

# Сопоставление данных ультразвукового и электрофизиологического исследований при невропатии локтевого нерва в области локтя

Э.Ю. Малецкий<sup>1</sup>, Н.Ю. Александров<sup>1</sup>,  
М.М. Короткевич<sup>2</sup>, И.Э. Ицкович<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ ВПО “Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А.Л. Поленова ФГБУ “Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

Для оценки изменения площади поперечного сечения различных сегментов локтевого нерва при невропатии в области локтя у 88 пациентов с клинической картиной поражения локтевого нерва в области локтя исследовали 110 локтевых нервов. В качестве контроля исследовали 141 локтевой нерв у 91 пациента контрольной группы. Степень поражения нерва определяли с помощью электронейромиографии: легкая ( $n = 23$ ), средняя ( $n = 37$ ), выраженная ( $n = 27$ ), резко выраженная

( $n = 23$ ). В контрольной группе ( $n = 141$ ) показатели невралной проводимости были нормальными. Площадь поперечного сечения локтевого нерва измеряли с помощью ультразвукового исследования в средней трети предплечья ( $S1$ ), в кубитальном туннеле ( $S2$ ), в надмышцелково-локтевом желобе ( $S3$ ), перед входом в надмышцелково-локтевой желоб ( $S4$ ), в средней трети плеча ( $S5$ ). Максимальный уровень корреляции между значениями площади поперечного сечения и степенью поражения лок-

Э.Ю. Малецкий – ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО “Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Н.Ю. Александров – к.м.н., доцент кафедры функциональной диагностики ГБОУ ВПО “Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Министерства здравоохранения Российской Федерации. М.М. Короткевич – нейрохирург нейрохирургического отделения №1 (отделения хирургии травмы центральной и периферической нервной системы, ее последствий и функциональной нейрохирургии) Российского научно-исследовательского нейрохирургического института имени профессора А.Л. Поленова ФГБУ “Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова” Министерства здравоохранения Российской Федерации. И.Э. Ицкович – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО “Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова” Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Контактная информация:** 191015 г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41, СЗГМУ им. И.И. Мечникова, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии. Малецкий Эдуард Юрьевич. Тел.: +7 (812) 303-50-82.  
E-mail: edikm@yandex.ru

тевого нерва определили в сегментах S2, S3 и S4 ( $r = 0,58, 0,68$  и  $0,64$  соответственно,  $P < 0,05$ ). При объединении сегментов S2, S3 и S4 с выбором максимального значения площади поперечного сечения получили более высокий уровень корреляции ( $r = 0,76, P < 0,05$ ). Обратную корреляционную взаимосвязь выявили между значениями площади поперечного сечения и скорости моторного проведения в сегменте локтевого нерва ( $r = -0,74, P < 0,05$ ). При измерении на участке нерва, объединяющем сегменты S2, S3 и S4, пороговое значение площади поперечного сечения составило  $12 \text{ мм}^2$  (норма –  $\leq 12 \text{ мм}^2$ , патология –

$> 12 \text{ мм}^2$ ; чувствительность – 84%, специфичность – 95%, точность – 90%, AUC – 0,928). На этом же участке нерва определили пороговое значение для разделения типов поражения –  $18 \text{ мм}^2$  (демиелинизирующий тип –  $\leq 18 \text{ мм}^2$ , аксональный тип –  $> 18 \text{ мм}^2$ ; чувствительность – 60%, специфичность – 86%, точность – 74%, AUC – 0,779).

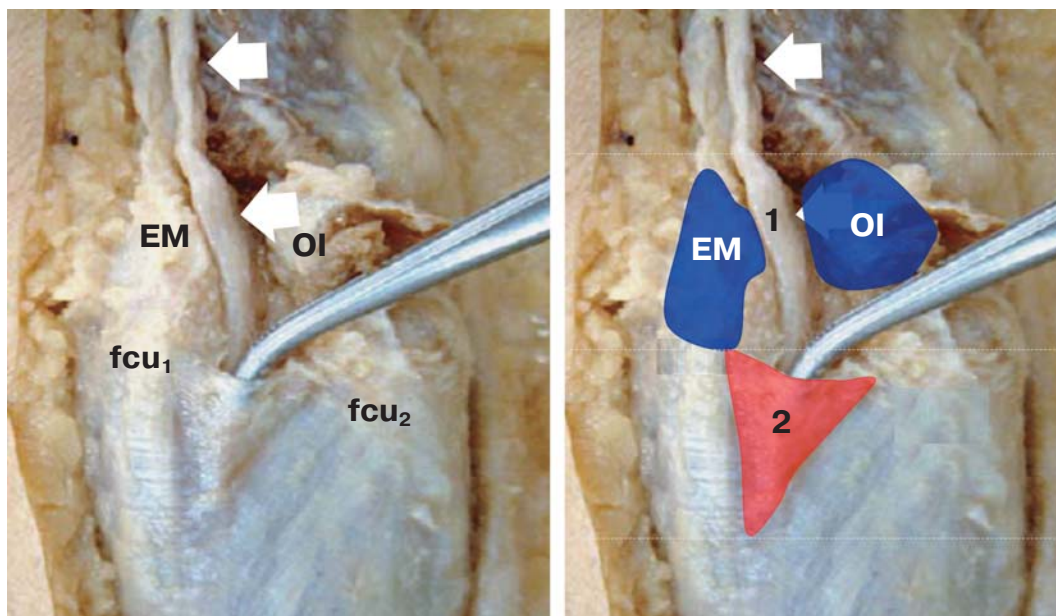
**Ключевые слова:** ультразвуковое исследование периферических нервов, невропатия локтевого нерва в области локтя, площадь поперечного сечения, электронейромиография, скорость проведения по нерву.

## ВВЕДЕНИЕ

По данным литературы, в области локтя существуют до четырех последовательно расположенных мест потенциальной компрессии локтевого нерва [1–5]. Из них наиболее известны: надмыщелково-локтевой желоб (между медиальным надмыщелком плечевой кости и локтевым отростком) и расположенный дистальнее кубитальный туннель (под фиброзной аркой между головками локтевого сгибателя запястья) [6–11]

(рис. 1). Каждый уровень фактически является отдельным туннелем со своими закономерностями развития конфликта [2]. При клиническом обследовании очень трудно провести различие между вероятными участками сжатия нерва [8, 9].

Термин “кубитальный туннельный синдром” (*cubital tunnel syndrome*) был введен Feindel и Stratford в 1958 г. для описания сдавления нерва в кубитальном туннеле [3, 7]. В дальнейшем, по мере открытия но-



**Рис. 1.** Заднемедиальная область правого локтевого сустава [11]. Локтевой нерв (стрелки) в надмыщелково-локтевом желобе (1) между медиальным надмыщелком плечевой кости (EM) и локтевым отростком (OI) и в кубитальном туннеле под фиброзной аркой (2) между плечевой ( $fcu_1$ ) и локтевой ( $fcu_2$ ) головками локтевого сгибателя запястья.

вых участков потенциальной компрессии, термин изменял свою смысловую нагрузку. При этом часть авторов использовала его для описания всех туннельных невропатий кубитальной (локтевой) области, а часть – как термин, описывающий сдавление только в кубитальном туннеле [1, 3, 8, 12, 13]. Определенные сложности в правильной интерпретации заключений также может вносить термин “локтевой туннельный синдром” (*ulnar tunnel syndrome*), введенный в 1965 г. DuPont для описания дистального поражения локтевого нерва на уровне канала Гийона [14, 15]. В последние годы как в зарубежной, так и в отечественной литературе все чаще применяются термины, не допускающие двойного толкования:

– невропатия локтевого нерва в области локтя (НЛНол) (*ulnar neuropathy at the elbow*) [2, 6, 10, 16–25],

– невропатия локтевого нерва в области запястья (*ulnar neuropathy at the wrist*) [24].

В нашей работе мы отдаем предпочтение термину “НЛНол”, хотя и не считаем использование традиционного термина “кубитальный туннельный синдром” некорректным.

НЛНол – это одна из наиболее часто встречающихся туннельных невропатий с уровнем заболеваемости 24,7 случая на 100 000 населения [17]. Показатели заболеваемости у мужчин выше, чем у женщин, и составляют соответственно 25,2 и 18,9 случая на 100 000 населения [26]. Уровень распространенности среди активно работающих достигает 3,6% [24]. Доля НЛНол в структуре заболеваний опорно-двигательного аппарата достигает 5,2% [27]. В структуре других туннельных невропатий НЛНол занимает второе место, уступая только синдрому запястного канала [18].

Традиционно диагноз “НЛНол” ставится на основании данных анамнеза, клинической картины и результатов электрофизиологического исследования, с помощью которого в подавляющем большинстве случаев возможно достоверно локализовать уровень и определить степень поражения нерва [16]. Однако электрофизиологическое обследование не предоставляет информации о морфологических изменениях нервного ствола и окружающих его анатомических структур. Для этого необходимо

применение методов лучевой визуализации. При этом возможности магнитно-резонансной томографии оказываются сильно ограниченными большой протяженностью периферического нерва.

С конца 90-х годов по мере совершенствования аппаратуры растущую популярность в диагностике невропатий приобретает ультразвуковое исследование. В настоящее время накоплен достаточный объем клинического материала, подтверждающий ценность ультразвукового исследования, в том числе и для диагностики НЛНол [22, 23, 25, 28]. Однако до сих пор остаются неясными некоторые вопросы.

1) В какой степени процесс утолщения охватывает все сегменты локтевого нерва при НЛНол? В большинстве исследований имеются указания на изменение локтевого нерва в области локтя и нет данных по его состоянию на плече и предплечье.

2) Каков уровень корреляционной взаимосвязи между площадью поперечного сечения (ППС) нерва и степенью его поражения при НЛНол? Данные литературы разнятся, встречаются указания как на высокий уровень корреляции [25], так и на ее отсутствие [23].

3) Какова диагностическая эффективность результатов ультразвуковых измерений локтевого нерва для разделения нормы и патологии, определения различных типов поражения при НЛНол?

Необходимость ответа на эти вопросы определяет актуальность нашего исследования.

Цель исследования – улучшение диагностики НЛНол за счет применения ультразвукового метода. Для этого сформулированы следующие задачи:

1) оценить с помощью ультразвукового исследования, как изменяется ППС различных сегментов локтевого нерва в зависимости от степени и типа его поражения при НЛНол;

2) определить сегменты, в которых изменение ППС в наибольшей степени коррелирует со степенью нарушения функции нерва;

3) для сегментов с наибольшим уровнем корреляции рассчитать пороговые показатели, позволяющие разделять норму и патологию, а также различные типы поражения нерва при НЛНол.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

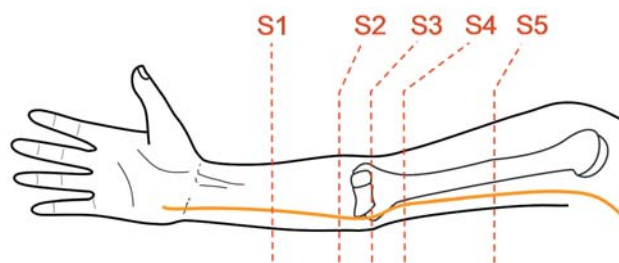
В основную группу включили 88 пациентов (мужчин – 59, женщин – 29) в возрасте от 20 до 74 лет с клинической картиной поражения локтевого нерва в области локтя. Всего в основной группе исследовали 110 локтевых нервов. Предварительный диагноз определяли на основании характерного анамнеза, данных провокационных тестов, характера и распределения чувствительных и в ряде случаев двигательных и трофических нарушений.

В контрольную группу вошел 91 человек (мужчин – 59, женщин – 32) в возрасте от 24 до 77 лет, у которых отсутствовали признаки поражения локтевого нерва по данным клинико-анамнестического обследования. В этой группе исследовали 141 локтевой нерв.

Для верификации диагноза и определения степени и типа поражения всем пациентам основной и контрольной групп выполнили электронейромиографию (ЭНМГ) по стандартной методике с оценкой сенсорного и моторного проведения по локтевому нерву. Исследование проводили на электромиографе Viking Select (Nicolet Biomedical, США). По данным ЭНМГ обследуемых разделили на группы по степени поражения нерва [2, 3, 10, 16]:

- норма – нет изменений (контрольная группа);
- легкая – снижение скорости сенсорного и (или) моторного проведения по локтевому нерву (сенсорного <50 м/с, моторного <51 м/с);
- средняя – блок проведения со снижением амплитуды М-ответа при стимуляции проксимальнее участка поражения более чем на 20% в сравнении с нормальными показателями дистально (нет признаков утраты аксонов – нейропраксия);
- выраженная – снижение амплитуды М-ответа при стимуляции дистальнее места поражения <4 мВ (есть признаки утраты аксонов);
- резко выраженная – снижение амплитуды М-ответа при стимуляции дистальнее места поражения <1 мВ (есть признаки утраты аксонов).

Ультразвуковое исследование проводили на сканере Logiq E9 (GE HC, США) линейным датчиком с частотой сканирования



**Рис. 2.** Измерение ППС локтевого нерва по сегментам: S1 (средняя треть предплечья), S2 (кубитальный туннель), S3 (надмышцелково-локтевой желоб), S4 (перед входом в надмышцелково-локтевой желоб), S5 (средняя треть плеча).

9–15 МГц. С помощью функции эллипса определяли максимальную ППС локтевого нерва в 5 сегментах (рис. 2):

- S1 (в средней трети предплечья);
- S2 (в кубитальном туннеле);
- S3 (в надмышцелково-локтевом желобе);
- S4 (перед входом в надмышцелково-локтевой желоб);
- S5 (в средней трети плеча).

**Статистический анализ.** Полученные количественные характеристики ППС локтевого нерва при различных стадиях нарушения проведения сравнивали с помощью непараметрических критериев. Взаимосвязь между ППС нерва и скоростью проведения, а также ППС нерва и стадией нарушения проведения описывали с помощью коэффициента линейной корреляции Пирсона ( $r$ ). Пороговые значения ППС локтевого нерва получали методом построения классификационных деревьев и с помощью ROC-анализа. Полученные количественные данные обрабатывали с помощью системы *Statistica for Windows* (версия 10). Количественные данные представлены в виде  $M \pm m$  ( $M$  – среднее значение,  $m$  – стандартная ошибка среднего),  $Me$  (медиана),  $Min-Max$  (минимальное – максимальное значения),  $LQ-UQ$  (интерквартильный размах: 25–75-й процентиля). Различия считали достоверными при  $P \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При сравнении ППС симметричных сегментов непораженных нервов по доминантной и недоминантной рукам, а также по правой и левой сторонам как в основной,

**Таблица 1.** ППС сегментов локтевого нерва (мм<sup>2</sup>) у пациентов с различной степенью поражения

Сегмент	Показатель	Норма (n = 141)	Степени поражения			
			легкая (n = 23)	средняя (n = 37)	выраженная (n = 27)	резко выраженная (n = 23)
S1	M ± m	6,3 ± 0,1	6,5 ± 0,3	6,8 ± 0,4	8,1 ± 0,5	9,0 ± 0,7
	Min-Max	3,0-10,0	4,0-9,0	5,0-15,0	5,0-14,0	5,0-18,0
	Me	6,0	6,0	6,0	8,0	9,0
	(LQ-UQ)	(5,0-7,0)	(6,0-8,0)	(5,0-8,0)	(6,0-9,0)	(7,0-10,0)
S2	M ± m	8,0 ± 0,12	9,0 ± 0,5	10,6 ± 0,59	12,2 ± 0,78	12,7 ± 0,77
	Min-Max	5-11	5-15	5-22	6-24	8-21
	Me	8	9	10	12	12
	(LQ-UQ)	(7-9)	(7-10)	(8-12)	(9-14)	(9-15)
S3	M ± m	9,2 ± 0,13	11,7 ± 0,69	13,6 ± 0,57	16,9 ± 1,04	17,3 ± 1,33
	Min-Max	5-14	7-20	8-27	9-25	8-38
	Me	9	11	14	17	16
	(LQ-UQ)	(8-10)	(10-13)	(11-15)	(12-22)	(14-22)
S4	M ± m	9,7 ± 0,14	12,8 ± 0,81	14,4 ± 0,85	17,4 ± 1,3	18,8 ± 1,26
	Min-Max	6-18	7-23	7-31	8-43	10-30
	Me	10	12	14	16	17
	(LQ-UQ)	(9-11)	(10-16)	(11-16)	(13-20)	(14-25)
S5	M ± m	7,4 ± 0,1	8,3 ± 0,35	8,1 ± 0,3	8,4 ± 0,34	8,9 ± 0,36
	Min-Max	5-11	5-11	5-13	5-12	6-12
	Me	7	8	8	8	9
	(LQ-UQ)	(7-8)	(7-10)	(7-9)	(7-10)	(8-10)
S2-S4	M ± m	10,1 ± 0,14	13,6 ± 0,79***	16,4 ± 0,78**	19,8 ± 1,25***	22,2 ± 1,23*
	Min-Max	7-18	7-23	10-31	11-43	13-38
	Me	10	13	16	19	22
	(LQ-UQ)	(9-11)	(10-16)	(14-18)	(16-24)	(17-26)

Примечание: \* – достоверность различий по сравнению с предыдущим столбцом при P < 0,05,  
\*\* – при P < 0,001, \*\*\* – при P < 0,001.

**Таблица 2.** ППС сегментов локтевого нерва (мм<sup>2</sup>) у пациентов с различным типом поражения

Сегмент	Показатель	Норма (n = 141)	Типы поражения	
			демиелинизирующий (n = 60)	аксональный (n = 50)
S1	M ± m	6,3 ± 0,1	6,7 ± 0,2	8,5 ± 0,4
	Min-Max	3,0-10,0	4,0-15,0	5,0-18,0
	Me	6,0	6,0	8,0
	(LQ-UQ)	(5,0-7,0)	(5,0-8,0)	(7,0-10,0)
S2	M ± m	8,0 ± 0,12	10,0 ± 0,42	12,4 ± 0,55
	Min-Max	5-11	5-22	6-24
	Me	8	9	12
	(LQ-UQ)	(7-9)	(8-11)	(9-14)
S3	M ± m	9,2 ± 0,13	12,8 ± 0,45	17,1 ± 0,82
	Min-Max	5-14	7-27	8-38
	Me	9	13	17
	(LQ-UQ)	(8-10)	(10-15)	(13-22)
S4	M ± m	9,7 ± 0,14	13,8 ± 0,61	18,1 ± 0,91
	Min-Max	6-18	7-31	8-43
	Me	10	13	16
	(LQ-UQ)	(9-11)	(10-16)	(14-22)
S5	M ± m	7,4 ± 0,1	8,2 ± 0,23	8,6 ± 0,25
	Min-Max	5-11	5-13	5-12
	Me	7	8	9
	(LQ-UQ)	(7-8)	(7-9)	(7-10)
S2-S4	M ± m	10,1 ± 0,14	15,3 ± 0,59***	20,9 ± 0,89***
	Min-Max	7-18	7-31	11-43
	Me	10	15	21
	(LQ-UQ)	(9-11)	(12-17)	(16-24)

Примечание: \*\*\* – достоверность различий по сравнению с предыдущим столбцом при P < 0,001.

так и в контрольной группах достоверных различий не выявили ( $P < 0,05$ ).

По данным ЭНМГ получили следующее распределение по степеням поражения нерва: легкая ( $n = 23$ ), средняя ( $n = 37$ ), выраженная ( $n = 27$ ), резко выраженная ( $n = 23$ ). Распределение по типам поражения нерва было следующим: демиелинизирующий тип ( $n = 60$ ), аксональный ( $n = 50$ ). У обследуемых контрольной группы ( $n = 141$ ) показатели проводимости были нормальными.

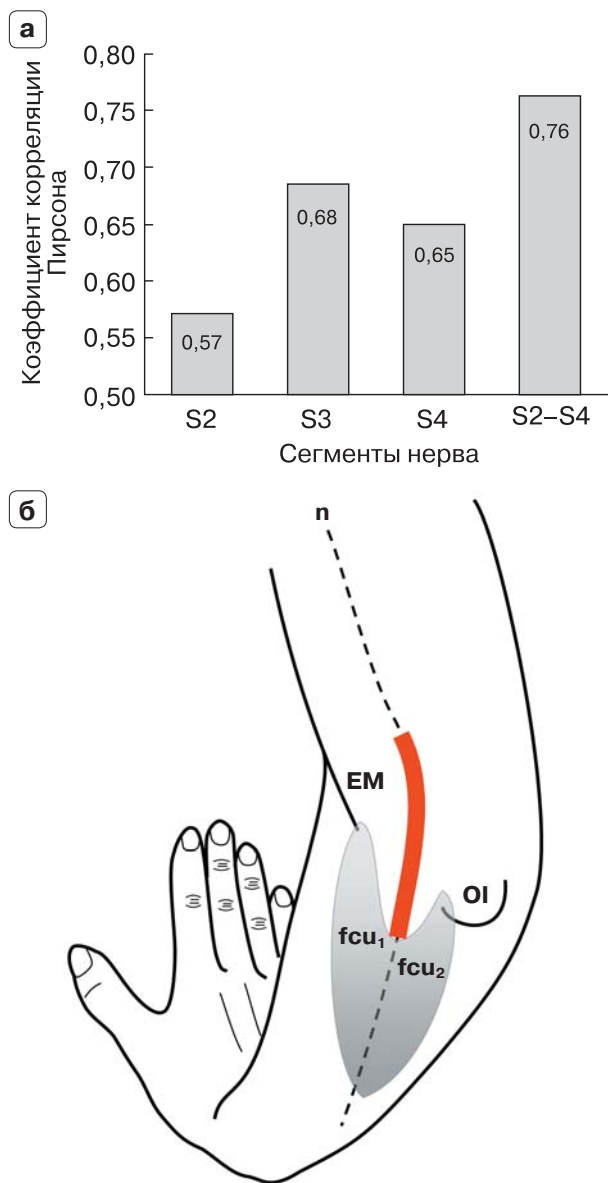
При ультразвуковом исследовании наблюдали утолщение локтевого нерва, которое нарастало по мере увеличения степени его поражения (табл. 1). Как следует из представленных данных, максимальная ППС нерва наблюдается при аксональных типах поражения (табл. 2). При этом утолщение нерва происходит неравномерно, прежде всего за счет сегментов в области локтя, и выражено незначительно на плече и предплечье.

При статистической обработке данных по сегментам нерва на уровне локтя (S2–S4) получили достоверные различия ППС в зависимости от степени и типа его поражения (см. табл. 1 и 2). При этом на плече (S5) и предплечье (S1) реакция нерва, как было отмечено выше, была незначительна, ППС практически не менялась.

При исследовании корреляционной зависимости между ППС локтевого нерва и степенью его поражения наибольшие корреляции получены в сегментах S2, S3 и S4. После объединения чувствительных сегментов (S2–S4) получили более высокие значения корреляционной взаимосвязи, используя в качестве показателя максимальное значение ППС, найденное на отрезке (рис. 3).

У пациентов с сохранным проведением выявили обратную корреляционную взаимосвязь между ППС и скоростью сенсорного и моторного проведения в сегменте локтевого нерва. Как следует из представленных данных, скорость проведения по моторным волокнам снижается при увеличении ППС (рис. 4).

Методом построения классификационных деревьев получили пороговые значения ППС локтевого нерва для разделения нормы и патологии. Следует отметить, что полученные показатели полностью совпали с результатами ROC-анализа (рис. 5). Необ-



**Рис. 3.** Корреляция степени поражения локтевого нерва с максимальным значением ППС, найденном на отдельных и объединенном сегментах, ( $P < 0,05$ ) (а) и соответствующая схема (б). Локтевой нерв обозначен пунктирной линией, объединенный сегмент S2–S4 – жирной линией. EM – медиальный надмыщелок плечевой кости, OI – локтевой отросток, fcu<sub>1</sub> и fcu<sub>2</sub> – плечевая и локтевая головки локтевого сгибателя запястья.

ходимо еще раз указать, что методом верификации была ЭНМГ. При измерении на участке нерва, объединяющем сегменты S2, S3 и S4, пороговое значение ППС составило 12 мм<sup>2</sup> (норма –  $\leq 12$  мм<sup>2</sup>, патология –  $> 12$  мм<sup>2</sup>; чувствительность – 84%, специфичность – 95%, точность – 90%, AUC –

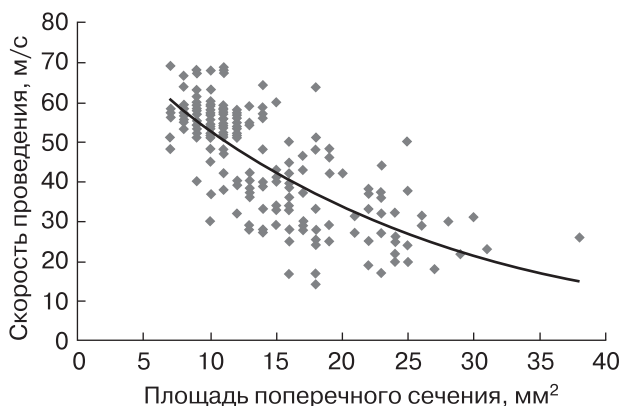


Рис. 4. Корреляция между ППС нерва и скоростью моторного проведения ( $r = -0,74$ ,  $P < 0,05$ ).

0,928). На этом же участке нерва определили пороговое значение для разделения типов поражения –  $18 \text{ мм}^2$  (демиелинизирующий тип –  $\leq 18 \text{ мм}^2$ , аксональный тип –  $> 18 \text{ мм}^2$ ; чувствительность – 60%, специфичность – 86%, точность – 74%,  $AUC = 0,779$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам нашего исследования основным морфологическим проявлением поражения локтевого нерва при НЛНол является утолщение его сегментов, близких к зоне компрессии (область локтя), на

фоне незначительных изменений на плече и предплечье. Это отличает данную патологию от ряда диффузных полиневропатий, протекающих с утолщением нервных стволов, для которых более характерно утолщение нерва на всем протяжении или в проксимальных отделах, включая плечевое сплетение [29–32]. Полученные нами результаты совпадают с данными исследований, в которых локтевой нерв оценивали на всем протяжении, не ограничиваясь областью локтя [10, 25]. Признак локального утолщения нерва, проявляющийся при ультразвуковом исследовании увеличением ППС, четко отражает нарастающие функциональные нарушения. Сопоставление с категориальными (степень и тип поражения) и непрерывными (скорость проведения по нерву) числовыми данными показывает высокий уровень корреляции. В большинстве подобных исследований данная взаимосвязь подтверждается [2, 20], однако в ряде публикаций отмечается более низкий уровень корреляции [25] или даже ее отсутствие [23].

При объединении сегментов в области локтевого сустава (S2–S4) мы получили более высокий уровень корреляции ( $r = 0,76$ ,  $P < 0,05$ ), чем при анализе ППС по каждому сегменту в отдельности ( $r = 0,57, 0,68$  и  $0,65$ ,  $P < 0,05$  для всех корреляций). Это объясняется несоответствием протяженности сегментов локтевого нерва, анализиру-

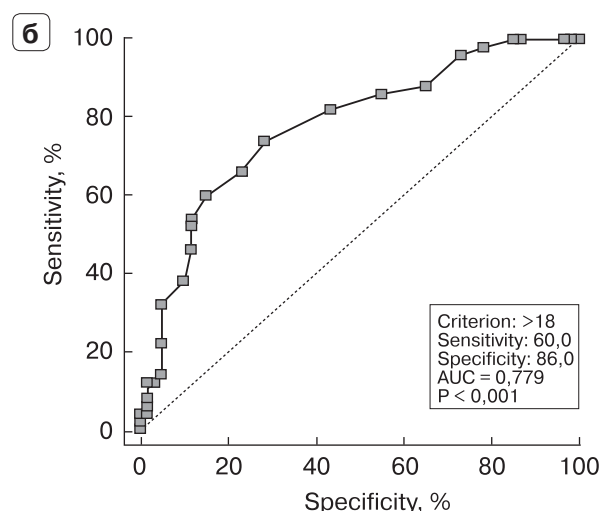
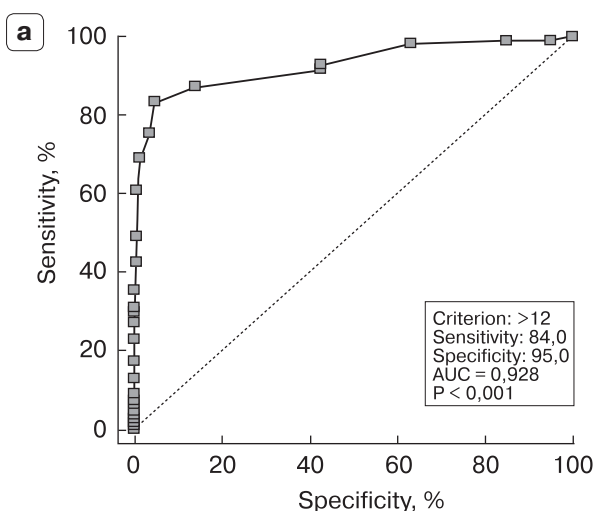


Рис. 5. ROC-кривые диагностических тестов: разделение нормы и патологии (а) и определение типа поражения нерва (демиелинизирующий и аксональный) (б).

емых при ультразвуковом исследовании и стандартной ЭНМГ. Участок локтевого нерва, оцениваемый при ЭНМГ (ЭНМГ-сегмент), включает три измеряемых при ультразвуковом исследовании сегмента: S2 (кубитальный туннель), S3 (надмышечно-локтевой желоб) и S4 (проксимальное надмышечка) (рис. 6).

Измерение ППС каждого ультразвукового сегмента (S2, S3 и S4) позволяет оценить достаточно сложную анатомию ложа локтевого нерва, в котором можно выделить как минимум два уровня потенциального сдавления: проксимальный (надмышечно-локтевой желоб) и дистальный (кубитальный туннель). Каждый уровень фактически является отдельным туннелем со своими закономерностями развития конфликта [2]. При этом степень изменения размеров нерва на каждом из уровней и на прилежащих сегментах будет зависеть одновременно от нескольких факторов [29, 30]:

- уровень сдавления: *проксимальный* и (или) *дистальный*;
- тип сдавления: *эластичный* (например, сдавление за счет расширения полости локтевого сустава при синовите) или *жесткий* (например, сдавление остеофитом);
- вариант развития конфликта: *сужение туннеля* со сдавлением нормального по размеру нерва или *утолщение нерва* в неизменном по объему туннеле;
- патофизиологический механизм утолщения нерва, зависящий от локализации и срока невропатии: ишемический *отек* нерва, реактивный *неврит*, интраневральные *дегенеративно-дистрофические изменения*, *аксональная дегенерация* и формирование *невромы*.

Влияние различных факторов реализуется неравномерным утолщением нерва (рис. 7). При этом величина ППС разных ультразвуковых сегментов будет неодинаково точно отражать степень функционального нарушения, определяемую в ЭНМГ-сегменте, что неизбежно скажется на уровне корреляционной зависимости.

Объединение ультразвуковых сегментов с выбором максимального значения ППС позволяет частично устранить данное несоответствие. Можно ожидать, что при пошаговой ЭНМГ-оценке (инчинг) каждого ультразвукового сегмента уровень корреляционной взаимосвязи, а также диагно-

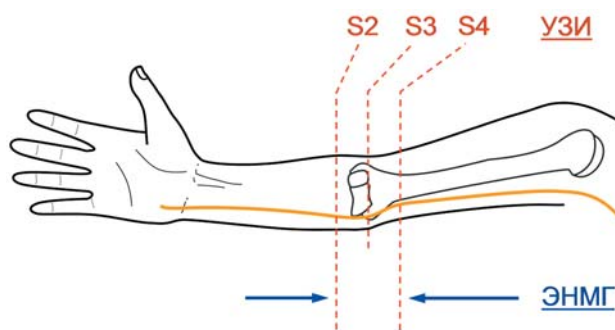


Рис. 6. Соотношение сегментов при ультразвуковом исследовании (УЗИ) и ЭНМГ в области локтя.

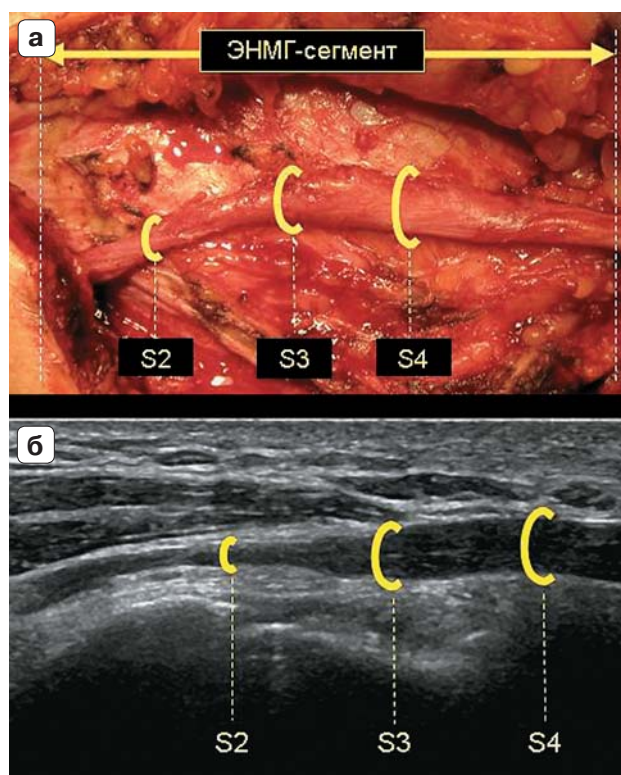
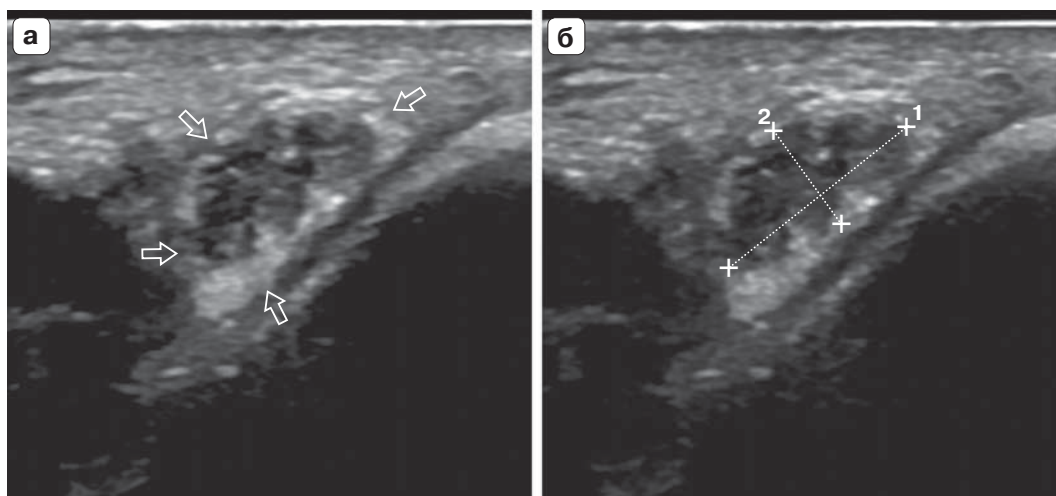


Рис. 7. Неравномерное утолщение различных ультразвуковых сегментов в пределах одного ЭНМГ-сегмента на соответствующих интраоперационном (а) и ультразвуковом (б) изображениях.

стическая эффективность пороговых значений ППС будут выше полученных в нашем исследовании. Однако при рутинном ультразвуковом исследовании нам представляется более удобным использование одного диагностического показателя (максимальная ППС на отрезке, объединяю-





**Рис. 8.** Гиперэхогенный эпиневрй (стрелки) при поперечном ультразвуковом сканировании локтевого нерва (а). Измерение гипоэхогенной части поперечного среза локтевого нерва, соответствующей пучкам нервных волокон (б).

щем сегменты S2, S3 и S4), тем более что его диагностическая эффективность достаточно высока.

Полученное нами пороговое значение для разделения нормы и патологии ( $12 \text{ мм}^2$ ) несколько выше, чем в предыдущих исследованиях, где оно определяется в пределах от  $9$  до  $11 \text{ мм}^2$  [2, 10, 33], что может быть связано с другим принципом отбора в группы (по результатам клинического обследования, без учета данных ЭНМГ) [33] или с другими ЭНМГ-критериями легкой степени невропатии [2, 10, 19]. Значения диагностической эффективности ультразвукового исследования при НЛНол, полученные нами (чувствительность  $84\%$ , специфичность  $95\%$ ), совпадают с большинством публикаций, где они определяются в пределах: чувствительность –  $61\text{--}88\%$ , специфичность –  $73\text{--}90\%$  [2, 21–23].

Описанное в литературе возрастное утолщение нервов [34, 35] может быть серьезным ограничением нашего исследования, так как возникает необходимость расчета пороговых значений ППС локтевого нерва для каждой возрастной группы в отдельности.

Однако, по данным исследования S.C. Marx et al. [35], статистически значимое увеличение размеров нервов человека происходит в возрастной группе старше 71 года. Эти изменения не могут значительно повлиять на результаты нашего исследования, так как доля таких пациентов

в анализируемой выборке не превышает  $6,7\%$  (12 из 179 наблюдений).

Кроме того, описанное при гистологических исследованиях возрастное увеличение размеров нормального нерва происходит в основном за счет накопления жировой ткани в эпиневрйи [34, 35]. Это проявляется при ультразвуковом исследовании утолщением гиперэхогенных оболочек нерва, размер которых при стандартной методике оценки ППС не учитывается (рис. 8) [33, 36]. Оцениваемая при ультразвуковом исследовании гипоэхогенная фракция поперечного среза нерва соответствует пучкам нервных волокон, в которых, по данным литературы, отсутствует жировая ткань, а происходящее с возрастом накопление коллагена не оказывает значительного влияния на размер [35].

Таким образом, измеряемая при ультразвуковом исследовании гипоэхогенная часть поперечного среза нерва практически не подвержена возрастному увеличению, а изменяется только при патологических процессах, прежде всего за счет отека и формирования невромы [29, 30, 35].

Тем не менее дальнейшие исследования по оценке влияния возраста на изменение размера гипоэхогенной части поперечного среза локтевого нерва необходимы, так как результаты немногочисленных работ противоречивы и указывают как на наличие взаимосвязи между данными показателями [33], так и на ее отсутствие [37].

## ВЫВОДЫ

1) Определяемое при ультразвуковом исследовании утолщение локтевого нерва является важным и доступным для количественной оценки признаком НЛНол. Утолщение локтевого нерва происходит неравномерно за счет сегментов, близких к зоне компрессии.

2) Увеличение ППС хорошо коррелирует со степенью и типом поражения нерва, определяемыми электрофизиологическим методом.

3) Найденное при ультразвуковом исследовании максимальное значение ППС локтевого нерва на отрезке от медиального надмыщелка плечевой кости до кубитального туннеля можно использовать в качестве диагностического теста для подтверждения НЛНол (норма –  $\leq 12 \text{ мм}^2$  (чувствительность – 84%, специфичность – 95%)), а также для определения типа поражения (аксональный тип –  $> 18 \text{ мм}^2$  (чувствительность – 60%, специфичность – 86%)).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Chiou H.J., Chou Y.H., Cheng S.P. et al. Cubital tunnel syndrome: diagnosis by high-resolution ultrasonography // *J. Ultrasound Med.* 1998. V. 17. No. 10. P. 643–648.
- Volpe A., Rossato G., Bottanelli M. et al. Ultrasound evaluation of ulnar neuropathy at the elbow: correlation with electrophysiological studies // *Rheumatology (Oxford)*. 2009. V. 48. No. 9. P. 1098–1101.
- Pais R., Fodor D., Fisher T. Bilateral cubital tunnel syndrome. Case report with review of the literature // *Med. Ultrason.* 2009. V. 11. No. 2. P. 31–36.
- Рассел С.М. Диагностика повреждений периферических нервов. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 251 с.
- Kele H. Ultrasonography of the peripheral nervous system // *Perspect. Med.* 2012. V. 1. No. 1. P. 417–421.
- Попелянский Я.Ю. Болезни периферической нервной системы: Руководство для врачей. М.: МЕДпресс-информ, 2005. 386 с.
- Peer S., Bodner G. High Resolution Sonography of the Peripheral Nervous System. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2008. 207 p.
- Скоромец А.А., Герман Д.Г., Ирецкая М.В. и др. Туннельные компрессионно-ишемические моно- и мультиневропатии. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 360 с.
- Bouche P. Compression and entrapment neuropathies // *Handb. Clin. Neurol.* 2013. V. 115. P. 311–366.
- Kim J.H., Won S.J., Rhee W.I. et al. Diagnostic cutoff value for ultrasonography in the ulnar neuropathy at the elbow // *Ann. Rehabil. Med.* 2015. V. 39. No. 2. P. 170–175.
- Bianchi S., Martinoli C. Ultrasound of the Musculoskeletal System. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2007. 974 p.
- Van Rijn R.M., Huisstede B.M., Koes B.W. et al. Associations between work-related factors and specific disorders at the elbow: a systematic literature review // *Rheumatology (Oxford)*. 2009. V. 48. No. 5. P. 528–536.
- Trehan S.K., Parziale J.R., Akelman E. Cubital tunnel syndrome: diagnosis and management // *Med. Health R. I.* 2012. V. 95. No. 11. P. 349–352.
- Bachoura A., Jacoby S.M. Ulnar tunnel syndrome // *Orthop. Clin. North Am.* 2012. V. 43. No. 4. P. 467–474.
- Chen S.H., Tsai T.M. Ulnar tunnel syndrome // *J. Hand Surg. Am.* 2014. V. 39. No. 3. P. 571–579.
- Practice parameter for electrodiagnostic studies in ulnar neuropathy at the elbow: summary statement. American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation // *Muscle Nerve*. 1999. V. 22. No. 3. P. 408–411.
- Mondelli M., Giannini F., Ballerini M. et al. Incidence of ulnar neuropathy at the elbow in the province of Siena (Italy) // *J. Neurol. Sci.* 2005. V. 234. No. 1–2. P. 5–10.
- Caliandro P., La Torre G., Padua R. et al. Treatment for ulnar neuropathy at the elbow // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2012. No. 7: CD006839. Doi: 10.1002/14651858.CD006839.pub3.
- Ayromlou H., Tarzamni M.K., Daghighi M.H. et al. Diagnostic value of ultrasonography and magnetic resonance imaging in ulnar neuropathy at the elbow // *ISRN Neurol.* 2012. Doi: 10.5402/2012/491892.
- Scheidl E., Bohm J., Farbaky Z. et al. Ultrasonography of ulnar neuropathy at the elbow: axonal involvement leads to greater nerve swelling than demyelinating nerve lesion // *J. Clin. Neurophysiol.* 2013. V. 124. No. 3. P. 619–625.
- Pompe S.M., Beekman R. Which ultrasonographic measure has the upper hand in ulnar neuropathy at the elbow? // *J. Clin. Neurophysiol.* 2013. V. 124. No. 1. P. 190–196.
- Omejec G., Zgur T., Podnar S. Diagnostic accuracy of ultrasonographic and nerve conduction studies in ulnar neuropathy at the elbow // *J. Clin. Neurophysiol.* 2015. V. 126. No. 9. P. 1797–1804.
- Van Veen K.E., Wesstein M., van Kasteel V. Ultrasonography and electrodiagnostic studies in ulnar neuropathy: an examination of the sensitivity and specificity and the correlations between both diagnostic tools // *J. Clin. Neurophysiol.* 2015. V. 32. No. 3. P. 240–243.
- Werner R.A., Franzblau A., Evanoff B., Ulin S. Ulnar neuropathy among active workers based upon hand diagram ratings // *PM R.* 2015. V. 7. No. 6. P. 571–575.
- Simon N.G., Ralph J.W., Poncelet A.N. et al. A comparison of ultrasonographic and electrophysiologic “inching” in ulnar neuropathy at the elbow // *J. Clin. Neurophysiol.* 2015. V. 126. No. 2. P. 391–398.

26. Latinovic R., Gulliford M.C., Hughes R.A. Incidence of common compressive neuropathies in primary care // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 2006. V. 77. No. 2. P. 263–265.
27. Roquelaure Y., Mariel J., Fanello S. et al. Active epidemiological surveillance of musculoskeletal disorders in a shoe factory // *Occup. Environ. Med.* 2002. V. 59. No. 7. P. 452–458.
28. Салтыкова В.Г. Высокорастворимое ультразвуковое исследование локтевого нерва в норме и при развитии синдрома кубитального канала // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2009. № 6. P. 61–74.
29. Мументалер М., Штер М., Мюллер-Фаль Г. Поражения периферических нервов и корешковые синдромы / Пер. с нем. под общ. ред. А.Н. Баринаова. М.: МЕДпресс-информ, 2013. 616 с.
30. Малецкий Э.Ю., Александров Н.Ю. Ицкович И.Э. и др. Изменение площади поперечного сечения срединного нерва на различных стадиях синдрома запястного канала // *Медицинская визуализация*. 2014. № 1. С. 102–109.
31. Goedee H.S., Brekelmans G.J., Visser L.H. Multifocal enlargement and increased vascularization of peripheral nerves detected by sonography in CIDP: a pilot study // *J. Clin. Neurophysiol.* 2014. V. 125. No. 1. P. 154–159.
32. Padua L., Granata G., Sabatelli M. et al. Heterogeneity of root and nerve ultrasound pattern in CIDP patients // *J. Clin. Neurophysiol.* 2014. V. 125. No. 1. P. 160–165.
33. Thoires K., Williams M.A., Phillips M. Ultrasonographic measurements of the ulnar nerve at the elbow: role of confounders // *J. Ultrasound Med.* 2008. V. 27. No. 5. P. 737–743.
34. Sladjana U.Z., Ivan J.D., Bratislav S.D. Microanatomical structure of the human sciatic nerve // *Surg. Radiol. Anat.* 2008. V. 30. No. 8. P. 619–626.
35. Marx S.C., Dhalapathy S., Marx C.A. et al. Ultrasonographical and histological cross-sectional study of the human superficial branch of the radial nerve // *Rom. J. Morphol. Embryol.* 2011. V. 52. No. 3. Suppl. P. 1081–1090.
36. Малецкий Э.Ю., Короткевич М.М., Бутова А.В. и др. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных // *Медицинская визуализация*. 2015. № 2. С. 78–86.
37. Yalcin E., Onder B., Akyuz M. Ulnar nerve measurements in healthy individuals to obtain reference values // *Rheumatol. Int.* 2013. V. 33. No. 5. P. 1143–1147.

## Comparative Analysis of Ultrasound and Electrophysiological Examination in Ulnar Neuropathy at the Elbow

*E.Yu. Maletskiy<sup>1</sup>, N.Yu. Alexandrov<sup>1</sup>, M.M. Korotkevich<sup>2</sup>, I.E. Itskovich<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg*

<sup>2</sup> *Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery, Federal Almazov North-West Medical Research Centre, Saint-Petersburg*

*E.Yu. Maletskiy – M.D., Assistant Professor, Department of Radiology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. N.Yu. Alexandrov – M.D., Ph.D., Associate Professor, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. M.M. Korotkevich – M.D., neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 1, Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery, Federal Almazov North-West Medical Research Centre. I.E. Itskovich – M.D., Ph.D., Professor, Director, Department of Radiology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov.*

*110 ulnar nerves were examined in 88 patients with ulnar neuropathy at the elbow. Cross-section area was assessed at different levels of the ulnar nerve. 141 ulnar nerves were examined in 91 patients of the control group. There were following injury degrees according to the electroneuromyography: mild ( $n = 23$ ), moderate ( $n = 37$ ), severe ( $n = 27$ ), and extreme ( $n = 23$ ). In patients of the control group ( $n = 141$ ) nerve conduction was normal. Cross-section area was measured at antebrachium (S1), at the level of cubital tunnel (S2), at the level of condylar groove (S3), just proximal to the medial humeral epicondyle (S4), at middle part of brachium (S5). Good correlation was established between severity of neuropathy and cross-section area measured at S2, S3, and S4 levels ( $r = 0.58, 0.68, \text{ and } 0.64$  respectively,  $P < 0.05$ ). The highest correlation was obtained for maximum cross-section area value at S2–S4 segment ( $r = 0.76, P < 0.05$ ). A negative correlation was revealed between cross-section area and motor nerve conduction velocity at ulnar nerve segment ( $r = -0.74, P < 0.05$ ). The cut-off value of cross-section area at S2–S4 segment was  $12 \text{ mm}^2$  (normal value –  $\leq 12 \text{ mm}^2$ , pathology –  $> 12 \text{ mm}^2$ ; sensitivity – 84%, specificity – 95%, accuracy – 90%, AUC – 0.928). The cut-off value equal to  $18 \text{ mm}^2$  was assessed to differentiate the injury type (demyelinating nerve lesion –  $\leq 18 \text{ mm}^2$ , axonal involvement –  $> 18 \text{ mm}^2$ ; sensitivity – 60%, specificity – 86%, accuracy – 74%, AUC – 0.779).*

**Key words:** *high resolution ultrasound of peripheral nerves, ulnar neuropathy at the elbow, cross-section area, electroneuromyography, nerve conduction velocity.*