	17	2,8	19,8

sono,^{26,27} já que o MCb e o MB agem como pontos de ancoragem para o NMC. Se essa situação coexistir com um ramo de comunicação no qual parte do NM passa através do MCb, os sinais clínicos podem ser semelhantes aos encontrados em casos de neuropatia do NM nas mãos.^{12,14} O diagnóstico da comunicação NMC-NM nesta apresentação clínica por meio de métodos eletromiográficos poderia prevenir liberações desnecessárias do túnel do carpo.

A comunicação NMC-NM deve ser considerada tanto em exames clínicos de lesões de nervos nas axilas e braços quanto em procedimentos cirúrgicos para essa região, como nos casos de retalhos neuromusculares, reparo de nervos periféricos ou até mesmo para os blocos de nervos nas extremidades superiores na prática anestésica. Lesões do NMC ou NM proximais ou distais aos ramos de comunicação poderiam determinar modificações benéficas ou prejudiciais à função e ao movimento da extremidade superior.^{10,15,24} Uma lesão do NMC proximal à comunicação NMC-NM pode levar à fraqueza inesperada dos músculos flexores e tenares do antebraço com sinais clínicos semelhantes aos observados em uma lesão do NM no nível do braço. Além disso, uma lesão do NM proximal à comunicação NM-NMC pode levar a uma apresentação clínica caracterizada pela preservação funcional dos músculos do antebraço e da mão inervados pelo NM.¹²

Em cirurgia de nervos periféricos, especialmente em técnicas de transferência de nervos, um bom conhecimento da comunicação NMC-NM é necessário. O NMC tem sido usado com sucesso como um nervo receptor para a recuperação de flexão de cotovelo.^{28,29} Além disso, o ramo motor do NMC para o MBr tem sido usado para doação aos nervos interosseos anterior e posterior no tratamento de lesões do plexo braquial inferior^{30,31} e também no tratamento de pacientes tetraplégicos.³² O presente estudo está de acordo com estudos prévios sobre a incidência da classificação Tipo IIc, observada na faixa de 16,7-33,3%.³ Caso o ramo motor do MBr seja usado para doação em transferência de nervos e uma comunicação do Tipo IIc esteja presente, pode haver um comprometimento

da pronação do antebraço, do pulso e da flexão da falange média e/ou sensibilidade dos dedos laterais da mão.

Conclusões

Conhecimento da existência da comunicação entre NMC-NM nos braços é importante para a prática clínica. Isso permite uma avaliação e um manejo adequados de problemas motores nos membros superiores causados por lesões aos nervos periféricos, além de permitir um planejamento correto para a abordagem cirúrgica para as axilas e braços.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Medicina-Legal, região nordeste da Colômbia, por fornecer as peças anatômicas para o presente estudo.

REFERÊNCIAS

1. Kosugi K, Shibata S, Yamashita H. Supernumerary head of biceps brachii and branching pattern of the musculocutaneous nerve in Japanese. *Surg Radiol Anat.* 1992;14(2):175-85.
2. Kaus M, Wotowicz Z. Communicating branch between the musculocutaneous and median nerves in human. *Folia Morphol (Warsz).* 1995;54(4):273-7.
3. Maeda S, Kawai K, Koizumi M, Ide J, Tokiyoshi A, Mizuta H, Kodama K. Morphological study of the communication between the musculocutaneous and median nerves. *Anat Sci Int.* 2009;84(1-2):34-40.

4. Mehta V, Yadav Y, Arora J, Kumar H, Suri R, Rath G. A new variant in the brachium musculature with reinforced innervation from a median-musculocutaneous nerve communication. *Morphologie*. 2009;93(301):63-6.
5. Uysal II, Karabulut AK, Büyükmumcu M, Unver Dogan N, Salbacak A. The course and variations of the branches of the musculocutaneous nerve in human fetuses. *Clin Anat*. 2009;22(3):337-45.
6. Chiarapattanakon P, Leechavengvoongs S, Witoonchart K, Verpairojkit C, Thunasethakul P. Anatomy and internal topography of the musculocutaneous nerve The nerves to the biceps and brachialis muscles. *J Hand Surg Am*. 1998;23(2):250-5.
7. Choi D, Rodriguez-Niedenfuhr M, Vazquez T, Parkin I, Sanudo JR. Patterns of connections between the musculocutaneous and median nerves in the axilla and arm. *Clin Anat*. 2002;15(1):11-7.
8. Guerri-Guttenberg RA, Ingolotti M. Classifying musculocutaneous nerve variations. *Clin Anat*. 2009;22(6):671-83.
9. Beheiry EE. Anatomical variations of the median nerve distribution and communication in the arm. *Folia Morphol (Warsz)*. 2004;63(3):313-8.
10. Loukas M, Aqueelah H. Musculocutaneous median nerve connections within proximal and distal to the coracobrachialis muscle. *Folia Morphol (Warsz)*. 2005;64(2):101-8.
11. Le Minor JM. A rare variant of the median and musculocutaneous nerve in man. *Arch Anat Histol Embryol*. 1990;73:33-42.
12. El Falougy H, Selmeçiova P, Kubikova E, Stenova J, Haviarova Z. The variable communicating branches between musculocutaneous and median nerves: a morphological study with clinical implications. *Bratisl Lek Listy*. 2013;114(5):290-4.
13. Ozturk NC, Uzmannel D, Ozturk H. An unreported pattern of musculocutaneous and median nerve communication with multiple variations of biceps brachii: a case report. *Surg Radiol Anat*. 2010;32(9):887-90.
14. Wertsch JJ, Melvin J. Median nerve anatomy and entrapment syndromes: a review. *Arch Phys Med Rehabil*. 1982;63(12):623-7.
15. Bhattarai C, Poudel PP. Unusual variation in musculocutaneous nerves in Nepalese. *Kathmandu Univ Med J*. 2009;7(4):408-10.
16. Budhiraja V, Rastogi R, Asthana AK, Sinha P, Krishna A, Trivedi V. Concurrent variations of median and musculocutaneous nerves and their clinical correlation. A cadaveric study. *Ital J Anat Embryol*. 2011;116(2):67-72.
17. Chitra R. Various types of intercommunications between musculocutaneous and median nerves: an analytical study. *Ann Indian Acad Neurol*. 2007;10(2):100-4.
18. Pacha Vicente D, Forcada- Calvet P, Carrera- Burgaya A, Llusá-Pérez M. Innervation of biceps brachii and brachialis: anatomical and surgical approach. *Clin Anat*. 2005;18(3):186-94.
19. Yang ZX, Pho RW, Kour AK, Pereira BP. The musculocutaneous nerve and its branches to the biceps and brachialis muscles. *J Hand Surg Am*. 1995;20(4):671-5.
20. Eglseider WA Jr, Goldman M. Anatomic variations of the musculocutaneous nerve in the arm. *Am J Orthop*. 1997;26(11):777-80.
21. Kervancioglu P, Orhan M, Kilinc N. Patterns of motor branching of the musculocutaneous nerve in human fetuses and clinical significance. *Clin Anat*. 2011;24(2):168-78.
22. Venieratos D, Anagnostopoulou S. Classification of communications between the musculocutaneous and median nerves. *Clin Anat*. 1998;11(5):327-31.
23. Krishnamurthy A, Nayak SR, Venkatraya Prabhu L, Hegde RP, Surendran S, Kumar M, et al. The branching pattern and communications of the musculocutaneous nerve. *J Hand Surg Eur*. 2007;32(5):560-2.
24. Laburthe-Tolra Y. Bases anatomiques des lésions opératoires du nerf musculo-cutané dans la chirurgie de l'épaule. *Chirurgie*. 1995;120(3):171-6.
25. Prasada, Rao PV, Chaudhary SC. Communication of the musculocutaneous nerve with the median nerve. *East Afr Med J*. 2000;77(9):498-503.
26. Inaba A, Yokota T. Isolated musculocutaneous nerve palsy during sleep. *Muscle Nerve*. 2003;28(6):773-4.
27. Mautner K, Keel JC. Musculocutaneous nerve injury after simulated freefall in a vertical wind-tunnel: a case report. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(3):391-3.
28. Merrell GA, Barrie KA, Katz DL, Wolfe SW. Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. *J Hand Surg Am*. 2001;26(2):303-14.
29. Yang LJ, Chang KW, Chung KC. A systematic of nerve transfer and nerve repair for the treatment of adult upper brachial plexus injury. *Neurosurgery*. 2012;71(2):417-29.
30. García A, Fernández E, Martínez F. Transfer of brachioradialis motor branch to the anterior interosseous nerve in C8-T1 brachial plexus palsy. An anatomic study. *Microsurgery*. 2013;33(4):297-300.
31. Ray WZ, Yarbrough CK, Yee A, Mackinnon SE. Clinical outcomes following brachialis to anterior interosseous nerve transfers. *J Neurosurg*. 2012;117(3):604-9.
32. Bertelli JA, Ghizoni MF. Brachialis muscle transfer to reconstruct finger flexion or wrist extension in brachial plexus palsy. *J Hand Surg Am*. 2006;31(2):190-6.