

ОЦЕНКА ФУНКЦИИ ДИАФРАГМЫ У ПАЦИЕНТОВ С ГЕМИПАРЕЗОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИНСУЛЬТА С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНИРОВАНИЯ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Е.Ю. Старкова^{1*}, Е.А. Мельникова¹, Н.Н. Владимирова², А.Н. Чичва², Н.В. Козлова², Н.Ю. Маркина²

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

² ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

ULTRASOUND DIAPHRAGMATIC FUNCTION ASSESSMENT IN HEMIPARETIC PATIENTS AFTER STROKE. PRELIMINARY RESULTS OF A CLINICAL STUDY

E.Yu. Starkova^{1*}, E.A. Melnikova¹, N.N. Vladimirova², A.N. Chichva², N.V. Kozlova², N.Yu. Markina²

¹ Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute named after M.F. Vladimirsky, Moscow, Russia

² Central Clinical Hospital with Out-patient Unit of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

*E-mail: elena.starkova@inbox.ru

Аннотация

Диафрагма является основной дыхательной мышцей, а также обеспечивает поддержание внутрибрюшного давления, баланса и других жизненно важных функций. Односторонний парез диафрагмы в результате инсульта может привести к ряду функциональных расстройств, усложняющих реабилитацию. Своевременная диагностика и соответствующий выбор реабилитационной стратегии могут повысить эффективность всего восстановительного процесса. **Цель исследования** – провести объективную оценку функции диафрагмы у пациентов с гемипарезом в восстановительном периоде инсульта с помощью ультразвукового исследования, а также выявить факторы, способные выступить в роли предикторов дисфункции диафрагмы. **Материалы и методы.** Выполнено обсервационное исследование 43 пациентов с гемипарезом в раннем и позднем восстановительных периодах инсульта, которым были проведены ультразвуковая оценка основных параметров диафрагмы, обследование по основным реабилитационным шкалам, исследование функции внешнего дыхания, верхней конечности и баланса. **Результаты.** Дисфункция диафрагмы у пациентов с гемипарезом выявлена в 40.9% случаев, несколько чаще (45.5%) – у пациентов с ишемическим типом инсульта, чем с геморрагическим (30%). В 100% случаев дисфункция диафрагмы выявлена при наличии тяжелой и умеренной степени гемипареза. Отмечены существенные взаимосвязи между дисфункцией диафрагмы и показателями баланса, функции верхней конечности, показателями функции внешнего дыхания. **Заключение.** У пациентов с гемипарезом в результате инсульта в течение первого года с момента заболевания в 40.9% случаев может сохраняться дисфункция диафрагмы, которая коррелирует с нарушениями функции внешнего дыхания, верхней конечности и баланса. Данное исследование позволило подтвердить основные и выявить ряд новых предикторов дисфункции диафрагмы.

Ключевые слова: инсульт, гемипарез, дисфункция диафрагмы, ультразвуковое исследование.

Abstract

The diaphragm is the main respiratory muscle; it also helps to maintain intra-abdominal pressure, balance, and other vital functions. Unilateral diaphragmatic paresis due to stroke can cause a number of functional impairments that worsen the recovery process. Timely diagnostics and appropriate rehabilitation strategy may improve the entire rehabilitation process. **Purpose.** To perform an objective ultrasound assessment of diaphragm parameters in patients with hemiparesis after stroke at the recovery stage as well as to identify potential predictors of diaphragm dysfunction. **Materials and methods.** 43 patients with hemiparesis at their early and late recovery periods after stroke were enrolled in the pilot observational study. All patients had ultrasound examination of the diaphragm. They were scored with basic rehabilitation scales. Their respiratory function, upper limb and balance functions were assessed too. **Results.** Diaphragm dysfunction in patients with hemiparesis was detected in 40.9% of cases, slightly more often (45.5%) in patients with ischemic type of stroke than with hemorrhagic one (30%). In 100% of cases, diaphragm dysfunction was revealed in severe and moderate upper limb paresis. A significant correlation was registered between diaphragm dysfunction and parameters of balance, upper limb function, and of external respiration function. **Conclusion.** Diaphragmatic dysfunction may persist in 40.9% of cases during the first year after stroke in hemiparetic patients which correlates with impaired function of external respiration, upper limb and balance. The present work has confirmed basic existing and new predictors of diaphragm dysfunction.

Keywords: stroke, hemiparesis, diaphragm dysfunction, ultrasound examination.

Ссылка для цитирования: Старкова Е.Ю., Мельникова Е.А., Владимирова Н.Н., Чичва А.Н., Козлова Н.В., Маркина Н.Ю. Оценка функции диафрагмы у пациентов с гемипарезом в результате инсульта с помощью ультразвукового сканирования: предварительные результаты клинического исследования. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2024; 2: 47–53.

Введение

В последние годы внимание исследователей обращено к роли диафрагмы в формировании различных функциональных нарушений в результате инсульта. Дисфункция диафрагмы в виде пареза встречается у 51.7% пациентов в остром периоде [1] и в 46.7% – в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта [2]. Диафрагма является основной дыхательной мышцей, а также обеспечивает поддержание внутрибрюшного давления, баланса и других жизненно важных функций. Таким образом, дисфункция диафрагмы может негативно влиять на реабилитационный прогноз. Дисфункция диафрагмы при инсульте может быть обусловлена поражением корково-диафрагмальных путей, кортикоспинального и бульбоспинального трактов.

Чаще всего поражение диафрагмы при инсульте носит односторонний характер, что обуславливает его неспецифичную клиническую симптоматику [3], выраженную в виде общей слабости, сонливости [3], снижения толерантности к физической нагрузке [5]. Выявить одностороннее поражение можно при помощи ряда физикальных [6, 7] и инструментальных (визуализационных и измерительных) методов исследования [8, 9]. Ультразвуковое исследование (УЗИ) в настоящее время является одним из наиболее безопасных и доступных методов оценки структуры и функции диафрагмы. УЗИ позволяет проводить обследование пациента в динамике с помощью оценки эффективности проведенных реабилитационных мероприятий.

Разработаны параметры оценки функции диафрагмы в норме, при одностороннем и двустороннем ее поражении, такие как толщина диафрагмы (ТД), индекс утолщения диафрагмы (ИУД), экскурсия диафрагмы при спокойном дыхании (ЭДС), экскурсия диафрагмы при глубоком дыхании (ЭДВ) (табл. 1).

В 2020 г. J.V. Catalá-Ripoll и соавт. провели клиническое исследование с целью поиска предикторов дисфункции диафрагмы у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. В группе 160 пациентов были выявлены связи дисфункции диафрагмы с локализацией (бассейн средней мозговой артерии), степенью тяжести инсульта (выше шести баллов по шкале инсульта Национального института здоровья (NIHSS) ($p=0.023$)) и наличием выраженного гемипареза ($p=0.01$) [1].

Цель исследования – провести оценку функции диафрагмы у пациентов с гемипарезом в раннем и позднем восстановительных периодах ишемического и геморрагического инсульта при помощи УЗИ; выявить взаимосвязи между обнаруженной дисфункцией диафрагмы и нарушениями функции внешнего дыхания (ФВД), моторной функцией верхней конечности и баланса, а также стороной гемипареза, типом инсульта и демографическими показателями.

Материалы и методы

В исследование были включены 43 пациента с гемипарезом в результате инсульта. Демографические характеристики группы представлены в табл. 2.

Таблица 1

Ультразвуковые параметры диафрагмы у здоровых пациентов и при одностороннем ее поражении

Параметр	Значение в норме	Значение при одностороннем поражении диафрагмы	Источник
Индекс утолщения диафрагмы на вдохе	$\geq 20\%$	$\leq 20\%$	[1, 13]
Экскурсия диафрагмы при спокойном дыхании	18 ± 3 мм у мужчин 16 ± 3 мм у женщин	13 ± 0.54 мм	[2, 14]
Экскурсия диафрагмы при глубоком дыхании	70 ± 11 мм у мужчин 57 ± 10 мм у женщин	31.7 ± 1.52 мм	[2, 15]

Таблица 2

Общие характеристики группы, n=43

Пол	мужской, абс. (%)	28	(65)
	женский, абс. (%)	15	(35)
Возраст на момент инсульта, полных лет, M ± SD		60.1	± 14.0
Срок с момента инсульта, дней, Me [25%; 75%]		150	[84; 174]
Тип инсульта и локализация	Ишемический, абс. (%)	33	(77.7)
	– бассейн левой СМА, абс. (%)	14	(32.5)
	– бассейн правой СМА, абс. (%)	12	(27.9)
	– вертебро-базиллярный бассейн, абс. (%)	7	(16.3)
	Геморрагический, абс. (%)	10	(23.3)
	– левое полушарие, абс. (%)	4	(9.3)
	– правое полушарие, абс. (%)	3	(7.0)
	– САК, абс. (%)	1	(2.3)
Сторона гемипареза	– зрительный бугор, внутренняя капсула, абс. (%)	1	(2.3)
	– ствол мозга, абс. (%)	1	(2.3)
	– правая, абс. (%)	22	(51)
	– левая, абс. (%)	21	(49)
Индекс массы тела, Me [25%; 75%]		27.67	[24.8; 30.7]
Артериальная гипертензия, абс. (%)		38	(88.4)
Сахарный диабет, абс. (%)		13	(30.2)
МВЛ менее 70%, абс. (%)		18	(41.9)

Примечание. M – среднее арифметическое; SD – стандартное отклонение; Me – медиана; 25%; 75% – 25- и 75-процентные квартили; МВЛ – максимальная вентиляция легких; СМА – среднемозговая артерия; САК – субарахноидальное кровоизлияние.

Критерии включения в группу наблюдения: первичное острое нарушение мозгового кровообращения, наступившее не менее чем за один месяц и не более чем за 12 месяцев до госпитализации пациента в реабилитационное отделение; односторонний гемипарез от 0 до 4 баллов по шкале Комитета медицинских исследований (MRC); способность к самостоятельному перемещению в пределах палаты; стабильная гемодинамика; отсутствие выраженных когнитивных нарушений (не менее 20 баллов по краткой шкале оценки психического статуса).

Критерии невключения в основную группу: травмы диафрагмальных нервов, операции на грудной клетке и брюшной полости в анамнезе; острые инфекционные заболевания; обострение соматических заболеваний; нарушение свертываемости крови; беременность и период лактации.

Всем участникам были проведены УЗИ-оценка толщины и экскурсии диафрагмы, исследование ФВД, а также оценка функции верхней конечности и баланса.

УЗИ диафрагмы было проведено на УЗ-аппарате Philips Epiq 5. Обследование пациентов проводили спустя два часа после приема пищи. Оценка экскурсии диафрагмы проводили в положении пациента лежа на спине при помощи мультислотного конвексного (1–5 МГц) датчика в В- и М-режимах. В качестве акустического окна справа выступала печень, слева – селезенка. Исследования проводили из переднего подреберного доступа между передней подмышечной и срединноключичной линиями. У каждого пациента регистрировали не менее трех дыхательных циклов (при спокойном и глубоком дыхании), фиксировали среднее значение показателей по трем циклам. Для оценки экскурсии диафрагмы проводили измерение расстояния от диафрагмы до датчика при спокойном дыхании и при глубоком дыхании. Полученную разницу показателей расценивали как экскурсию диафрагмы. УЗ-оценка экскурсии диафрагмы на вдохе и выдохе представлена на рис. 1.

Оценку толщины диафрагмы проводили в положении пациента лежа на спине при помощи мультислотного линейного (6–15 МГц) датчика в В-режиме в зоне аппозиции диафрагмы с двух сторон. Датчик располагали по передней подмышечной линии в восьмом или девятом межреберье справа и слева. Измеряли средний (мышечный) слой диафрагмы, визуализируемый между экзогенными оболочками париетальной плевры и брюшины. После измерений проводили расчет ИУД по формуле:

$$\text{ИУД (\%)} = \frac{(\text{толщина в конце вдоха} - \text{толщина в конце выдоха})}{\text{толщина в конце выдоха}} \times 100\%$$

У каждого пациента регистрировали показатели толщины диафрагмы в конце вдоха и в конце выдоха на протяжении не менее трех дыхательных циклов, фиксируя среднее значение показателей по трем циклам. УЗ-оценка толщины диафрагмы в разные дыхательные фазы представлена на рис. 2.

Спирометрию всем пациентам проводили по стандартной методике на аппарате для исследования ФВД MasterScreen (Jaeger, Германия). Для исследования определяли следующие показатели: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха

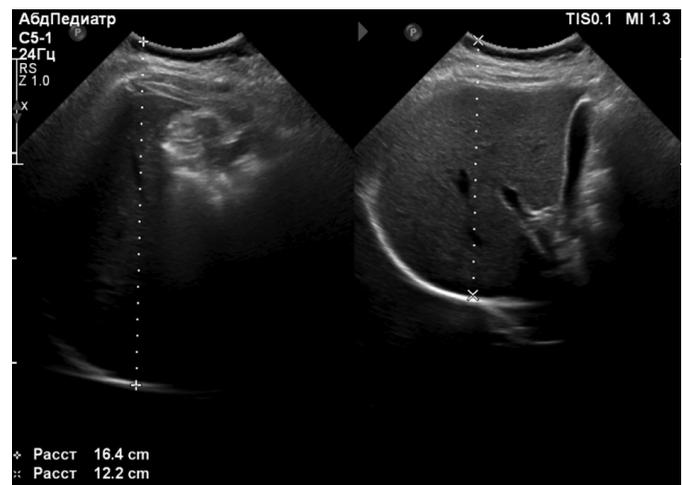


Рис. 1. УЗ-оценка экскурсии диафрагмы на вдохе (левый экран) и на выдохе (правый экран), В-режим (разница показателей – 4.2 см)

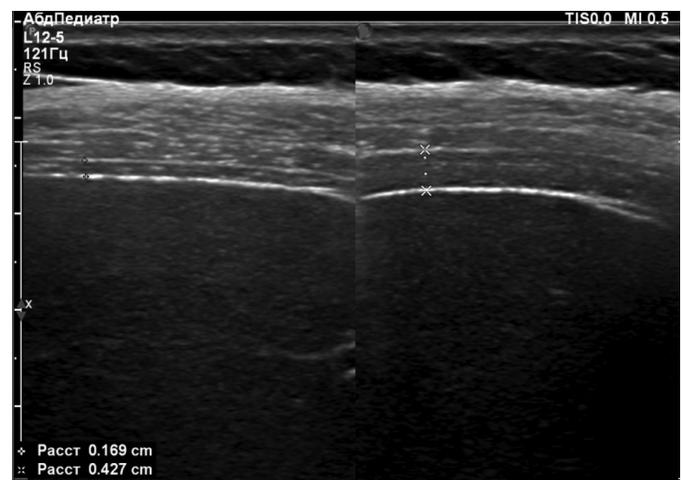


Рис. 2. Оценка толщины диафрагмы при УЗИ по передней подмышечной линии (акустическое окно – печень) на выдохе (левый экран) и на вдохе (правый экран), В-режим

за первую секунду (ОФВ₁), соотношение ОФВ₁/ЖЕЛ (индекс Тиффно), максимальная вентиляция легких (МВЛ) – максимальный объем воздуха, который пациент может провентилировать за одну минуту, измеренные в процентах от должных величин.

Протокол исследования был утвержден независимым комитетом по этике при ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского (выписка из протокола заседания № 6 от 12 мая 2023 г.).

Для анализа результатов исследования использовали программу SPSS Statistics 27 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Количественные данные представлены в виде среднего арифметического (M) ± стандартное отклонение (SD) либо медианы (Me) с интерквартильным размахом (25-м и 75-м перцентилими), для категориальных переменных рассчитывали частоты. Для оценки выборки на нормальность распределения использовали критерий нормальности распределения Шапиро – Уилка. Различия между показателями на стороне гемипареза и противоположной (здоровой) стороне оценивали с помощью t-критерия для парных выборок. Для непарных выборок использовали непар-

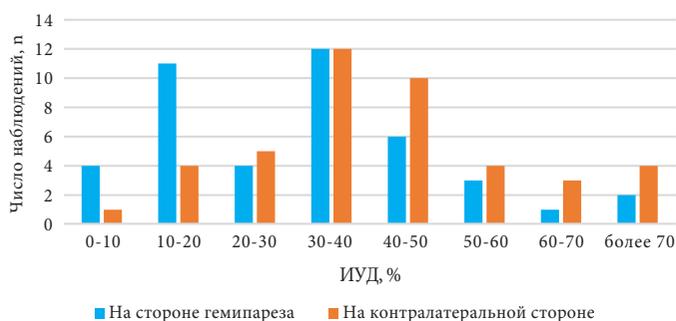


Рис. 3. Индекс утолщения диафрагмы (по данным УЗИ, n = 43), %

раметрические тесты (тест Краскела – Уоллиса), когда значения не соответствовали нормальному распределению либо когда в подгруппах сравнения количество наблюдений было менее 30. Категориальные переменные анализировали с помощью критерия хи-квадрат либо точного критерия Фишера (FET). Корреляции проверяли с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Для параметров, подчиняющихся нормальному распределению, дополнительно рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Значимость была установлена на уровне 0.05. Значение $p < 0.05$ считали значимым.

Результаты

Все 43 пациента, изначально включенные в исследование, успешно его завершили. Демографические данные и сведения о фоновых заболеваниях пациентов исследуемой группы были сопоставимы с таковыми в исследованиях J.V. Catalá-Ripoll и соавт. [1] и X. Liu и соавт. [2]. Основное отличие нашей группы пациентов состояло в сроке с момента инсульта до измерения показателей диафрагмы: в нашем случае в наблюдение были включены пациенты, находящиеся в раннем и позднем восстановительных периодах инсульта, в отличие от исследований, проведенных в более ранние сроки (острый или ранний восстановительный периоды). Кроме того, мы включили в исследуемую группу пациентов с геморрагическим типом инсульта, а не только с ишемическим, как в предыдущих работах.

Основным критерием оценки функции диафрагмы был выбран ИУД как наиболее точный критерий по результатам предыдущих исследований [1, 10]. Данные измерения ИУД на стороне гемипареза и контралатеральной гемипарезу стороне приведены на диаграмме (рис. 3).

При сравнении показателя ИУД на стороне гемипареза и на контралатеральной стороне было выявлено значимое различие в показателях ($p < 0.05$). Также значимое различие было выявлено при оценке ЭДВ на стороне гемипареза и на контралатеральной стороне ($p < 0.05$). При сравнении других параметров диафрагмы: толщины в конце выдоха (ТД выд), толщины в конце вдоха (ТДвд), ЭДС статистически значимой разницы в показателях на стороне гемипареза и контралатеральной стороне не выявлено ($p > 0.05$). Результаты представлены на сводной диаграмме (рис. 4).

При значении ИУД от 0 до 20.0% включительно констатирована дисфункция диафрагмы согласно пара-

метрам, выведенным предыдущими исследователями [1, 10]. Дисфункция диафрагмы, по данным ИУД, была констатирована нами у 18 (40.9%) человек. При этом изолированное нарушение функции диафрагмы на стороне гемипареза выявлено в 13 (72%) случаях, изолированное нарушение на контралатеральной стороне – в трех (17%) случаях, двустороннее поражение диафрагмы зафиксировано в двух (11%) случаях.

Стоит отметить, что во всех трех случаях выявления изолированной дисфункции на здоровой стороне (17%) поражена была левая половина диафрагмы при правостороннем гемипарезе. Изолированное снижение ИУД на стороне гемипареза также чаще наблюдалось слева (38%) по сравнению с общим показателем в двух группах (30%) и показателем справа (23%), по сумме всех случаев выявления дисфункции диафрагмы также выявлено значимое различие: левая сторона страдала чаще правой (хи-квадрат = 3.939, $p < 0.05$).

При расчете отношения шансов мы обнаружили, что вероятность возникновения дисфункции диафрагмы слева в 3.5 раза выше, чем справа.

Взаимосвязь между УЗ-параметрами диафрагмы и другими показателями

Корреляционный анализ был проведен для таких параметров, как срок инсульта, возраст на момент инсульта, ИМТ, оценки по шкалам: FIM, Берг и Фул-Мейера, показателям ФВД: ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ₁, индекс Тиффно, МВЛ, УЗ-показателям диафрагмы на стороне гемипареза и контралатеральной стороне: ТД выд, ТДвд, УД, ИУД, ЭДС, ЭДВ.

Значимая положительная корреляция была выявлена между ИУД на стороне гемипареза и такими показателями ФВД, как МВЛ ($r = 0.450$, $p = 0.002$) и индекс Тиффно ($r = 0.400$, $p = 0.008$). Причем индекс Тиффно также прямо коррелирует с толщиной диафрагмы ($r = 0.315$, $p = 0.004$) и абсолютным ее утолщением ($r = 0.400$, $p = 0.008$). Также были выявлены умеренные корреляции между самими УЗ-показателями диафрагмы, такими как экскурсия диафрагмы на стороне гемипареза с ТД выд ($r = 0.317$, $p = 0.038$) и УД ($r = 0.326$, $p = 0.033$) на стороне гемипареза.

Для части показателей, подчиняющихся нормальному распределению, дополнительно был вычислен коэффициент Пирсона. Экскурсия диафрагмы на выдохе на контралатеральной гемипарезу стороне продемонстрировала значительную положительную корреляцию с такими показателями ФВД, как ЖЕЛ ($r = 0.401$, $p = 0.008$) и ОФВ₁ ($r = 0.447$, $p = 0.003$). Также была обнаружена корреляция умеренной силы с функцией равновесия и баланса, оцененной по шкале Берг ($r = 0.330$, $p = 0.035$).

При проведении линейного регрессионного анализа были подтверждены достоверные ($p < 0.05$) положительные взаимосвязи между ИУД и такими показателями ФВД, как индекс Тиффно и МВЛ. Данные представлены на сводных диаграммах рассеяния (рис. 5).

Также подтверждена прямая взаимосвязь между экскурсией диафрагмы при глубоком дыхании на стороне гемипареза и шкалами Фул-Мейера и Берг ($p < 0.05$) (рис. 6).

Установлена сильная связь между тяжелой степенью пареза верхней конечности (1–3 балла по шкале MRC)

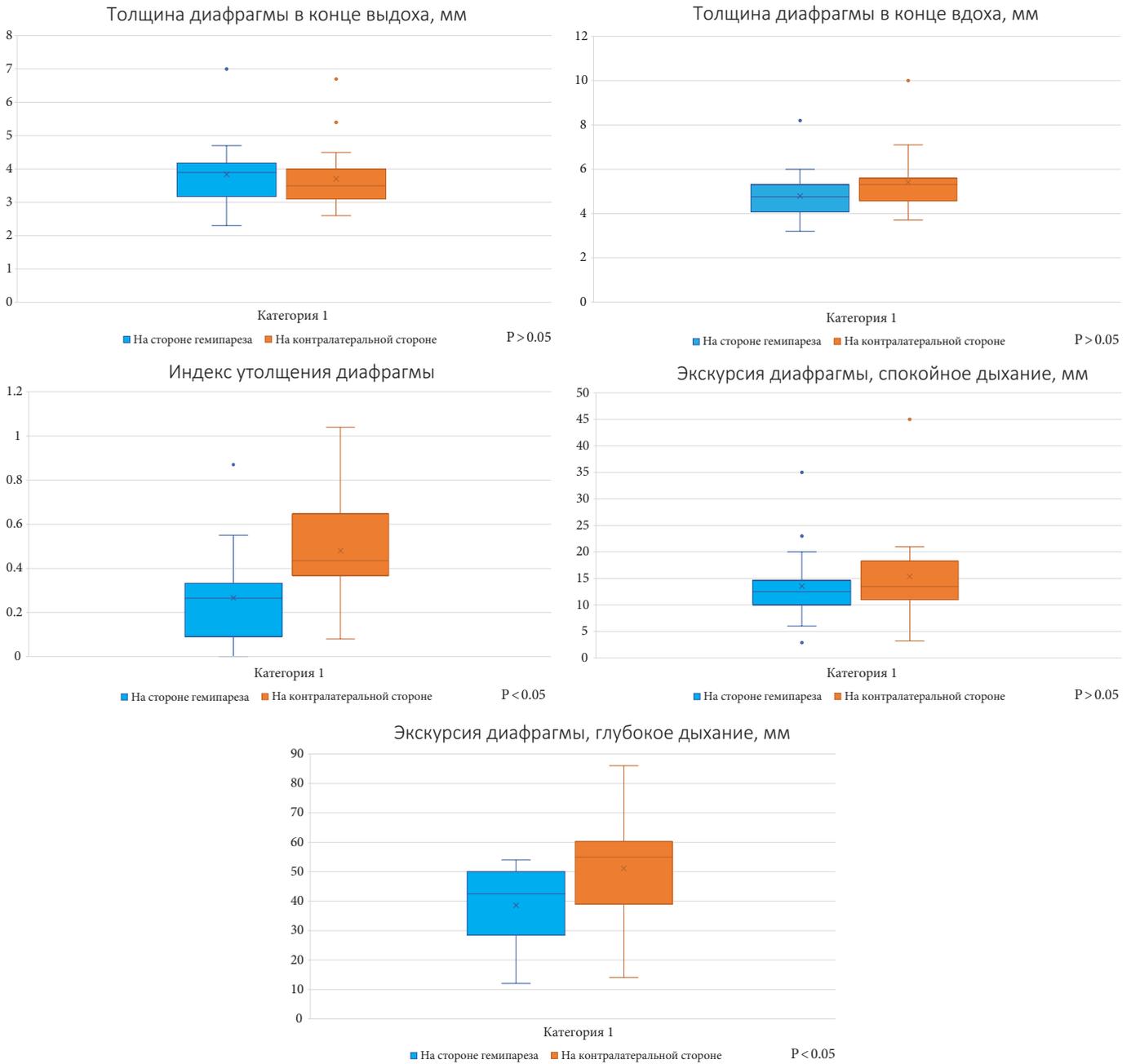


Рис. 4. Сравнение основных УЗ-параметров диафрагмы на стороне гемипареза и контралатеральной стороне, n = 43

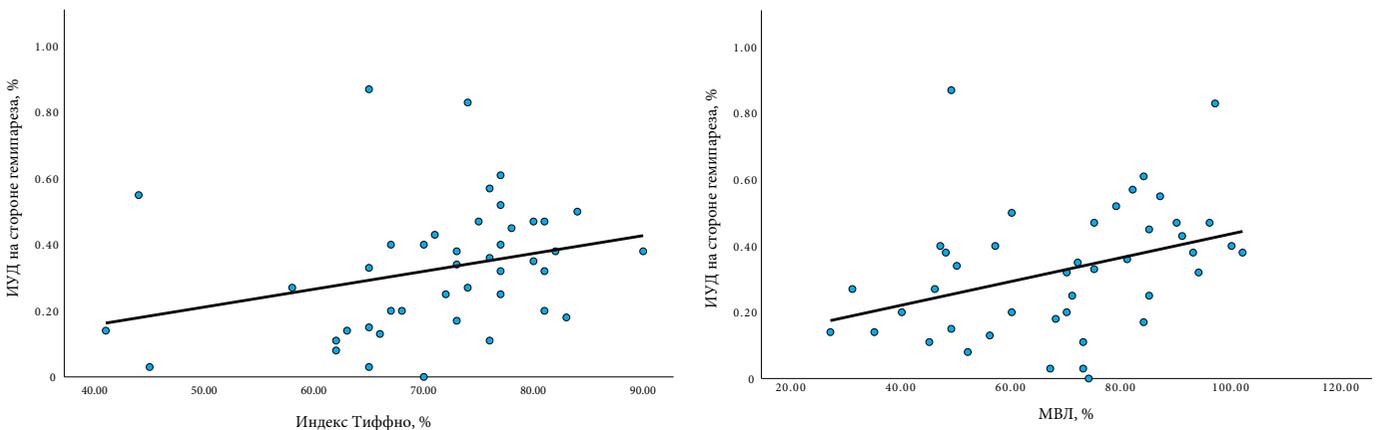


Рис. 5. Линейная регрессия между ИУД на стороне гемипареза и показателями ФВД, n = 43

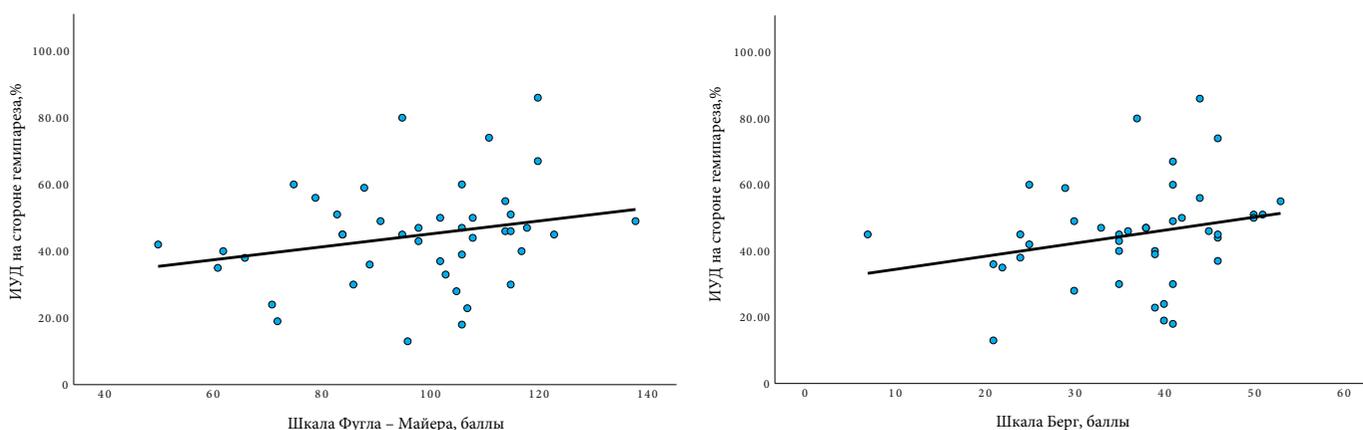


Рис. 6. Линейная регрессия между ЭДВ на стороне гемипареза и показателями шкал Фугл-Мейера и Берг, n = 43

и частотой дисфункции диафрагмы при помощи точного критерия Фишера (двустороннего) ($FET = 0.00006$; $p < 0.05$). Случаев дисфункции диафрагмы при менее выраженной степени пареза верхней конечности не было выявлено. Также подтверждена тесная связь между частотой дисфункции диафрагмы и показателями ФВД: степень нарушения вентиляционной функции легких ($FET = 0.04573$; $p < 0.05$), МВЛ – менее 70% ($FET = 0.02410$; $p < 0.05$), индекс Тиффно – менее 70% ($FET = 0.02410$; $p < 0.05$).

Тем не менее в данном исследовании не было получено убедительных доказательств влияния на частоту дисфункции диафрагмы таких демографических факторов, как пол и возраст пациентов, а также срока с момента инсульта ($p > 0.05$).

Дисфункция диафрагмы была выявлена в 45.5% случаев у пациентов с ишемическим типом инсульта и в 30% у пациентов с геморрагическим типом инсульта, однако на данном этапе оценки результатов мы не можем утверждать, что различия в группах с разным типом инсульта достоверны ($p > 0.05$). Также не было найдено достоверных доказательств преимущественного возникновения дисфункции диафрагмы в случае локализации ишемического инсульта в бассейне средней мозговой артерии (46%) по сравнению с другими локализациями (42%) ($p > 0.05$).

Обсуждение

УЗ-измерение ИУД с целью оценки сократительной функции диафрагмы у пациентов в остром периоде ишемического инсульта использовали J.V. Catalá-Ripoll и соавт. в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта и X. Liu и соавт. (средний срок – три месяца). Снижение ИУД $\leq 20\%$ было зафиксировано в 51.7% и 46.67% соответственно [1, 2]. В данном исследовании результат выявления дисфункции диафрагмы составил 40.9%, однако при сравнении данных следует учитывать отличия исследуемой группы пациентов от предыдущих: включение в группу 10 пациентов с геморрагическим типом инсульта (23.3%), а также увеличение количества дней между инсультом и наблюдением до 150 [84; 174]. В предыдущих исследованиях наблюдались группы пациентов в остром (первые 48 часов) и раннем восстановительном (3.33 ± 1.71 месяца) периодах инсульта. В группе пациентов с ишемическим инсультом дисфункция диафрагмы была выявлена в 45.5% случаев, что схоже с результатами предыдущих исследований.

Особенности выборки не позволили сделать вывод о взаимосвязи срока инсульта с частотой выявления дисфункции диафрагмы в восстановительном периоде. В нашем наблюдении максимальный срок выявления дисфункции диафрагмы составил 346 дней с момента инсульта. Это позволяет лишь сделать вывод о том, что дисфункция диафрагмы может сохраняться у пациентов с гемипарезом в течение практически всего восстановительного периода. Однако, если принять во внимание результаты предыдущих исследований, можно отметить тенденцию снижения частоты выявления дисфункции диафрагмы по мере увеличения срока с момента ишемического инсульта.

По данным текущего исследования можно с уверенностью сказать, что дисфункция диафрагмы больше связана с тяжестью двигательных нарушений: степенью пареза верхней конечности, ограничением объема пассивных движений и болезненностью в плечевом суставе. Данные выводы мы сделали на основании сравнения результатов функциональной оценки по шкалам MRC и Фугла – Мейера, а также их корреляции с ИУД и наличием/отсутствием дисфункции диафрагмы. Эти заключения подтверждают выводы, сделанные в предыдущих исследованиях, о том, что в 100% случаев дисфункция диафрагмы встречается при степени пареза верхней конечности от 1 до 3 баллов по шкале MRC [1, 2]. Следовательно, степень пареза верхней конечности может считаться предиктором дисфункции диафрагмы. Наличие тяжелого пареза верхней конечности даже в позднем восстановительном периоде инсульта является поводом для оценки функции диафрагмы.

В данном исследовании также были подтверждены случаи изолированного нарушения функции диафрагмы на стороне гемипареза в подавляющем большинстве (72%) случаев, изолированное одностороннее поражение на противоположной гемипарезу (здоровой) стороне в 17% случаев и двустороннее поражение в 11% случаев. Такое распределение подтверждает выводы предшествующих исследователей о преимущественной иннервации диафрагмы контралатеральным диафрагмальным нервом с небольшой ипсилатеральной порцией [1, 2]. Однако выявленные случаи дисфункции диафрагмы на здоровой стороне исключительно слева наводят на мысль о том, что левая и правая половины

диафрагмы иннервируются неравномерно и, возможно, «зона ответственности» правого диафрагмального нерва шире, чем левого [3, 12]. С этим, по-видимому, связана рассчитанная вероятность обнаружения дисфункции диафрагмы слева (в 3.5 раза выше, чем справа).

В настоящем исследовании мы также подтвердили прямую взаимосвязь между функцией диафрагмы (оцененной при помощи УЗ-показателей) и функциями равновесия и баланса (шкала Берг), а также функциями верхней конечности (тест Фугла – Мейера). Таким образом, снижение показателей теста Фугла – Мейера может также считаться предиктором дисфункции диафрагмы.

Выявлена тесная взаимосвязь между дисфункцией диафрагмы по данным УЗИ со степенью нарушения ФВД, особенно тех ее параметров, которые обеспечивают мощный, быстрый выдох (ФЖЕЛ, ОФВ₁, индекс Тиффно). Установлена также прямая корреляция с МВЛ. Для выявления нарушений ФВД и дисфункции диафрагмы мы предлагаем определять не только ЖЕЛ [1, 2], но и делать дыхательные пробы с форсированным выдохом (ФЖЕЛ, ОФВ₁), а также рассчитывать индекс Тиффно, что позволит более точно установить диагноз.

Настоящее исследование не установило достоверной зависимости между дисфункцией диафрагмы и полом пациентов, возрастом, сроком с момента инсульта, а также его локализацией, однако мы планируем продолжить его с уже расширенным объемом выборки.

Заключение

Частота дисфункции диафрагмы у пациентов в восстановительном периоде инсульта по данным УЗ-измерения ИУД достигает уровня 40.9%. Дисфункция диафрагмы у пациентов данной категории может сохраняться вплоть до окончания позднего восстановительного периода (12 месяцев с момента инсульта). Она напрямую связана со степенью пареза и нарушением функции верхней конечности, а также баланса, равновесия и общей степенью независимости пациента. Данное нарушение встречается как при ишемическом (45.5%), так и при геморрагическом (30%) типе инсульта.

Ввиду особенностей иннервации дисфункция диафрагмы в подавляющем большинстве случаев (72%) развивается на стороне гемипареза, однако в ряде случаев затрагивает противоположную сторону либо является двусторонней. По данным нашего исследования, дисфункция диафрагмы в 3.5 раза чаще встречается слева, чем справа.

Одностороннее нарушение функции диафрагмы в результате инсульта может не вызывать существенных жалоб пациента со стороны ФВД. Однако наблюдается прямая корреляция степени снижения функции диафрагмы по данным УЗИ со степенью нарушения показателей ФВЛ, обеспечивающих силу и мощность дыхательных движений (ФЖЕЛ, ОФВ₁, индекс Тиффно).

В реабилитационных стратегиях восстановительного периода инсульта пациентов с гемипарезом необходимо акцентировать внимание на своевременном выявлении нарушений и восстановлении функции диафрагмы на стороне гемипареза с целью ускорения восстановления и профилактики возможных осложнений.

Литература

1. Catalá-Ripoll J.V. et al. Incidence and predictive factors of diaphragmatic dysfunction in acute stroke // *BMC Neurology*. – 2020. – V. 20. – P. 1–10. DOI: 10.1186/s12883-020-01664-w.
2. Liu X. et al. Assessment of diaphragm in hemiplegic patients after stroke with ultrasound and its correlation of extremity motor and balance function // *Brain Sciences*. – 2022. – V. 12. – No 7. – P. 882. <https://doi.org/10.3390/brainsci12070882>.
3. Fuller D.D. et al. The phrenic neuromuscular system // *Handbook of Clinical Neurology*. – 2022. – V. 188. – P. 393–408. DOI: 10.1016/B978-0-323-91534-2.00012-6.
4. Bonnevie T. et al. Exercise testing in patients with diaphragm paresis // *Respiratory physiology & neurobiology*. – 2018. – V. 248. – P. 31–35. DOI: 10.1016/j.resp.2017.11.006. Epub 2017 Nov 16.
5. Kılıçoğlu M.S. et al. Investigating the correlation between pulmonary function tests and ultrasonographic diaphragm measurements and the effects of respiratory exercises on these parameters in hemiplegic patients // *Topics in Stroke Rehabilitation*. – 2022. – V. 29. – No 3. – P. 218–229. DOI: 10.1080/10749357.2021.1911748.
6. Supinski G.S. et al. Diaphragm dysfunction in critical illness // *Chest*. – 2018. – V. 153. – No 4. – P. 1040–1051. DOI: 10.1016/j.chest.2017.08.1157.
7. Bordoni B. et al. Functional evaluation of the diaphragm with a noninvasive test // *Journal of Osteopathic Medicine*. – 2021. – V. 121. – No 11. – P. 835–842. DOI: 10.1515/jom-2021-0101.
8. Miranda-Cantellops N. Berg balance testing // *StatPearls [Internet]*. – StatPearls Publishing, 2024.
9. Hernandez E.D. et al. Intra-and inter-rater reliability of Fugl-Meyer assessment of upper extremity in stroke // *Journal of rehabilitation medicine*. – 2019. – V. 51. – No 9. – P. 652–659. DOI: 10.2340/16501977-2590.
10. Schepens T. et al. Assessing diaphragmatic function // *Respiratory Care*. – 2020. – V. 65. – No 6. – P. 807–819. DOI: 10.4187/respcare.07410.
11. Laghi F.A. et al. Ultrasound and non-ultrasound imaging techniques in the assessment of diaphragmatic dysfunction // *BMC Pulmonary Medicine*. – 2021. – V. 21. – No 1. – P. 1–29. DOI: 10.1186/s12890-021-01441-6.
12. Caleffi-Pereira M. et al. Unilateral diaphragm paralysis: a dysfunction restricted not just to one hemidiaphragm // *BMC Pulmonary Medicine*. – 2018. – V. 18. – P. 1–9. DOI: 10.1186/s12890-018-0698-1.