ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА, 2019, том 45, № 4, с. 62–70

УДК 612.821

СРАВНЕНИЕ ОБЪЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОПРИОЦЕПТИВНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОДНОСУСТАВНЫХ ДВИЖЕНИЙ РУКИ В ПОЛОЖЕНИЯХ СИДЯ И ЛЕЖА У ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ И ПОСТИНСУЛЬТНЫХ БОЛЬНЫХ

© 2019 г.
В. Ю. Рощин[1, 2, *], О. Г. Павлова[1], В. А. Селионов[3, 4], И. А. Солопова[3, 4], Д. С. Жванский[3], О. Н. Староверова[5], С. Е. Хатькова[5]

[1]ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия
[2]ФГБУН ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия
[3]ФГБУН Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва, Россия
[4]ФГБУ Центральная клиническая больница РАН, Москва, Россия
[5]ФГАУ Лечебно-реабилитационный центр МЗ РФ, Москва, Россия
**E-mail: vroschin@mail.ru*

Поступила в редакцию 13.12.2018 г.
После доработки 04.03.2019 г.
Принята к публикации 03.04.2019 г.

Исследование сенсомоторных функций, а также реабилитационные двигательные тренировки у постинсультных больных нередко проводят в положении лежа. При этом мало что известно о влиянии положения тела на проприоцептивную чувствительность. У 10 здоровых испытуемых и 17 постинсультных больных с односторонним парезом с помощью разработанного нами метода в положениях сидя и лежа было исследовано проприоцептивное восприятие движений сгибания–разгибания в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах, а также отведения–приведения в плечевом и лучезапястном суставах. Испытуемому с закрытыми глазами производили серию односуставных пассивных тест-движений, во время выполнения которых он должен был копировать их активными движениями другой руки. Регистрировали углы в тестируемом суставе и таком же суставе другой руки, и о состоянии проприоцептивной чувствительности судили по степени схожести “активных” и “пассивных” движений, для оценки которой использовали качественные и количественные показатели. Выявлено, что здоровые испытуемые воспроизводили пассивные движения качественно верно как в положении сидя, так и лежа. По отдельным количественным показателям копирования движений в положении лежа были менее точными, но только в 3% тестирований не соответствовали условному критерию нормы. В группе больных почти в половине тестирований как в положении сидя, так и лежа копирование движений выполнялось с качественными и количественными ошибками и не соответствовало условному критерию нормы. У 88% больных в положении сидя и у 71% в положении лежа был обнаружен дефицит проприоцептивного восприятия от 1 до 5 тест-движений. Более частые и грубые нарушения копирования движений наблюдались в дистальных отделах паретичной конечности. Было обнаружено, что у разных больных смена положения тела по-разному влияла на проприоцептивное восприятие одних и тех же тест-движений: в целом по всем тестам в 14% тестирований статус сохранности проприоцептивного восприятия оценивался как сохранный в положении сидя и нарушенный в положении лежа, а в 17% тестирований, наоборот, нарушенный – сидя и сохранный – лежа. Эти индивидуальные различия должны учитываться при выборе условий двигательной реабилитационной тренировки у больных с парезом руки.

Ключевые слова: проприоцепция, положения сидя и лежа, инсульт, реабилитация.

DOI: 10.1134/S0131164619040131

Проприоцепция – ощущение взаимного положения и движения конечностей и тела, – играет ключевую роль в планировании и выполнении движений [1, 2]. По литературным данным [3–5] нарушение проприоцептивной чувствительности (ПЧ) конечностей выявляют более чем у половины постинсультных больных. Состояние ПЧ у таких больных является важным прогностическим показателем для восстановления движений [6].

Нами предложен простой и доступный для клинического применения метод исследования ПЧ, позволяющий объективно (на основе качественных и количественных показателей) оцени-

вать восприятие движений в отдельных суставах конечности [7]. Метод основан на оценке точности копирования серии пассивных движений в тестируемом суставе непосредственно во время их выполнения с помощью активных движений другой конечности в отсутствие зрительного контроля. Используя этот метод, нам удалось выявить нарушение ПЧ разных движений паретичной руки более чем у 70% исследованных постинсультных больных. Эти результаты были получены при тестировании копирования движений в положении сидя. Однако в клинике нередко исследование сенсомоторных функций, а также двигательные тренировки у постинсультных больных проводят в положении лежа. Цель данной работы состояла в том, чтобы оценить, как положение тела (сидя или лежа) влияет на проприоцептивное восприятие движений у здоровых испытуемых и постинсультных больных.

МЕТОДИКА

В исследовании участвовали 10 здоровых испытуемых: 5 мужчин и 5 женщин, от 22 до 76 лет, правшей (по Эдинбургскому тесту), и 17 постинсультных больных: 8 мужчин и 9 женщин, от 31 до 70 лет, правшей, с очагами в правом (11 случаев) и левом (6 случаев) полушариях, с парезом руки от 1 до 4 баллов (по шестибалльной шкале Научного центра неврологии РАМН), с мышечным тонусом не более 3 баллов (по шкале спастичности Ашфорт) [8]. Все обследуемые отвечали следующим требованиям: отсутствие неврологических и ортопедических проблем в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах, нормальная подвижность в указанных суставах обеих рук у здоровых испытуемых и условно-здоровой руке у больных, а также способность испытуемого понять задачу тестирования. Критерием исключения для больных был двусторонний инсульт.

В одном сеансе сначала в положении сидя, затем лежа исследовали сохранность проприоцептивного восприятия следующих односуставных движений: сгибание-разгибание и отведение-приведение в плечевом суставе (ПСР и ПОП), выполнявшихся с согнутыми в локтях руками, сгибание-разгибание в локтевом суставе (ЛСР), и сгибание-разгибание и отведение-приведение в лучезапястном суставе (КСР и КОП). В тестах КСР, КОП предплечья укладывали на мягкую подставку, чтобы испытуемый мог свободно совершать соответствующие движения кистями.

Испытуемому надевали на глаза непрозрачную маску, рукам придавали симметричное начальное положение и производили серию пассивных циклических движений проводимого теста. Эти движения выполняли в умеренном темпе (3–4 цикла за 15–25 с) с варьируемыми амплитудой и скоростью в естественном для данного сустава диапазоне углов. Непосредственно во время выполнения пассивных движений испытуемый, согласно заранее полученной инструкции, должен был по возможности точно копировать их движениями в таком же суставе другой руки.

У здоровых испытуемых тестировали степень сохранность ПЧ обеих рук, у больных – только паретичной руки.

В группе больных перед проведением каждого теста пациента просили выполнить аналогичное копирование пассивного движения с открытыми глазами, наблюдая за движениями тестируемой руки. Только если копирование движения в этих условиях было качественно верным, демонстрируя этим, что больной понимает задание, а его условно-здоровая рука способна выполнять копирующие движения, проводили основной тест с закрытыми глазами.

С помощью гониометров или беспроводных инерционно-магнитометрических сенсоров [7] регистрировали углы в исследуемом суставе и одноименном суставе другой руки. На основе анализа зарегистрированных суставных углов оценивали схожесть пассивных и копирующих активных движений по качественным признакам и 4 количественным показателям: 1) коэффициенту амплитуды ($K_{амп}$), вычисляемому как отношение среднеквадратичных значений суставных углов пассивных и копирующих движений по всему тесту, 2) коэффициенту формы ($K_{фор}$), представляющему собой линейный коэффициент корреляции нормализованных суставных углов движений по всему тесту, за исключением начальной полуволны движения, 3) латентности начала копирования ($K_{нлат}$) и 4) средней в пределах теста латентности повторных циклических копирующих движений ($K_{цлат}$). Для определения значений $K_{фор}$ и $K_{цлат}$ находили такое значение $K_{цлат}$ в диапазоне от –100 до 1000 мс, при сдвиге на которое записей пассивных и активных движений, за исключением начальной полуволны движения, друг относительно друга достигалось максимальное значение $K_{фор}$.

Оценку степени сохранности проприоцептивного восприятия разных тест-движений в положениях сидя и лежа у здоровых и постинсультных больных основывали на использовании условного критерия нормы (УКН), выработанного при обследовании репрезентативной группы здоровых испытуемых в положении сидя [7]. За УКН было принято копирование движений, при котором отсутствовали качественные ошибки, и значения не более чем двух из четырех количественных показателей могли выходить за пределы нормативных границ.

Нормативные границы для каждого показателя определяли как включающие 90% значений этого показателя для совокупной выборки испы-

туемых данного и проведенного ранее исследований и ограничивали 5-м и 95-м процентилями распределения для $K_{амп}$, 90-м для $K_{нлат}$ и $K_{цлат}$ и 10-м для $K_{фор}$. Значения этих границ для различных тест-движений представлены в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Воспроизведение серии пассивных движений в положениях сидя и лежа в группе здоровых испытуемых. В группе здоровых испытуемых в положениях сидя и лежа с закрытыми глазами было выполнено по 20 тестирований восприятия каждого из 5 тест-движений (ПСР, ПОП, ЛСР, КСР и КОП).

В положении сидя все тестирования соответствовали требованиям УКН. Т.е., во-первых, передача восприятия пассивных движений была качественно верной: активные копирующие движения выполнялись в одноименном суставе синхронно с пассивными и не отличались от них по виду, направлению и количеству циклов (пример записи теста на рис. 1, *А*). Во-вторых, у каждого испытуемого этой группы за условные нормативные границы выходили значения не более двух из четырех количественных показателей ($K_{нлат}$, $K_{цлат}$, $K_{амп}$ и $K_{фор}$).

В положении лежа копирование движений также было качественно правильным (рис. 1, *Б*). Однако общее число выходов значений отдельных количественных показателей за нормативные границы в 4 из 5 тестов в положении лежа было больше, чем в положении сидя (рис. 1, *В*). Вместе с тем в целом по всем тестам только 3% тестирований не соответствовало УКН: за счет выхода за нормативные границы 3 количественных показателей у 2 испытуемых в тесте ПСР и у одного в тесте КСР (рис. 1, *Г*).

Воспроизведение серии пассивных движений в положениях сидя и лежа в группе больных. В предварительном тестировании в положении сидя с открытыми глазами, когда пациент наблюдал за движениями паретичной руки, у 17 больных (Б1–Б17) во всех пяти тестах 84 из всех 85 копирований были выполнены качественно верно. Единственным исключением было тестирование КОП у пациентки Б4 с очагом поражения в правом полушарии. В отличие от других тестов, где при правильном копировании движения пассивной и активной рук имеют одинаковые направления, при тестировании КОП требовалось выполнять встречно-симметричные движения в горизонтальной плоскости. Такое двигательное задание для больной Б4 оказалось трудным для понимания, и тест КОП с закрытыми глазами у нее не проводили. Примеры правильного копирования движений под зрительным контролем у разных больных приведены на рис. 2, *А*.

Таблица 1. Количественные показатели точности воспроизведения разных тест-движений в положении сидя у здоровых испытуемых

Тест-движение	$K_{амп}$	$K_{фор}$	$K_{цлат}$, мс	$K_{нлат}$, мс
ПСР	0.943	0.981	14	234
$n = 26$	0.64–1.228	0.964	100	424
ПОП	0.893	0.971	10.5	254
$n = 30$	0.569–1.227	0.95	60	640
ЛСР	0.952	0.976	35	240
$n = 70$	0.6675–1.32	0.951	90	461
КСР	1.003	0.964	67	340
$n = 101$	0.671–1.424	0.93	167	1066
КОП	0.911	0.966	67	440
$n = 97$	0.583–1.253	0.935	233	1234

Примечание: верхняя строчка – медианы, нижняя – значения 5-го и 95-го процентилей для $K_{амп}$, 90-го для $K_{цлат}$, $K_{нлат}$ и 10-го для $K_{фор}$. Для каждого тест-движения приведено общее количество выполненных тестов.

Всего у больных в положении сидя с закрытыми глазами было проведено 16 тестирований ПСР, 17 ПОП, 17 ЛСР, 17 КСР и 15 КОП. В целом 49% из них не соответствовало УКН (рис. 3, *А*). В 27% тестирований копирование выполнялось с грубыми ошибками качественного характера. Например, во время серии пассивных движений “активная” рука оставалась неподвижной или производила единичные асинхронные движения как, например, у больных Б9 и Б10 на рис. 2, *Б*; в некоторых случаях неправильно передавалось направление пассивных движений, пропускались отдельные циклы или производились дополнительные движения. В 22% тестирований УКН не удовлетворялся только за счет плохих значений количественных показателей. Примеры такого неточного воспроизведения движений в тестах КОП и ПСР у больных Б5 и Б14 показаны на рис. 2, *Б*.

В итоге дефицит проприоцепции в положении сидя был обнаружен у 15 из 17 пациентов, т.е. у 88%. При этом у 8 больных было нарушено восприятие одного-двух, а у 7 – от 3 до 5 тест-движений паретичной руки.

В целом по всем тестам в положении сидя у больных с очагом поражения в левом полушарии не соответствовали УКН 27% тестирований, а с очагом в правом – 60%.

Наиболее часто нарушение ПЧ выявляли в тестах КСР и КОП. Эти нарушения были и более грубыми: 59% копирований КСР и 40% КОП были выполнены с ошибками качественного характера (рис. 3, *Б*).

У двух пациентов Б2 и Б11 ни в одном из тестов нарушений ПЧ обнаружено не было. При этом

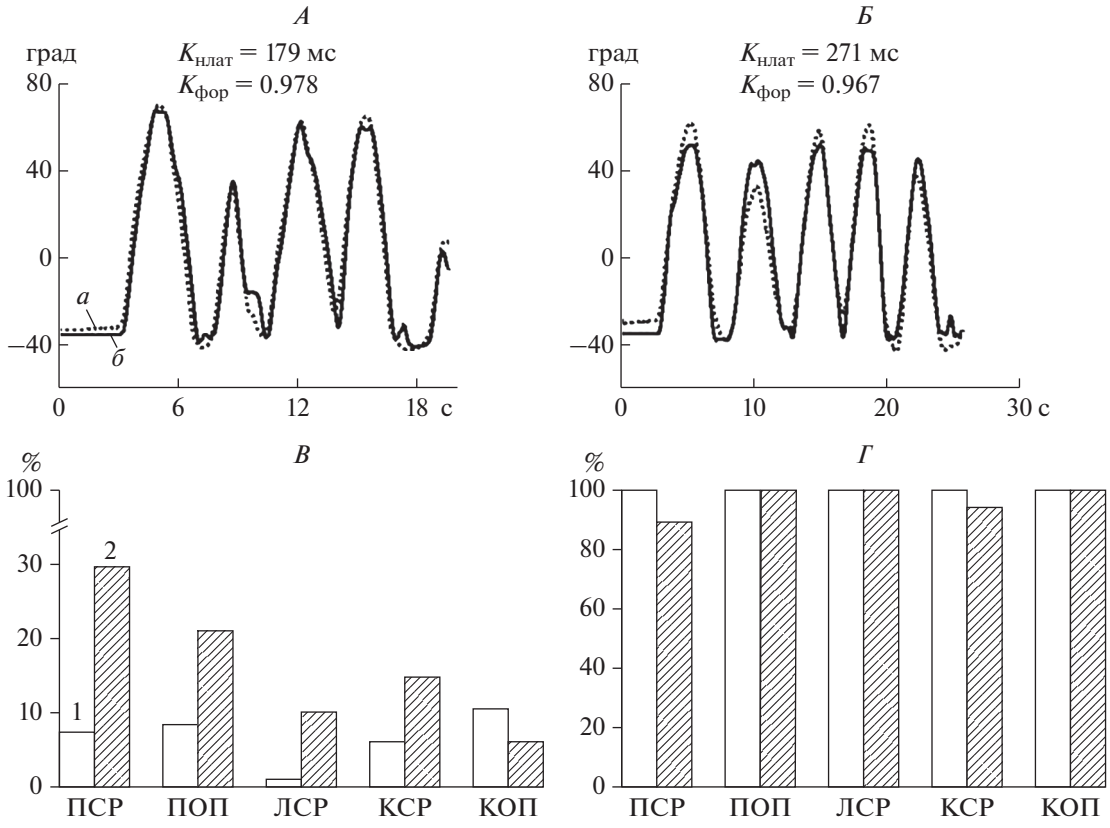

Рис. 1. Сравнение точности копирования односуставных движений руки в положениях сидя и лежа в группе здоровых испытуемых.
А – изменение суставных углов во времени при тестировании ЛСР в положении сидя, *Б* – то же в положении лежа; *В* – относительное число выходов значений количественных показателей за нормативные границы для каждого из 5 тест-движений; *Г* – относительное число копирований, соответствующих условному критерию нормы ПЧ; *а* – пассивные, *б* – активные движения; 1 – в положении сидя, 2 – лежа.

состояния двигательных функций паретичной руки у них сильно отличались. У больной Б2 в результате инсульта пострадали только быстрота и точность движений пальцев, у больного Б11 были полностью утрачены произвольные движения в лучезапястном и локтевом суставах, и сохранялись только ограниченные движения в плечевом суставе. У обоих пациентов очаг повреждения находился в левом полушарии.

В положении лежа с закрытыми глазами у больных было проведено 15 тестирований ПСР, 16 ПОП, 17 ЛСР, 16 КСР и 15 КОП. В этих условиях в целом 46% из них не соответствовало УКН (рис. 3, *А*). В 33% тестирований копирование выполнялось с грубыми ошибками качественного характера, как например, у больных Б10 и Б5 на рис. 2, *В*, а в 13% – с выходом за нормативные границы значений 3–4 количественных показателей, как у больных Б9 и Б12 на рис. 2, *В*.

В итоге нарушение ПЧ в положении лежа выявлено у 12 пациентов (71%): у 10 из них установлено нарушение восприятия 3–4, а у двоих – 1–2 тест-движений. В целом по всем тестам в положении лежа у больных с очагом поражения в левом полушарии не соответствовали УКН 10% тестирований, а с очагом в правом – 36%.

В положении лежа, так же как и в положении сидя, чаще страдало проприоцептивное восприятие движений в наиболее дистальном лучезапястном суставе (тесты КСР и КОП на рис. 3, *Б*).

Сравнение результатов тестирования в положениях сидя и лежа показало, что у 88% пациентов в разных положениях существенно различалось качество проприоцептивного восприятия от 1 до 4 тест-движений, причем в одних случаях оно было лучше в положении сидя, в других – в положении лежа. В целом по всем тестам в 14% тестирований проприоцептивное восприятие движений определялось как сохранное в положении сидя и нарушенное (не соответствующее УКН) при тестировании того же тест-движения в положении лежа, и в 17% тестирований, наоборот, – определялось как сохранное в положении лежа и нарушенное в положении сидя (рис. 3, *В*).

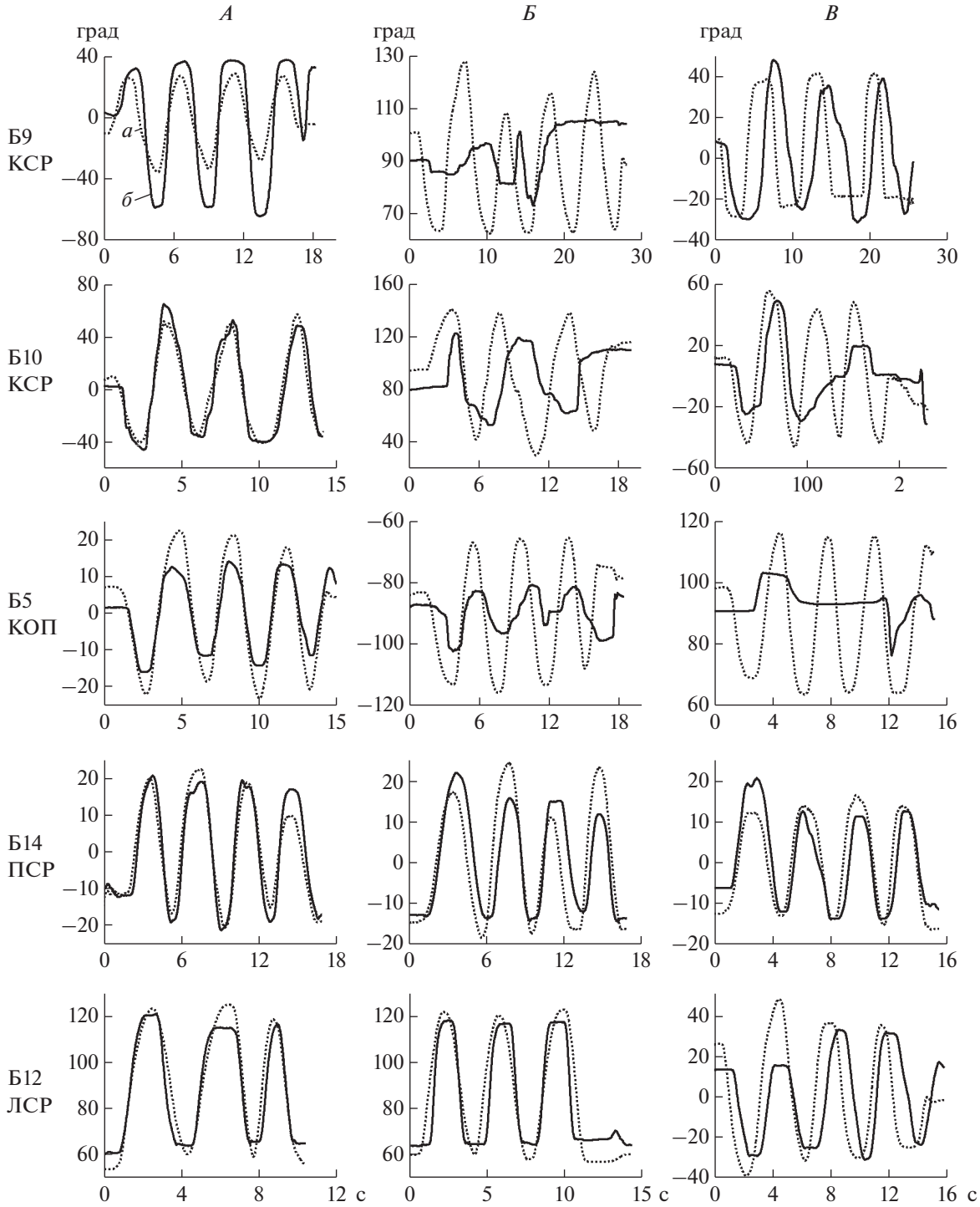

Рис. 2. Примеры индивидуальных различий в копировании разных односуставных движений руки в положениях сидя и лежа у 5 больных (Б9, Б10, Б5, Б14 и Б12).
А – копирование с открытыми глазами в положении сидя, *Б* – с закрытыми глазами в положении сидя, *В* – с закрытыми глазами в положении лежа; *а* – пассивные, *б* – активные движения.

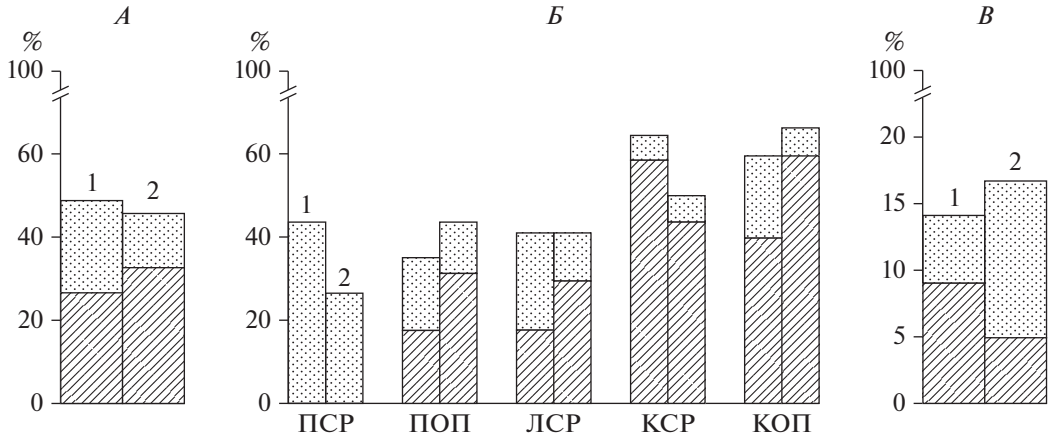

Рис. 3. Доля тестирований односуставных движений паретичной руки у больных в положениях сидя и лежа, выявивших нарушения ПЧ.
А – в целом по всем тест-движениям, *Б* – по каждому из 5 тест-движений отдельно, *В* – доля "улучшений" статуса сохранности ПЧ для каждого положения тела относительно другого положения в целом по всем тест-движениям (см. объяснение в тексте); 1 – в положении сидя, 2 – лежа; темная штриховка – за счет качественных ошибок копирования движений, светлая – за счет ошибок только по количественным показателям.

Для каждого положения тела на графике темной штриховкой показана доля "улучшений" статуса сохранности ПЧ в этом положении тела относительно другого положения за счет исчезновения грубых ошибок качественного характера при копировании движений; светлой штриховкой – за счет улучшения значений количественных показателей при отсутствии качественных нарушений.

Примеры индивидуальных различий точности копирования движений в разных положениях тела представлены на рис. 2, *Б* и *В*. Например, в положении сидя больная Б9 не могла воспроизвести серию циклических движений КСР и выполняла активной рукой только одиночные асинхронные движения, тогда как в положении лежа повторяла, хотя и с заметным отставанием, каждое пассивное движение паретичной руки. Больной Б5, наоборот, в положении сидя копировал движение КОП хотя и не точно, но качественно правильно; в положении лежа воспроизведение этого движения резко ухудшалось и становилось качественно не верным. Больной Б10 воспроизводил движения КСР одинаково плохо как в положении сидя, так и лежа. У больных Б14 и Б12 изменения копирования движений в тестах ПСР и ЛСР прослеживались только на уровне изменения значений количественных показателей: у Б14 в положении лежа точность воспроизведения была лучше, чем в положении сидя, у Б12 – наоборот, хуже.

Закономерностей в изменениях качества копирования одинаковых тест-движений у разных больных и разных движений у одного и того же больного обнаружено не было. Иными словами, влияние положения тела на степень сохранности проприоцептивного восприятия каждого отдельного тест-движения паретичной руки носило индивидуальный характер.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследование проприоцептивного восприятия пяти односуставных движений руки (ПОП, ПСР, ЛСР, КСР и КОП) в положениях сидя и лежа у здоровых испытуемых и постинсультных больных было проведено с помощью разработанного нами метода, основанного на объективной качественной и количественной оценке точности одновременного копирования пассивных движений тестируемой руки с помощью активных движений другой руки.

Показано, что у здоровых испытуемых проприоцептивное восприятие соответствовало статусу сохранного почти во всех тестированиях как в положении сидя, так и лежа. Они всегда качественно правильно передавали ощущение пассивных движений активными копирующими движениями другой руки. В положении лежа по отдельным количественным показателям копирование движений было менее точным, однако эти различия были не велики: все тестирования в положении сидя и подавляющее число (97%) тестирований в положении лежа соответствовали УКН.

У больных, в отличие от здоровых, копирование движений почти в половине тестов (49% в положении сидя и 46% в положении лежа) не соответствовало УКН. Исходя из того, что копирование этих движений с открытыми глазами пациенты выполняли правильно, есть все основания

считать, что неточное копирование в отсутствие зрительного контроля было вызвано дефицитом ПЧ.

В данной работе нарушение сохранности ПЧ было выявлено у 88% в положении сидя и у 71% в положении лежа, что соответствует наиболее высоким показателям обнаружения дефицита ПЧ у постинсультных больных, известных из литературы [9]. Это дает основание полагать, что использованный нами метод обладает высокой чувствительностью.

У исследованных больных в паретичной руке страдало проприоцептивное восприятие от 1 до 5 односуставных движений. Причем, у больных с очагом инсульта в правом полушарии общее количество движений с нарушенным проприоцептивным восприятием было вдвое больше, чем у больных с очагом в левом. Эти данные согласуются с полученными в последние годы результатами исследования центральных механизмов ПЧ, указывающими на ведущую роль правого полушария в обработке проприоцептивной информации [10].

Сравнение результатов тестирования ПЧ в разных отделах паретичной руки показало, что общее число копирований, не соответствующих УКН, для движений в лучезапястном суставе (КСР и КОП) в положении сидя в 1.3, а в положении лежа в 1.5 раза больше, чем для движений в локтевом и плечевом суставах (ПСР, ПОП, ЛСР) вместе взятых. Кроме того, если в плечевом и локтевом суставах неточное копирование движений часто было качественно правильным и не соответствовало УКН только по количественным показателям, то при копировании движений в лучезапястном суставе доминировали более грубые ошибки качественного характера. Это говорит о том, что проприоцепция дистального отдела пораженной руки нарушалась в большей степени. Еще в середине 18 в. знаменитый английский невролог *J.H. Jackson* [11] обращал внимание на то, что при повреждениях ЦНС прежде всего утрачиваются филогенетически более молодые движения дистальных отделов конечности.

В последние десятилетия в исследованиях двигательных расстройств у больных, перенесших инсульт, все большее внимание уделяется оценке состояния ПЧ. Современные статистические данные указывают на то, что степень нарушения ПЧ коррелирует с тяжестью инсульта и трудностью восстановления двигательных функций [12]. В то же время, у одного из обследованных нами больных с наиболее сильным нарушением двигательных функций руки проприоцептивное восприятие всех тест-движений было сохранным. Дальнейшее объективное изучение состояния ПЧ у постинсультных больных с парезами конечностей и разными локализациями повреждений головного мозга может внести вклад в понимание механизмов двигательных расстройств и разработку адекватных способов их лечения.

Основным результатом исследования мы считаем обнаружение у большинства постинсультных больных значительного изменения проприоцептивного восприятия движений при изменении положения тела. Показано, что, если у здоровых испытуемых переход из положения сидя в положение лежа приводил к незначительным снижениям точности копирования тест-движений, то у большинства больных при изменении положения тела точность копирования значительно изменялась. В 31% тестирований это приводило к изменению определения статуса сохранности ПЧ как сохранной или нарушенной. Важно отметить, что эти изменения были разнонаправленными и имели индивидуальный характер: они могли быть разными при воспроизведении одного и того же тест-движения у разных больных и разных тест-движений у одного и того же больного.

Влияние положения тела на проприоцепцию мы связываем с изменением возбудимости мышечных рецепторов, которая, в свою очередь, может зависеть как от физиологического и физического состояния мышц, так и от центральной команды [13]. Исходя из общих представлений о том, что в двигательном поведении человека важнейшее место занимают манипуляторные навыки, которые осуществляются, как правило, стоя или сидя, а положение лежа связано в основном с отдыхом и общей релаксацией, можно ожидать, что оптимальный уровень возбудимости проприоцепторов должен поддерживаться при вертикальном положении тела. Полученные результаты тестирования ПЧ у здоровых лиц согласуются с этим предположением. У здоровых испытуемых с нормальной регуляцией мышечного тонуса восприятие движений в положении лежа, как правило, соответствовало УКН, и только по отдельным количественным показателям было менее точным, чем в положении сидя.

У постинсультных больных мышечный тонус паретичной руки нарушен, причем, нередко одни группы мышц находятся в состоянии гипертонуса, другие, напротив, – гипотонуса. Известно, что при разном положении тела патологический мышечный тонус пораженной руки может значительно изменяться. Так, у постинсультных больных спастические синергии максимально выражены в положении стоя, меньше – в положении сидя, и еще слабее – в положении лежа. В таких случаях в положении лежа можно ожидать улучшения состояния ПЧ. Если же в положении сидя

мышцы находятся в состоянии гипотонуса, в положении лежа их тонус может снизиться еще больше, что может ухудшить ПЧ.

Полученные результаты показали, что положение тела (сидя или лежа), при котором наилучшим образом воспринимается определенное движение больной руки, у разных пациентов может быть различным. Можно полагать, что определение таких положений для каждого больного и использование этой информации при планировании восстановительной двигательной тренировки способны значительно повысить эффективность реабилитационных процедур. Это позволит более рационально использовать ограниченный ресурс способности пациента к концентрации внимания на выполняемой процедуре, что крайне важно для успешного двигательного обучения.

ВЫВОДЫ

1. Здоровый человек точно и практически одновременно передает ощущения движений в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах тестируемой руки с помощью копирующих движений другой руки как в положении сидя, так и лежа.

2. У постинсультных больных почти в половине тестов выявляется нарушение проприоцептивного восприятия односуставных тестовых движений в отдельных суставах паретичной руки как в положении сидя, так и лежа. Копирование тест-движений происходит с грубыми качественными нарушениями и выходом за границы нормы по количественным показателям.

3. У постинсультных больных положение тела может по-разному влиять на восприятие разных тестовых движений паретичной руки: одни движения могут восприниматься лучше в положении сидя, другие – лежа. Эту индивидуальную зависимость следует учитывать при планировании реабилитационных двигательных тренировок, выбирая для выполнения упражнений положения тела, в которых ПЧ лучше.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях и одобрены локальной этической комиссией Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва) и локальным этическим комитетом Лечебно-реабилитационного центра МЗ РФ (Москва).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа частично поддержана грантами РФФИ №№ 16-29-08181 и 19-015-00264.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Damasio A.* The Feeling of What Happens. San Diego, N.Y., London: A Harvest Book, Harcounrt, Inc., 1999. P. 386.
2. *Козловская И.Б.* Афферентный контроль произвольных движений. М.: Наука, 1976. 295 с.
3. *Dukelow S.P., Herter T.M., Moore K.D. et al.* Quantitative assessment of limb position sense following stroke // Neurorehabilitation and Neural Repair. 2010. V. 24. № 2. P. 178.
4. *Schabrun S.M., Hillier S.* Evidence for the retraining of sensation after stroke: a systematic review // Clin. Rehabil. 2009. V. 23. P. 27.
5. *Sullivan J.E., Hedman L.D.* Sensory dysfunction following stroke: incidence, significance, examination, and intervention // Top Stroke Rehabil. 2008. V. 15. P. 200.
6. *Coupar F., Pollock A., Rowe P. et al.* Predictors of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis // Clin. Rehabil. 2012. V. 26. P. 291.
7. *Павлова О.Г., Рощин В.Ю., Сидорова М.В. и др.* Метод качественной и количественной оценки восприятия движений в отдельных суставах руки // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 4. С. 84.
8. *Стаховская Л.В., Котов С.В.* Инсульт. Руководство для врачей. М.: МИА, 2014. 400 с.
9. *Meyer S., Karttunen A.H., Thijs V. et al.* How do somatosensory deficits in the arm and hand relate to upper limb impairment, activity, and participation problems after stroke? A systematic review // Physical Therapy. 2014. V. 94. № 9. P. 1220.
10. *Naito E., Morita T., Amemiya K.* Body representations in the human brain revealed by kinesthetic illusions and their essential contributions to motor control and corporeal awareness // Neurosci. Res. 2016. V. 104. P. 16.
11. *Jackson J.H.* Evolution and dissolution of the nervous system. Lecture I / Selected Writings of John Hughlings Jackson // Ed. Taylor J. NY: Basic Books Inc. 1958. V. 22. P. 45.
12. *Winward Ch.E., Halligan P.W., Wade D.T.* Current practice and clinical relevance of somatosensory assessement after stroke // Clin. Rehabil. 1999. V. 13. № 1. P. 48.
13. *Proske U., Gandevia S.C.* The kinaesthetic senses // J. Physiol. 2009. V. 587. № 17. P. 4139.

Comparison of Objective Indicators of Proprioception of Single-Joint Arm Movements in Healthy Subjects and Post-Stroke Patients in Sitting and Lying Positions

V. Y. Roschin[a, b, *], O. G. Pavlova[a], V. A. Selionov[c, d], I. A. Solopova[c, d], D. S. Zhvansky[c], O. N. Staroverova[e], S. E. Khat'kova[e]

[a] *Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
[b] *Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
[c] *Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
[d] *Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
[e] *Medical Rehabilitation Centre of Russian Ministry of Health, Moscow, Russia*
**E-mail: vroschin@mail.ru*

The sensory-motor performance and motor rehabilitation training in post-stroke patients are often executed in lying position. At the same time, influence of the body position on proprioceptive perception is poorly studied. In this study we investigated proprioceptive perception of single-joint arm movements in 10 healthy subjects and 17 post-stroke patients with unilateral arm paresis in sitting and lying positions using the method we developed. Movements of flexion–extension in shoulder, elbow and wrist joints and abduction–adduction in shoulder and wrist joints were investigated. The subjects were made to perform a series of passive single-joint movements with eyes closed and had to copy these movements simultaneously by active movement of another arm. We recorded the angles at the tested joint and the homonymous joint of the other arm, and the status of proprioceptive sensitivity was evaluated basing on the degree of similarity of these "passive" and "active" movements. Qualitative and quantitative indicators were used to assess the similarity. It was found that healthy subjects reproduce the passive movements without rough qualitative errors in both sitting and lying positions. Movement reproduction was less accurate in lying position by values of some quantitative indicators, however only 3% of trails did not match conventional criterion for proprioceptive sensitivity intactness. On the contrary, the movement reproduction in almost half of tests in the group of post-stroke patients was performed with qualitative and quantitative errors and did not match the conventional criterion. A deficit of proprioception was observed in 1 to 5 different test-movements in 88% patients in sitting position and 71% patients in lying position. Most frequent and rough errors in movement reproduction were observed in distal segments of the paretic arm. It was found that body position could have different effects on proprioceptive perception of the same test-movement in patients: the proprioceptive perception was evaluated as intact in sitting position and as distorted in lying position in 14% of all test trials; vice versa, it was evaluated as distorted in sitting position and as intact in lying positions in 17% of trials. Such individual differences must be considered when choosing conditions for motor rehabilitation procedures in patients with arm paresis.

Keywords: proprioception, sitting and lying positions, stroke, rehabilitation.