

УДК 615.85:681.33:-616.8-009.1-031:611.97

DOI 10.17816/pmj35160-67

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ПОСТИНСУЛЬТНОМ ПАРЕЗЕ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

М.В. Долганов, М.И. Карпова*

Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия

EFFICACY OF USING VIRTUAL REALITY IN POST-STROKE UPPER LIMB PARESIS

M.V. Dolganov, M.I. Karpova*

South-Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

Цель. Оценить эффективность применения тренировок с использованием виртуальной реальности в восстановлении функции верхней конечности у пациентов в острый период инсульта.

Материалы и методы. 48 пациентов в острый период инсульта (среднее время от начала инсульта – $4,5 \pm 1,3$ дня, средний возраст – 67 (45; 72,1) лет) были рандомизированы на две группы: основная (стандартная терапия + виртуальная реальность) и контрольная (только стандартная терапия). Пациенты основной группы прошли курс тренировок виртуальной реальности длительностью 15 минут, 2 раза в день в течение 10 дней. С помощью Fugl-Meyer Assessment Scores (FMA), Motor Assessment Scale (MAS), Ashworth Scale, Modified Barthel Index Score (MBI), Action Research Arm Test (ARAT), 9-Hole Peg Test, Rankin Scale, Function Independence Measure (FIM) и динамометрии был оценен функциональный статус до начала курса тренировок и после него.

Результаты. При оценке FMA «верхняя конечность» ($p = 0,029$), «запястье» ($p = 0,04$), «кисть (скорость)» ($p = 0,02$); MAS ($p = 0,042$), 9-Hole Peg Test ($p = 0,028$), динамометрии паретичной кисти ($p = 0,03$) и FIM ($p = 0,045$) пациенты основной группы продемонстрировали статистически значимое улучшение в сравнении с группой контроля.

Выводы. Результаты показывают, что включение короткого курса тренировок с применением виртуальной реальности улучшает функцию верхней конечности у пациентов в острый период инсульта.

Ключевые слова. Виртуальная реальность, реабилитация, верхняя конечность, инсульт.

Aim. To estimate the efficacy of using training by means of virtual reality in restoration of the upper limb function in patients during the acute period of stroke.

Materials and methods. 48 patients in the acute period of stroke (average time from the onset of stroke 4.5 ± 1.3 days, mean age 67 (45; 72.1) years) were randomized into 2 groups: the main group (standard therapy + virtual reality) and the control (standard therapy alone). Patients of the main group underwent a course of virtual reality training, lasting for 15 minutes, twice a day for 10 days. The functional status before the onset of training course and after it was evaluated using Fugl-Meyer Assessment Scores (FMA), Motor Assessment Scale (MAS), Ashworth Scale, Modified Barthel Index Score (MBI), Action Research Arm Test (ARAT), 9-Hole Peg Test, Rankin Scale, Function Independence Measure (FIM) and dynamometry.

© Долганов М.В., Карпова М.И., 2018

тел. +7 961 575 40 41

e-mail: michail1_dolganov@mail.ru

[Долганов М.В. (*контактное лицо) – ассистент кафедры нервных болезней; Карпова М.И. – доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой нервных болезней].

Results. When assessing FMA of “upper limb” ($p = 0.029$), “wrist” ($p = 0.04$), “hand speed” ($p = 0.02$); MAS ($p = 0.042$), 9-Hole Peg Test ($p = 0.028$), paretic hand dynamometry ($p = 0.03$) and FIM ($p = 0.045$), patients of the main group demonstrated statistically significant improvement versus the control group.

Conclusions. The results detected that inclusion of a short training course, using virtual reality, improves the upper limb function in patients during the acute period of stroke.

Key words. Virtual reality, rehabilitation, upper limb, stroke.

ВВЕДЕНИЕ

Инсульты являются одной из наиболее частых причин смертности и инвалидизации среди населения. В Российской Федерации в 2015 г. было зарегистрировано более 400 тыс. случаев инсульта, что составляет 535 случаев на 100 тыс. взрослого населения [2]. Более 80 % пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) имеют двигательные нарушения, которые во многом обуславливают стойкую нетрудоспособность и выраженное снижение качества жизни [1, 4]. У четырех пациентов из пяти, перенесших инсульт, формируется парез верхней конечности, причём у 40 % он сохраняется пожизненно [9].

Виртуальная реальность представляет собой созданный с помощью компьютерного моделирования искусственный мир, с которым можно взаимодействовать с помощью специальных устройств и при этом получать запрограммированную реакцию на воздействие [6]. Виртуальная реальность в реабилитации предоставляется посредством или коммерческих видеоигр, или специально написанных для медицинских целей программ с разной степенью «погружения» в виртуальное пространство. В нескольких метаанализах и систематических обзорах доказано, что тренировки в виртуальной среде улучшают функцию верхней конечности и активность пациентов в повседневной жизни на разных этапах реабилитации после инсульта [10, 13].

Целью данного исследования стала оценка эффективности и безопасности включения

короткого курса тренировок с применением технологий виртуальной реальности для восстановления двигательной функции верхней конечности у пациентов в остром периоде инсульта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2016–2017 гг. проведено проспективное рандомизированное клиническое исследование на базе регионального сосудистого центра Челябинской областной клинической больницы № 1. В исследование включены 48 пациентов в остром периоде ишемического инсульта с медианой возраста 67 (45; 72,1) лет. В основную группу входили 24 пациента, из них 11 женщин и 13 мужчин, в группу сравнения – 24 пациента, в том числе 10 женщин и 14 мужчин. Распределение пациентов между основной и контрольной группами проводилось с помощью метода адаптивной рандомизации. Все включенные в исследование подписали информированное добровольное согласие. Пациенты обеих групп были сопоставимы по половозрастным характеристикам, инициальной тяжести инсульта (шкалы NIH Stroke Scale и Canadian Neurological Scale), выраженности когнитивных и эмоциональных нарушений и функциональным показателям паретичной верхней конечности ($p > 0,05$). Все пациенты, включенные в исследование, получали медикаментозное лечение согласно стандарту оказания специализированной помощи при инфаркте головного мозга. Тромболитическая терапия не проводилась ни одному пациенту.

Критерии включения в исследование: 1) острый период ишемического инсульта, один очаг по данным нейровизуализации; 2) сила в мышцах пояса верхней конечности, задней и передней группы плеча не менее 2 и не более 4 баллов по шкале количественной оценки мышечной силы Medical Research Council Weakness Scale; 3) возможность разгибания кисти в лучезапястном суставе не менее 20 градусов и разгибания пальцев не менее 10 градусов. Критерии исключения из исследования: 1) умеренная и выраженная сенсорная афазия, когнитивные, зрительные расстройства, препятствующие реабилитационным мероприятиям; 2) выраженные контрактуры и деформации верхней конечности; 3) отказ от сотрудничества в рамках исследования. Пациенты контрольной группы в качестве реабилитационных мероприятий получали стандартный комплекс лечебной физкультуры (ЛФК): целенаправленные тренировки, тренировки с большим количеством повторов и силовые тренировки. Тренинг затрагивал мышцы пояса верхних конечностей, плеча, предплечья, кисти. У пациентов основной группы дополнительно к стандартному комплексу лечебной физкультуры проводились тренировки с применением технологии виртуальной реальности длительностью 15 минут 2 раза в день в течение 10 дней на $(4 \pm 1,3)$ -й день от начала инсульта. Общее время тренировок в обеих группах было сопоставимо.

Тренинг в виртуальной среде представлял собой выполнение различных заданий в игровой форме. Игра 1 (рис. 1) – «Снежки».

Пациент сидит перед телевизором, и его силуэт при этом отображается в виде аватара на мониторе. Необходимо, поднимая выпрямленные руки над собой, хлопать между ладонями летящие сверху снежки, чтобы те не коснулись головы аватара.

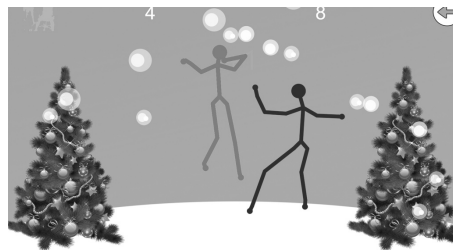


Рис. 1. Тренинг в виртуальной среде. Игра «Снежки»

Игра 2 – «Три корзины» (рис. 2).

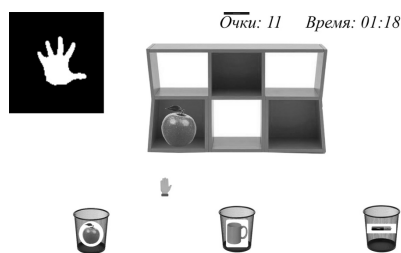


Рис. 2. Игра «Три корзины»

Пациент сидит перед телевизором. Необходимо, управляя «виртуальной рукой», складывать с полки в соответствующие корзины предметы шаровой, цилиндрической формы и тонкие предметы, для которых необходимо применять щипковый захват.

Игра 3 – «Букашки» (рис. 3).

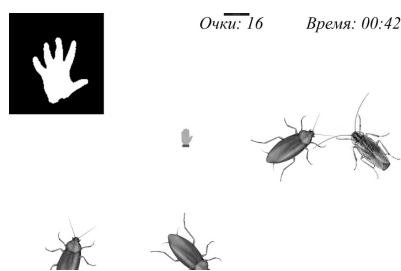


Рис. 3. Игра «Букашки»

Пациент сидит перед телевизором. Необходимо, управляя «виртуальной рукой» с помощью щипкового захвата, уничтожать ползающих букашек. Последняя игра имеет уровни сложности с изменением скорости

ползания, размеров букашек и времени, отведенного на выполнение задания.

Пациенты обеих групп в период реабилитационных мероприятий выполняли идентичные двигательные паттерны: дотягивания до предметов, захват предметов (шаровой, щипковый, цилиндрический). Оценка функционального статуса в обеих группах проводилась до начала реабилитационных мероприятий (на $(4 \pm 1,4)$ -й день от начала инсульта) и по окончании реабилитационного курса (на (14 ± 1) -й день после развития инсульта).

Функция верхней конечности оценивалась с помощью: Action research arm test (ARAT); шкалы двигательной функции верхней конечности по Фугл-Мейеру (Fugl-Meyer Assessment Scale for the Upper Extremity, FMA); 6-й и 7-й субшкалы Motor Assessment Scale (MAS); модифицированной шкалы Эшворта (Modified Ashworth Scale for Grading Spasticity); теста по вставлению кольшков в планшет с девятью отверстиями (9-Hole Peg Test); кистевой динамометрии паретичной кисти (кистевой динамометр ДК-25, ОАО «Нижнетагильский медико-инструментальный завод»). Степень ограничения независимости в повседневной жизни оценивалась с помощью: Function independence measure (FIM) – суммарный балл за двигательные функции; Modified Barthel Index Score (MBI), Modified Rankin Scale.

Техническое оснащение методики ВР: телевизор LG 42 ls 560 t, компьютер Dell vostro 3667 mt i3 6100 на операционной системе Windows 10, к которому подключен Kinect for Windows 2. На компьютер установлено программное обеспечение, специально разработанное малым инновационным предприятием «СтендАп Инновации» на базе Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск).

Полученные результаты исследований обрабатывались с использованием лицензионного пакета прикладных статистических программ SPSS Statistics, version 16. Для тестирования статистических гипотез применяли метод непараметрической статистики (T -критерий Вилкоксона, Манна-Уитни (P_{mw})). Данные представлены в виде медианы и 5%-ного и 95%-ного процентилей. Проверка статистических гипотез осуществлялась при критическом уровне значимости 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки клинической эффективности реабилитационных мероприятий в основной и контрольной группах проведен статистический анализ (таблица). Установлено, что пациенты обеих групп к окончанию реабилитационных мероприятий по большинству методов оценки продемонстрировали статистически значимое улучшение двигательной функции верхней конечности и функциональной независимости в повседневной жизни.

При оценке Action Research Arm Test не было выявлено статистически значимой разницы после реабилитационных мероприятий по субшкале грубых движений в основной ($p = 0,201$) и контрольной группах ($p = 0,187$). Относительно щипкового, шарового и цилиндрического захватов значимая разница была зафиксирована внутри групп, но не была обнаружена при межгрупповом анализе ($p = 0,30$ для щипкового и $p = 0,257$ для цилиндрического).

При оценке Fugl-Meyer Assessment Scale пациенты обеих групп продемонстрировали статистически значимое улучшение функции по завершении реабилитационного курса

са. Однако в основной группе, пациенты которой тренировались в условиях виртуальной реальности в дополнение к стандартной терапии, отмечено значимое улучшение результатов в сравнении с пациентами группы

контроля по субшкалам «верхняя конечность» ($p = 0,029$), «запястье» ($p = 0,04$) и «кисть (скорость)» ($p = 0,02$). Не было выявлено значимой разницы между группами по субшкале «кисть» ($p = 0,061$).

Динамика оцениваемых параметров функции верхней конечности и независимости в повседневной жизни до и после реабилитационных мероприятий

Метод оценки	Основная группа		Контрольная группа	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Action Research Arm Test				
– шаровой захват	12 (0; 18)	18 (0; 18)*	9 (0; 18)	18 (0; 18)*
– щипковый захват	9 (0; 18)	18 (0; 18)*	6 (0; 18)	15 (0; 18)*
– цилиндрический захват	9 (0; 12)	12 (0; 12)*	9(0; 12)	12 (0; 12)*
– грубые движения	9 (6; 9)	9 (9; 9)	9 (6; 9)	9 (9; 9)
Fugl-Meyer Assessment Scale for the Upper Extremity				
– верхняя конечность	21 (14,9; 26)	30 (19,8; 34,2)* [§]	19 (11,8; 25,6)	24 (15,6; 31,4)*
– запястье	7 (4; 9)	9 (4; 10)* [§]	5 (3; 8)	8 (3,8; 10)*
– кисть	7 (0; 10)	11 (1,8; 14)*	6 (2; 10)	8 (5,2; 13)*
– кисть (скорость)	3 (1,9; 5)	5 (3,9; 6)* [§]	2,5 (1; 4)	4 (2; 5,2)*
Motor Assessment Scale	8 (3; 11)	11 (7; 12)* [§]	6 (2; 10)	10 (3; 12)*
Кистевая динамометрия, даН	2 (0; 15)	10 (0; 36,6)* [§]	2 (0; 8)	5 (0; 12)*
Тест по вставлению колышков в планшет с девятью отверстиями, с	303 (132,4; 609)	111 (56; 3 554)* [§]	350 (181; 588)	231 (77,6; 505)*
Function Independence Measure	69 (51; 81)	82 (68; 91)* [§]	65 (50; 74)	72 (58; 88)*
Modified Barthel Index Score	75 (45; 90)	90 (70; 100)*	75 (60; 86)	85 (64; 100)*
Modified Rankin Scale	3 (2; 4)	2 (1; 3)*	3 (2; 3)	2 (1; 3)*

П р и м е ч а н и е. * – $p < 0,05$ – между выборками парных измерений (T -критерий Вилкоксона), [§] – $p < 0,05$ – между независимыми выборками (Манн-Уитни U -тест).

Также согласно оценке Motor Assessment Scale в обеих группах отмечено улучшение функций верхней конечности после реабилитационного курса, однако пациенты, получавшие тренинг в условиях виртуальной реальности в дополнение к стандартной терапии, показали значимое улучшение в сравнении с группой контроля ($p = 0,042$).

В отличие от специальных шкал, направленных на оценку функции руки, динамометрия паретичной кисти и тест по вставлению колышков в планшет с девятью отверстиями являются более объективными методами контроля эффективности реабилитационных мероприятий. Так, при повторном тестирова-

нии в конце курса реабилитации пациенты основной группы показали статистически значимое улучшение в сравнении с контрольной группой по данным метрикам: динамометрия паретичной кисти ($p = 0,03$); тест по вставлению колышков в планшет с девятью отверстиями ($p = 0,028$).

По шкалам, оценивающим ограничение активности в повседневной жизни при межгрупповом анализе, пациенты основной группы продемонстрировали значимо лучший результат согласно Function Independence Measure ($p = 0,045$). При оценке Modified Rankin Scale и Modified Barthel Index Score не было отмечено статистически значимой разницы показателей.

Подавляющее большинство исследований, оценивающих влияние виртуальной реальности на улучшение функции руки, проводится у пациентов в раннем и позднем восстановительных периодах инсульта. При этом эффективность и безопасность применения данного метода в острый период инсульта оценивается гораздо реже. Подобные исследования чаще всего отличаются малым количеством участников (как правило, менее 10), небольшим количеством тренировочных сессий, сравнением виртуальной реальности с другими адьювантными методиками и иногда отсутствием группы контроля [7, 11, 12]. В некоторых исследованиях оценивается дополнительное применение медикаментозного сопровождения реабилитационных мероприятий [3, 12]. Чаще всего пациенты в остром периоде инсульта, получавшие тренировки в виртуальной среде в комбинации со стандартной терапией, в сравнении с группой контроля демонстрировали умеренное улучшение по Fugl-Meyer Assessment Scale, Action Research Arm Test и при оценке кинематических характеристик верхней конечности. Большинство работ показывают, что тренировки в виртуальной реальности не влияют на силу хвата кисти, но улучшают точность, скорость, соразмерность произвольных движений, способствуют восстановлению комплексных повседневных двигательных навыков и уменьшают степень ограничения самообслуживания.

В данном исследовании, аналогично ранее проведенным, пациенты, получавшие тренировки в виртуальной реальности, продемонстрировали значимое улучшение в сравнении с группой контроля по шкалам, оценивающим функцию верхней конечности: Fugl-Meyer Assessment Scale и Motor Assessment Scale. При оценке результатов

другой шкалы – Action Research Arm Test – не было выявлено разницы при межгрупповом анализе. Вероятнее всего, это связано с тем, что большинство участников обеих групп имели умеренный или легкий парез руки и данный инструмент оценки не мог корректно отразить динамику улучшения функции («эффект потолка»). Результаты теста по вставлению колышков в планшеты с девятью отверстиями также соотносятся с результатами аналогичных исследований относительно эффективности тренировок в виртуальной реальности для улучшения скорости и точности движений. Несмотря на то что тренинг в виртуальной среде по результатам многочисленных исследований не влияет на силу хвата кисти, в данной работе с кистевым динамометром также выявили значимое улучшение результатов у пациентов основной группы в сравнении с группой контроля ($p = 0,03$). Это можно объяснить особенностями программного обеспечения, используемого в данном исследовании, и распознавания датчиком Kinect for Windows паретичной кисти. Исследователем было отмечено, что во время тренировок, для того чтобы датчик корректно распознал захват виртуального предмета, пациенту приходилось прикладывать более значительные усилия при осуществлении кистевого захвата паретичной кистью в сравнении со здоровой.

Результаты аналогичных исследований показывают положительное влияние тренировок в виртуальной реальности на восстановление комплексных двигательных повседневных навыков [7, 11, 12]. В данном исследовании пациенты основной группы продемонстрировали значимо большую независимость в повседневной жизни только при оценке Function Independence Measure, в то время как при анализе Modified Rankin Scale и Modified Barthel

Index Score не обнаружили разницы между группами. Данный результат можно объяснить большей чувствительностью FIM, с одной стороны, и высокой ценностью при оценке Modified Rankin Scale и Modified Barthel Index Score навыков ходьбы, с другой.

Тренировки с применением виртуальной реальности продемонстрировали свою безопасность в данном исследовании. При оценке модифицированной шкалой Эшворта не было зафиксировано значимого повышения мышечного тонуса по результатам реабилитационного курса в основной группе ($p = 0,206$), равно как и в контрольной ($p = 0,259$). Нежелательные явления при взаимодействии с виртуальной средой отмечались у двух пациентов и имели транзиторный характер, проявляясь «киберукачиванием»: легким несистемным головокружением, тяжестью в голове, тошнотой. Благодаря игровой форме и соревновательным аспектам многие пациенты хорошо справлялись с упражнениями в виртуальной среде, легко выполняли задания, тренировались с высокой мотивацией.

Факторами, ограничивающими использование данного метода, являются глубокий парез верхней конечности, расстройства зрения, тяжелое когнитивное расстройство, высокий мышечный тонус, поэтому пациенты с данными расстройствами исключались из исследования.

Выводы

Проведенное исследование показало, что включение короткого курса тренинга с применением виртуальной реальности в дополнение к базовым методам физической реабилитации у пациентов в острый период ишемического инсульта способно умеренно положительно влиять на функциональные

характеристики верхней конечности (главным образом точность и скорость произвольных движений), а также улучшать комплексные двигательные навыки, необходимые для самообслуживания. Безопасность, доступность и эффективность применения виртуальной реальности позволяют рекомендовать ее начиная с ранних этапов реабилитации после инсульта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байдина Т.В., Исакова Н.В., Невоструева О.Н. Динамика постинсультной астении в процессе восстановительного лечения. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры 2004; 6: 15.
2. Заболеваемость взрослого населения России в 2015 году. Статистические материалы. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Департамент мониторинга анализа и стратегического развития здравоохранения, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России. М. 2016; Ч. III.
3. Каракулова Ю.В., Селянина Н.В., Желнин А.В., Филимонова Т.А., Цетилов С.В. Влияние антиоксидантной терапии на нейротрофины и процессы реабилитации после инсульта. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2016; 8: 36–39.
4. Новикова Л.Б., Акопян А.П., Шаропова К.М., Минибаева Г.М. Реабилитация двигательных функций у больных, перенесших церебральный инсульт, с использованием роботизированного комплекса Lokomat. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация 2013; 5: 50–51.
5. Хижникова А.Е., Клочков А.С., Котов-Смоленский А.М., Сутонева Н.А., Черни-

кова Л.А. Виртуальная реальность как метод восстановления двигательной функции руки. *Анналы неврологии* 2016; 3: 5–12.

6. *Foreman N., Korallo L.* Past and future applications of 3-D (virtual reality) technology. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics* 2014; 94: 1–7.

7. *Ji E.K., Lee S.H.* Effects of virtual reality training with modified constraint-induced movement therapy on upper extremity function in acute stage stroke: a preliminary study. *J Phys Ther Sci* 2016; 28 (11): 3168–3172.

8. *Jonassen D.* Handbook of research on educational communications and technology. 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates Inc., Publishers 2004: 461–498.

9. *Hatem S.M., Saussez G., Della Faille M., Prist V., Zhang X., Dispa D., Bleyenbeuft Y.* Rehabilitation of motor function after stroke: a multiple systematic review focused on techniques to stimulate upper extremity recovery. *Frontiers in human neuroscience* 2016; 10: 442.

10. *Laver K., George S., Thomas S., Deutsch J.E., Crotty M.* Virtual reality for stroke

rehabilitation: an abridged version of a Cochrane review. *Eur J Phys Rehabil Med* 2015; 51: 497–506.

11. *Patel J., Qiu Q., Yarossi M., Merians A., Massood S., Tunik E., Adamovich S., Fluet G.* Exploring the impact of visual and movement based priming on a motor intervention in the acute phase post-stroke in persons with severe hemiparesis of the upper extremity. *Disabil Rehabil* 2017; 39 (15): 1515–1523.

12. *Samuel G.S., Oey N.E., Choo M., Ju H., Chan W.Y., Kok S., Ge Y., Van Dongen A.M., Ng Y.S.* Combining levodopa and virtual reality-based therapy for the rehabilitation of upper limb after acute stroke: pilot study part II. *Singapore Med J* 2016; 1025.

13. *Veerbeek J.M., E. van Wegen, R. van Peppen, P.J. van der Wees, Hendriks E., Rietberg M., Kwakkel G.* What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2014. 9: e87987.

Материал поступил в редакцию 22.12.2017