

## АНАСТОМОЗ МАРТИНА–ГРУБЕРА И ЕГО КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

И. Г. Михайлюк

Кафедра нервных болезней с медицинской генетикой и нейрохирургией ГБОУ ВПО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 150000, Ярославль, ул. Революционная, 5

**Контакты:** Игорь Геннадьевич Михайлюк [mail@dr-mig.ru](mailto:mail@dr-mig.ru)

Соединение между срединным и локтевым нервами на предплечье, известное как анастомоз Мартина–Грубера, широко распространено в общей популяции. Несмотря на то, что это соединение описано анатомами еще в XVIII веке, его значение было оценено лишь недавно в связи с широким распространением в клинической практике методов электрофизиологического исследования. Однако в отечественной литературе аспекты его практического значения описаны недостаточно и до сих пор. В настоящей статье рассматриваются вопросы распространенности данного анастомоза, его анатомическая и электрофизиологическая классификация, варианты иннервации мышц кисти, осуществляющиеся через него, описываются электрофизиологические способы и критерии его диагностики, включая технику коллизии, у здоровых лиц, а также у пациентов с поражением срединного или локтевого нервов, приводится его практическое значение. Подобный ход нервных волокон через данный анастомоз может оказывать значительное влияние на клинические проявления при поражениях срединного и локтевого нервов, а также на результаты их электрофизиологического исследования. Анастомоз Мартина–Грубера обеспечивает варибельность иннервации мышц кисти, что может затруднять топическую диагностику повреждения срединного и локтевого нервов, кроме того, из-за наличия соединения между данными нервами клиническая картина может не соответствовать степени их поражения: может сохраняться функция мышц кисти при полном повреждении нерва или, наоборот, значительно нарушаться при минимальном поражении. При этом различные электрофизиологические находки при обследовании пациентов с патологией срединного или локтевого нервов в условиях функционирующего анастомоза могут также затруднять интерпретацию полученных данных. Таким образом, знания об анатомии и физиологии соединения Мартина–Грубера необходимы как электрофизиологу для верной трактовки полученных в ходе исследования данных, так и клиницисту для точной диагностики патологии срединного и локтевого нервов и выбора верной тактики лечения.

**Ключевые слова:** анастомоз Мартина–Грубера, срединный нерв, локтевой нерв, электрофизиологическое исследование, техника коллизии, нейропатия, синдром запястного канала, иннервация мышц кисти, чувствительная иннервация, дифференциальная диагностика

DOI: 10.17650/1818-8338-2015-1-50-55

### MARTIN–GRUBER ANASTOMOSIS AND ITS CLINICAL IMPORTANCE

I. G. Mikhaylyuk

Department of Nervous System Diseases with Medical Genetics and Neurosurgery, Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia; 5 Revolyutsionnaya St., Yaroslavl, 150000, Russia

The communication between the median and ulnar nerves on the forearm, known as the Martin–Gruber anastomosis, is widespread in the general population. Despite the fact that this connection is described by anatomists in XVIII century, its importance has only recently been appreciated because of the widespread of the electrophysiological techniques in clinical practices. However, in the Russian literature aspects of its practical value described so far is not enough. This article deals with the prevalence of the anastomosis, its anatomical and electrophysiological classification, options innervation of muscles of the hand, is carried out through him, described electrophysiological methods and criteria for its diagnosis, including the collision technique, in healthy subjects and patients with lesions of the median and ulnar nerves, given its practical value. Such a course of nerve fibers through this anastomosis can have a significant impact on the clinical manifestations in patients with lesions of the median and ulnar nerves, as well as the results of an electrophysiological study. Martin–Gruber anastomosis provides variability innervation muscles of the hand, which can make it difficult topic diagnostic damage to the median and ulnar nerves, in addition, because of the connection between the nerves of the clinical presentation may not reflect the extent of their defeat: the hand muscles function can be preserved with full nerve damage or, conversely, significantly disrupted with minimal nerve lesions. Moreover, different electrophysiological findings on patients with pathology of the median or ulnar nerves in the conditions of functioning anastomosis may also complicate the interpretation of the clinical data. Thus, knowledge of the anatomy and physiology of the Martin–Gruber communication as necessary for the electrophysiologist for correct interpretation of the finding and the clinician to accurately diagnose the pathology of the median and ulnar nerves and correct choice of treatment.

**Key words:** Martin–Gruber anastomosis, median nerve, ulnar nerve, electrophysiological study, collision technique, neuropathy, carpal tunnel syndrome, hand muscles innervation, sensory innervation, differential diagnosis

**Введение**

Соединение между срединным и локтевым нервами на предплечье известно анатомам с XVIII века [1]. Однако особую актуальность данные знания приобрели относительно недавно, в связи с широким распространением электрофизиологических методов исследований.

Аномальный ход волокон в составе данных анастомозов может затруднять интерпретацию результатов электрофизиологического исследования [2], а также искажать клиническую картину при поражении срединного или локтевого нервов [3, 4].

При всей актуальности данной проблемы, в отечественной литературе она практически не освещена. Этот факт в совокупности с широким распространением подобных нервных коммуникаций может создавать трудности при диагностике и лечении поражений срединного и локтевого нервов в условиях функционирующего анастомоза.

**Анатомия и классификация**

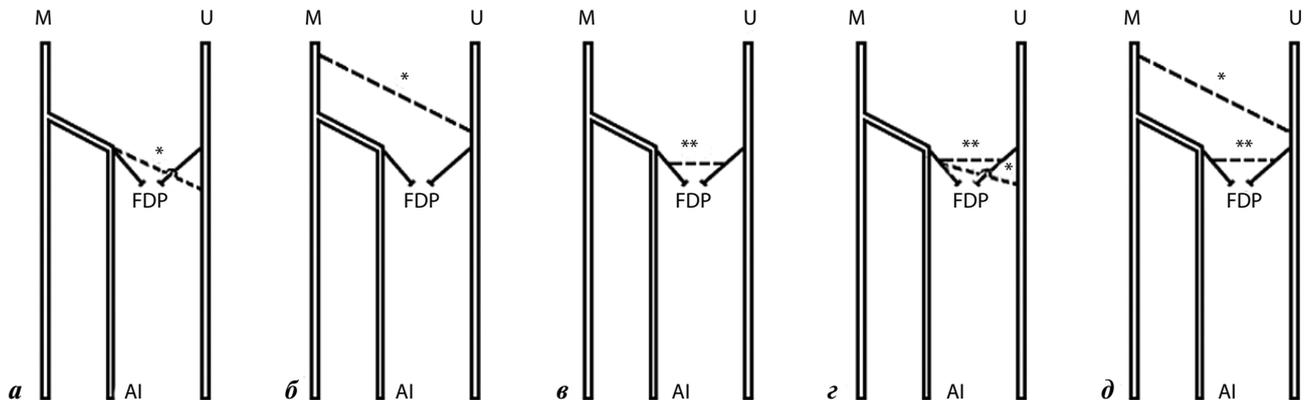
Впервые соединение между срединным и локтевым нервами в области предплечья шведский анатом Мартин в 1763 г. описал как ветвь, которая «иногда проходит под круглым пронатором». При этом в своей работе он не оставил никаких комментариев по поводу того, какие волокна – двигательные или чувствительные – содержит данный анастомоз и что он иннервирует. Позже, в 1870 г., Грубер, препарировав 250 предплечий, обнаружил 38 подобных соединений [1]. Впоследствии соединение срединного и локтевого нервов получило название анастомоза Мартина–Грубера.

Его распространенность, по данным анатомических исследований, различна и составляет (в скобках указано количество обнаруженных анастомозов и общее число исследованных конечностей): Gruber (1870) – 15,2 % (38/250) [4], Hirasawa (1931) – 10,5 % (13/124) [5], Srinivasan и Rhodes (1981) – 15,5 %

(31/200) [6], Thomson (1983) – 15,5 % (63/406) [5], Nakashima (1993) – 21,3 % (28/108) [7], Taams (1997) – 23 % (14/112) [8], Shu et al. (1999) – 23,6 % (17/72) [9], Rodriguez-Niedenfuhr et al. (2002) – 13,6 % (19/140) [10], Prates et al. (2003) – 7,8 % (5/64) [11], Sarikcioglu et al. (2003) – 6,6 % (2/30) [5], Kazakos et al. (2005) – 8,6 % (14/163) [1], Felipe et al. (2012) – 10 % (3/30) [4]. Чаще анастомоз встречается справа [5, 7–9], в 10–40 % случаев он бывает двусторонним [1, 6, 8]. Учитывая широкую распространенность анастомоза, он рассматривается как вариант развития, а не аномалия.

Значимого преобладания встречаемости анастомоза в зависимости от пола, а также расовой принадлежности не выявлено [11]. Не исключается генетическая обусловленность наличия срединно-локтевого соединения: Crutchfield и Gutmann [12] при обследовании членов семей, где был выявлен данный анастомоз, обнаружили, что его распространенность была значительно выше, чем в общей популяции, и составляла 62 %, а Srinivasan и Rhodes [6] при исследовании плодов с трисомией 21-й пары хромосом обнаружили во всех случаях наличие двустороннего анастомоза Мартина–Грубера. Филогенетически анастомоз может рассматриваться как остатки общего вентрального нервного ствола, иннервирующего мышцы-сгибатели, присутствующего на ранних стадиях развития [1]. Факт того, что наличие анастомоза филогенетически обусловлено, подтверждают данные исследования Shu et al. [9], отмечавших его широкую распространенность у обезьян.

Единой анатомической классификации данного анастомоза не существует. Различные классификации были предложены Hirasawa [5], Srinivasan и Rhodes [6], Thomson [5], Nakashima [7], Shu et al. [9], Rodriguez-Niedenfuhr et al. [10]. Схематическое изображение различных анатомических вариантов анастомоза Мартина–Грубера представлено на рис. 1. Соотношение данных анатомических вариантов с классификациями различных авторов представлено в таблице.



**Рис. 1.** Анатомические варианты анастомоза Мартина–Грубера (\*, \*\*): а – соединение переднего межкостного (AI) и локтевого (U) нервов; б – соединение срединного (M) и локтевого нервов; в – соединение между мышечными ветвями срединного и локтевого нервов, иннервирующих глубокий сгибатель пальцев (FDP); г – соединение переднего межкостного и локтевого нервов, а также соединение между мышечными ветвями срединного и локтевого нервов, иннервирующих глубокий сгибатель пальцев (комбинация а и в); д – соединение между мышечными ветвями срединного и локтевого нервов, иннервирующих глубокий сгибатель пальцев (комбинация б и в)

Соотношение анатомических вариантов анастомоза Мартина–Грубера с классификациями различных авторов

Вариант (по рис. 1)	Hirasawa [5]	Srinivasan и Rhodes [6]	Thomson [5]	Nakashima [8]	Shu et al. [9]	Rodriguez-Niedenfuhr et al. [10]
а	Косой анастомоз	Типы I, II, VI	Класс I	Тип Ia	Тип I	Паттерн I (тип Ic), паттерн II
б		Тип III	Класс II	Тип Ib	Тип II	Паттерн I (типы Ia, Ib)
в	Петлевой анастомоз		Класс III	Тип II	Тип III	
г	Комбинированный анастомоз	Типы IV, V		Тип III (Ia + II или Ib + II)	Тип IVa	
д					Тип IVb	

Анастомоз в своем составе может содержать как двигательные, так и чувствительные волокна [6], в зависимости от варианта соединения. В большинстве случаев анастомоз отходит от переднего межкостного нерва [5–7, 9], соответственно, в этом случае он содержит исключительно двигательные волокна. Гораздо реже анастомоз отходит непосредственно от срединного нерва [5–7, 9], в этом случае он может содержать в своем составе чувствительные волокна [7].

### Электрофизиология анастомоза в норме и при патологии

Первым, кто использовал электрофизиологическую диагностику для обнаружения анастомоза Мартина–Грубера, был Mannerfelt [13]. Распространенность анастомоза, по данным электрофизиологических исследований, составляет: Mannerfelt (1966) – 15 % (6/41) [13], Kimura et al. (1976) – 15 % (96/656) [14], Wilbourn и Lambert (1976) – 21 % (22/200) [1], Kayamori (1987) – 9,7 % (116/1200) [15], Simonetti (2001) – 57 % (24/42) [16], Erdem et al. (2002) – 27 % (27/100) [17], Sarikcioglu et al. (2003) – 3,3 % (2/60) [6], Pawara et al. (2011) – 7 % (14/200) [18].

В основе электрофизиологической диагностики наличия срединно-локтевого анастомоза и определения его типа лежит сравнение амплитуд моторного ответа (М-ответа) мышц кисти, полученных при супрамаксимальной стимуляции срединного и локтевого нервов в проксимальной (область локтя) и дистальной (область запястья) точках [2]. В случае наличия анастомоза М-ответ мышц кисти, иннервируемых им, будет выше при стимуляции срединного нерва в проксимальной точке, чем в дистальной (рис. 2), при этом М-ответ при стимуляции локтевого нерва, наоборот, будет ниже в проксимальной точке, чем в дистальной [2, 12, 19]. Значимым является отличие амплитуд при стимуляции в проксимальной и дистальной точках в 1,2 раза. При этом должны оцениваться именно оба нерва, так как подобные изменения изолированно одного нерва могут свидетельствовать о его поражении [2].

Такие особенности электрофизиологической картины объясняются описанным выше анатомическим



Рис. 2. М-ответ мышц кисти при стимуляции срединного нерва в проксимальной и дистальной точках при наличии срединно-локтевого анастомоза Мартина–Грубера II типа у здорового человека

строением срединно-локтевого соединения и связаны с тем, что в случае наличия анастомоза большинство волокон, иннервирующих мышцы кисти, в составе срединного нерва доступны стимуляции в проксимальной точке, а в составе локтевого нерва – в дистальной [2].

Из-за близкого расположения мышц кисти между собой при использовании поверхностных электродов М-ответ может регистрироваться от соседних мышц вследствие объемного распространения потенциала. Это может ошибочно трактоваться как наличие срединно-локтевого анастомоза. В таких случаях источник регистрируемого М-ответа может быть уточнен при помощи игольчатых электродов [20].

Другой техникой, помогающей определить наличие срединно-локтевого анастомоза, является техника коллизии импульсов (collision technique) [21], впервые использованная для этого Kimura в 1976 г. Суть этой техники заключается в одновременной стимуляции нерва в дистальной и проксимальной точках, в результате чего антидромный импульс из точки дистальной стимуляции блокирует встречный ортодромный импульс из проксимальной точки. Таким образом, в случае отсутствия анастомоза М-ответ на стимул в проксимальной точке не возникает, а в случае его наличия позволяет в зависимости от места стимуляции (дистальная точка срединного или локтевого нервов) выделить М-ответ от мышц, иннервируемых волокнами,

проходящими через этот анастомоз, либо, наоборот, заблокировать импульс, исключив таким образом М-ответ [20].

В результате проведенных электрофизиологических исследований было установлено, что нервные волокна, проходящие через анастомоз Мартина–Грубера от срединного к локтевому нерву, иннервируют мышцы кисти в различных комбинациях: первую тыльную межкостную мышцу, мышцы тенара и гипотенара. В соответствии с этим разработана электрофизиологическая классификация анастомоза Мартина–Грубера [19, 21, 22]:

I тип – иннервирует мышцы гипотенара;

II тип – иннервирует первую тыльную межкостную мышцу;

I + II тип – иннервирует мышцы гипотенара и тыльную межкостную мышцу;

III тип – иннервирует мышцы тенара.

Наиболее часто встречается II тип анастомоза. Так, по данным Mannerfelt [14], в 5 из 6 случаев через анастомоз иннервировалась первая тыльная межкостная мышца, в 4 – мышца, приводящая большой палец, в 2 – мышцы гипотенара. У Wilbourn и Lambert [1] из 22 обнаруженных анастомозов 21 иннервировал первую тыльную межкостную мышцу, 9 – мышцы гипотенара, 3 – мышцы тенара. У Erdem [17] из 100 обследованных конечностей 21 анастомоз иннервировал первую тыльную межкостную мышцу, 3 – мышцы гипотенара, 2 – мышцы гипотенара и первую тыльную межкостную мышцу, в 1 случае – мышцы тенара.

Сочетание анастомоза срединного и локтевого нервов с их поражением может порождать дополнительные изменения при проведении электрофизиологических исследований, вызывая затруднения при их интерпретации.

В случае синдрома запястного канала в сочетании со срединно-локтевым анастомозом при проксимальной стимуляции срединного нерва и регистрации М-ответа с мышц тенара возникает положительное начальное отклонение, которое не проявляется при стимуляции в дистальной точке [23] (рис. 3). Подобная картина также может наблюдаться как артефакт при неправильном размещении электрода. Исследование М-ответов при стимуляции срединного и локтевого нервов, описанное выше, позволяет исключить связь данных изменений с погрешностью техники проведения исследования и подтвердить таким образом наличие срединно-локтевого анастомоза. Начальное положительное отклонение, сопутствующее присутствию анастомоза, объясняется следующим: из-за блока проведения в области запястного канала проведение нервного импульса от места стимуляции до иннервируемых мышц осуществляется медленнее по аксонам, проходящим в составе срединного нерва через запястный канал, чем по аксонам, переходящим в составе анастомоза в локтевой нерв.



Рис. 3. М-ответ мышц кисти при стимуляции срединного нерва в проксимальной и дистальной точках при наличии срединно-локтевого анастомоза Мартина–Грубера у пациента с синдромом запястного канала. При стимуляции в проксимальной точке М-ответы мышц тенара предшествует начальное положительное отклонение. Скорость проведения импульса искусственно увеличена и составляет 74,4 м/с (разница латентностей – 2,5; расстояние – 186 мм)

Следующей электрофизиологической находкой при сочетании синдрома запястного канала и анастомоза Мартина–Грубера является ошибочно нормальная или незначительно сниженная проксимальная латентность М-ответа при стимуляции срединного нерва, сочетающаяся с удлинением дистальной латентности [24, 25]. Это, в свою очередь, может приводить к ошибочному расчету скорости проведения по срединному нерву (рис. 4).

Наконец, возможно появление двухкомпонентного М-ответа мышц тенара при стимуляции в проксимальной точке, который также обусловлен более медленным распространением импульса по аксонам срединного нерва через запястный канал, чем по аксонам, присоединившимся через анастомоз к локтевому нерву. При этом при стимуляции срединного нерва в дистальной точке в М-ответе компонент локтевого нерва уже отсутствует [26] (рис. 5).

В условиях поражения локтевого нерва срединно-локтевой анастомоз также может проявлять себя не-



Рис. 4. М-ответ первой тыльной межкостной мышцы при стимуляции локтевого и срединного нервов в проксимальной и дистальной точках при наличии срединно-локтевого анастомоза Мартина–Грубера у пациента с полным рассечением локтевого нерва. М-ответ возникает при стимуляции локтевого нерва в дистальной точке, а при стимуляции в проксимальной точке – не возникает. Такой же ответ возникает при стимуляции срединного нерва в проксимальной точке



**Рис. 5.** М-ответ мышц кисти при стимуляции срединного и локтевого нервов в проксимальной и дистальной точках при наличии срединно-локтевого анастомоза Мартина—Грубера у пациента с синдромом запястного канала. При стимуляции срединного нерва в проксимальной точке возникает двухфазный М-ответ, который отсутствует при стимуляции в дистальной точке

обычными находками при исследовании проведения нервного импульса.

Лучше всего это иллюстрируется при полном поражении локтевого нерва на уровне локтя [2]. При этом стимуляция локтевого нерва выше и ниже локтя не вызывает М-ответ с мышц гипотенара или первой тыльной межкостной мышцы, а стимуляция в области запястья — вызывает. Такая же ситуация может быть в случае блока проведения по локтевому нерву на предплечье. Поэтому для подтверждения факта наличия анастомоза в данной ситуации проводится исследование срединного нерва: при его стимуляции в области локтя возникает М-ответ мышц гипотенара и/или первой тыльной межкостной мышцы, а при дистальной стимуляции в области запястья М-ответ этих мышц не наблюдается или является очень слабым. В данном случае очень важна правильная интерпретация этих электрофизиологических данных. Она позволит избежать неправильного заключения в случае полного поражения локтевого нерва, что часть его аксонов осталась интактной.

#### **Влияние анастомоза на клиническую картину поражения срединного и локтевого нервов**

Кроме влияния на данные электрофизиологических исследований, соединение срединного и локтевого нервов в области предплечья оказывает значительное влияние на клиническую картину поражений периферических нервов верхней конечности, затрудняя постановку верного диагноза.

В случае наличия соединения между срединным и локтевым нервом классическая картина поражения

определенного нерва может становиться неполной либо, наоборот, избыточной [3, 4].

Так, при поражении срединного нерва в предплечье дистальнее места отхождения анастомоза Мартина—Грубера, например при синдроме запястного канала, симптоматика может быть неполной — сила мышц, которые иннервируются волокнами, проходящими в составе анастомоза, не страдает, кроме того, в случае наличия сенсорных волокон в составе соединения расстройства чувствительности могут не возникать или быть выраженными незначительно [4, 24].

В случае же поражения локтевого нерва дистальнее места присоединения анастомоза Мартина—Грубера клиника может становиться избыточной, так как помимо собственных волокон локтевого нерва страдают волокна, пришедшие через данное соединение от срединного нерва. В этом случае помимо клинических проявлений поражения локтевого нерва дополнительно может возникнуть слабость мышц, иннервируемых через анастомоз срединным нервом, а также в случае наличия сенсорных волокон в составе анастомоза — расстройства чувствительности, характерные для поражения срединного нерва [27].

Иногда сам анастомоз может быть дополнительным потенциальным местом поражения за счет компрессии со стороны прилежащих мышц [28].

Помимо затруднений при установлении диагноза наличие анастомозов между нервами может приводить к выбору неверной тактики лечения из-за несоответствия клинической картины и степени поражения нерва. Особенно это актуально при дифференциальной диагностике полного и частичного поражения нерва, например в результате травмы [4, 29]. Из-за наличия анастомозов и вариабельности иннервации мышц кисти их сила и чувствительность в соответствующем нерву участке кожи могут страдать незначительно. Это приводит к ошибочному назначению консервативного лечения вместо оперативного [30]. В данном случае может быть полезно ультразвуковое исследование нервного ствола, позволяющее визуализировать место поражения нерва и оценить степень его поражения [31].

#### **Заключение**

Таким образом, знания об анатомии и физиологии анастомоза между срединным и локтевым нервами необходимы как электрофизиологу для правильной интерпретации получаемых данных, так и клиницисту для постановки правильного диагноза и выбора верной тактики лечения.

1. Kazakos K.J., Smyrnis A., Xarchas K.C. et al. Anastomosis between the median and ulnar nerve in the forearm. An anatomic study and literature review. *Acta Orthop Belg* 2005;71(1):29–35.
2. Amoiridis G., Vlachonikolis I.G. Verification of the median-to-ulnar and ulnar-to-median nerve motor fiber anastomosis in the forearm: an electrophysiological study. *Clin Neurophysiol* 2003;114(1):94–8.
3. Brandsma J.W., Birke J.A., Sims D.S. Jr. The Martin–Gruber innervated hand. *J Hand Surg Am* 1986;11(4):536–9.
4. Felipe M.M., Telles F.L., Soares A.C.L. et al. Anastomosis between median nerve and ulnar nerve in the forearm. *J Morphol Sci* 2012;29(1):23–6.
5. Sarikcioglu L., Sindel M., Ozkaynak S., Aydin H. Median and ulnar nerve communication in the forearm: an anatomical and electrophysiological study. *Med Sci Monit* 2003;9(9):BR351–6.
6. Srinivasan R., Rhodes J. The median-ulnar anastomosis (Martin–Gruber) in normal and congenitally abnormal fetuses. *Arch Neurol* 1981;38(7):418–9.
7. Nakashima T. An anatomic study on the Martin–Gruber anastomosis. *Surg Radiol Anat* 1993;15(3):193–5.
8. Taams K.O. Martin–Gruber connections in South Africa. *J Hand Surg Br* 1997;22(3):328–30.
9. Shu H.S., Chantelot C., Oberlin C. et al. Martin–Gruber communicating branch: anatomical and histological study. *Surg Radiol Anat* 1999;21(2):115–8.
10. Rodriguez-Niedenfuhr M., Vazquez T., Parkin I. et al. Martin–Gruber anastomosis revisited. *Clin Anat* 2002;15(2):129–34.
11. Prates L.C., Carvalho V.C., Prates J.C. et al. The Martin–Gruber anastomosis in brazilians: an anatomical study. *Braz J Morphol Sci* 2003;20(3):177–80.
12. Crutchfield C.A., Gutmann L. Hereditary aspects of median-ulnar nerve communications. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1980;43(1):53–5.
13. Mannerfelt L. Studies on the hand of in ulnar nerve paralysis. A clinical experimental investigation in normal and anomalous innervations. *Acta Orthop Scand* 1966: Suppl 87:1+.
14. Kimura J., Murphy M.J., Yarda D.J. Electrophysiological study of anomalous innervation of intrinsic hand muscles. *Arch Neurol* 1976;33(12):842–4.
15. Kayamori R. Electrodiagnosis in Martin–Gruber anastomosis. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 1987;61(12):1367–72.
16. Simonetti S. Electrophysiological study of forearm sensory fiber crossover in Martin–Gruber anastomosis. *Muscle Nerve* 2001;24(3):380–6.
17. Erdem H.R., Ergun S., Erturk C., Ozel S. Electrophysiological evaluation of the incidence of Martin–Gruber anastomosis in healthy subjects. *Yonsei Med J* 2002;43(3):291–5.
18. Pawara S., Gatheeb B., Jain A.P. et al. Electrophysiologic study of Martin–Gruber anastomosis (MGA) in Central Indian subjects. *Int J Biol Med Res* 2011;2(4):1165–7.
19. Preston D.C., Shapiro B.E. Electromyography and neuromuscular disorders: clinical-electrophysiologic correlations. Boston: Butterworth–Heinemann, 1998.
20. Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford University Press, 2001.
21. Oh S. Clinical electromyography: nerve conduction studies. 3<sup>rd</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 2003.
22. Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Davis, 1989.
23. Gutmann L., Gutierrez A., Riggs J.E. The contribution of median to ulnar communication in diagnosis of mild carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1986;9(4):319–21.
24. Iyer V., Fenichel G.M. Normal median nerve proximal latency in carpal tunnel syndrome: a clue to coexisting Martin–Gruber anastomosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976;39(5):449–52.
25. Kimura J. Collision technique. Physiologic block of nerve impulses in studies of motor nerve conduction velocity. *Neurology* 1976;26(7):680–2.
26. Gutmann L. AAEM minimonograph #2: important anomalous innervations of the extremities. *Muscle Nerve* 1993;16(4):339–47.
27. Sraj S.A., Moussallem C.D., Stafford J.B. Cubital tunnel syndrome presenting with carpal tunnel symptoms: clinical evidence for sensory ulnar-to-median nerve communication. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2009;38(6):E104–6.
28. Rodriguez-Niedenfuhr M., Vazquez T., Ferreira B. et al. Intramuscular Martin–Gruber anastomosis. *Clin Anat* 2002;15(2):135–8.
29. Kline D.G., Hubson A.R. Acute injuries of the peripheral nerve. In: J.R. Voumans (ed.). *Neurological surgery*. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Saunders, 1990.
30. Van Tieghem J., Vandendriessche G., Vanhecke J. Martin–Gruber anastomosis: the explanation for late diagnosis of severe ulnar nerve lesions at the elbow. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1987;27(1):13–8.
31. Kim B.J., Kim D.H. Ulnar neuropathy around the mid-arm combined with Martin–Gruber anastomosis. *Ann Rehabil Med* 2012;36(5):719–23.