Применение виртуальной реальности в лечении болевых и некоторых других синдромов

Д.м.н., доц. А.Б. ДАНИЛОВ, врач С.В. ГАК

Virtual reality in treatment of pain syndromes

A.B. DANILOV, S.V. GAK

Кафедра нервных болезней Первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, Москва

Ключевые слова: *виртуальная реальность, болевые синдромы, боль при медицинских процедурах.*

Key words: *virtual reality, pain syndromes, painful manipulations.*

Некоторые медицинские процедуры чрезвычайно болезненны и требуют применения обезболивающих препаратов, поэтому врачи пытаются найти нелекарственные средства облегчения боли. Новым этапом в обезболивании может стать методика виртуальной реальности (МВР). Показано, что использование этого нового нефармакологического метода для психологического отвлечения пациента от боли при проведении медицинских процедур приводит к значительному снижению субъективных болевых ощущений. Действие виртуальной реальности было изучено при разнообразных клинических ситуациях: смене повязок у пациентов с сильными ожогами кожных покровов, проведении послеоперационной физиотерапии, у урологических пациентов (трансуретральная радиочастотная термодеструкция простаты), стоматологических манипуляциях. Как показали исследования [27, 28, 30, 36, 57, 61], применение МВР снижает болевые ощущения пациента на 30—50%, что сопоставимо с действием высокоэффективных обезболивающих препаратов, при этом не вызывая побочных эффектов. Еще одной областью применения МВР может стать психиатрия: было проведено несколько исследований, в которых подтвердилась ее эффективность в лечении некоторых фобий [7, 8, 11, 22, 48, 50—56] и посттравматических стрессовых расстройств [16].

Механизм действия МВР

Известно, что психологический фактор оказывает выраженное влияние на интерпретацию болевых ощущений. Один и тот же входящий болевой сигнал может быть воспринят как более или менее болезненный в зависимости от отношения к нему пациента. Психологический фактор может оказывать влияние на количество болевых сигналов, достигающих коры мозга (теория «воротного контроля» боли R. Melzack [42]). Так как количество информационных стимулов, которые мы можем обрабатывать одновременно, ограниченно, именно внимание позволяет нам выбирать только необходимую в данный момент информацию для обработки мозгом. В то время как пациент «занят» виртуальной реальностью, его внимание не фокусируется ни на ране, ни на болевых ощущениях. Поскольку меньше внимания уделяется обработке поступающих болевых сигналов, снижаются и субъективные болевые ощущения, а также уменьшается количество мыслей о боли во время перевязок [32]. Таким образом, анальгетический эффект МВР можно объяснить тем, что при выполнении физических манипуляций внимание пациентов полностью переключается с болевых ощущений в реальном мире на события в виртуальном. Находясь в виртуальной реальности, пациенты отмечают снижение болевых ощущений с небольшими побочными эффектами или даже без них [32, 34, 35, 37]. В большинстве случаев вероятность возникновения «болезни движения» при использовании виртуальной реальности минимальна (исключение составляют пациенты с выраженной степенью «болезни движения» в анамнезе — примерно 5% в популяции), так как в данной технологии применяется высококачественное оборудование. Таким образом, в отличие от опиоидных анальгетиков, побочные эффекты которых (сонливость, потеря аппетита, вялость и апатия) могут сохраняться в течение длительного времени, использование МВР практически не сопровождается какими-либо побочными эффектами [34].

Первый программный продукт виртуальной реальности с эффектом погружения (иммерсионная МВР-система) позволяет погружаться в виртуальную реальность с 3D-звуковыми и другими спецэффектами, а также изолироваться от внешнего мира и проводимой болезненной медицинской процедуры, помогая пациентам легче переносить боль [32].

Виртуальная реальность и функциональная активность «болевой матрицы»

Для идентификации анатомических зон головного мозга, активирующихся при возникновении болевых ощущений, используются функциональные методы ней-

© А.Б. Данилов, С.В. Гак, 2011

Zh Nevrol Psikhiatr Im SS Korsakova 2011;111:10:81

e-mail: adanil.macademy@mail.ru

ровизуализации (позитронно-эмиссионная томография — ПЭТ, функциональная магнитно-резонансная томография — фМРТ) [2—4, 34, 38, 46]. Принято выделять пять таких ключевых зон мозга: передние отделы поясной коры (ППК), островок, таламус, первичная и вторичная соматосенсорная кора [10]. Эти зоны часто объединяют в так называемую «болевую матрицу». Недавно были проведены нейровизуализационные исследования по изучению ответа мозга на применение фармакологических [14, 15] и нефармакологических [49, 60] методов обезболивания. В испытании с участием добровольцев, подвергавшихся в эксперименте воздействию болевых стимулов и использовавших фармакологические препараты для обезболивания, были обнаружены изменения активности нейронов в специфических областях болевой матрицы. Так, обезболивание с помощью кетамина вызывало уменьшение активности нейронов островка и таламуса [49]. Похожие изменения можно наблюдать и при использовании опиоидных анальгетиков: ремифентанил обусловливал уменьшение активности нейронов островка и ППК [60]. Параллельные исследования демонстрируют, что нефармакологическое, когнитивное влияние на болевые ощущения посредством отвлечения внимания также ассоциируется с уменьшением активности нейронов в специфических областях мозга, как было показано C. Porro [45]. В качестве подтверждающего примера можно также рассмотреть Stroop-тест со счетом [3], в котором пациент должен был с максимально возможной для него скоростью назвать количество слов (от 1 до 4), которые отображались в столбиках на экране (каждый столбик в течение 1 с). Слова представляют собой названия цифр (один, два, три, четыре), и участники должны назвать только количество представленных на экране слов, не обращая внимания на их значение. Прием отвлечения внимания с помощью счета в этом тесте уменьшал интенсивность субъективных болевых ощущений, что соответствовало изменениям на фМРТ: наблюдалось снижение активности нейронов таламуса, островка и ППК. Было показано, что моторная активность также ассоциируется с изменением субъективных болевых ощущений и соответствующей активацией специфических зон головного мозга, в особенности первичной и вторичной соматосенсорной коры [15, 43]. Эти результаты указывают, что воздействие на поведенческий компонент, включающее в себя выполнение двигательной задачи и отвлечение внимания, например с помощью МВР, обеспечивает мощный обезболивающий эффект.

Применение МВР у пациентов с ожогами

Выживший после ожогов пациент вынужден проходить длительный период реабилитации, включающий перевязки и очистку ран. Эти процедуры проводятся ежедневно для предотвращения распространения инфекции и появления рубцов. Кожу с ожогами необходимо постоянно растягивать, чтобы минимизировать атрофию мышц, сокращая тем самым потребность в пересадке кожи. Для обезболивания этих процедур обычно применяют опиоидные анальгетики, однако большинство пациентов с тяжелыми ожогами жалуются на мучительные боли [12]. Побочные эффекты опиоидов (угнетение дыхания, тошнота и запоры) не позволяют использовать их в более высоких дозах [13, 42].

МВР с эффектом погружения (иммерсионная МВР-система) эффективна в управлении острой болью [32, 33]. Так, результаты сравнительного исследования [27] показали, что МВР более эффективно снижает интенсивность боли, чем используемые для этих же целей двухмерные видеоигры. При применении МВР с эффектом погружения у пациентов с ожогами, которым проводили обработку ран и физиопроцедуры, отмечается стойкое, клинически значимое (>30%) уменьшение болевых ощущений [27, 28, 30].

В контролируемом исследовании 12 пациентов от 19 до 47 лет (средняя площадь обожженной поверхности тела 21%) подвергались физиопроцедурам без и с применением МВР для отвлечения от боли. Результаты показали, что участники, использовавшие МВР, отмечали значимое уменьшение болевых ощущений, кроме того, время, в течение которого пациенты думали о боли в процессе процедуры, снизилось с 60 до 14 мм на 100-миллиметровой шкале [28].

Цель исследования с участием 7 пациентов с ожогами в возрасте от 9 до 32 лет (средняя площадь обожженной поверхности тела 23,7%, от 3 до 60%) состояла в том, чтобы определить, снижается ли анальгетический эффект МВР при повторном применении для обезболивания физиопроцедур. Участникам было проведено три сеанса МВР по 3,5, 4,9 и 6,4 мин. Предварительные результаты показали, что анальгетический эффект виртуальной реальности не снижается при повторном применении [30].

Исследование 11 пациентов с ожогами в возрасте от 9 до 40 лет оценивало эффективность МВР с использованием влагоустойчивого шлема с дисплеем из фиброоптического волокна, который позволяет применить его при обработке и очистке послеожоговых ран в специальных стерильных ваннах [36]. При проведении медицинской процедуры, помимо стандартной обезболивающей терапии, пациентам либо назначалась виртуальная реальность для дополнительного обезболивания, либо нет. Результаты исследования показали, что у использующих МВР пациентов интенсивность боли по 10-балльной шкале снизилась со «значительной» (7,6 балла) до «умеренной» (5,1). А 6 пациентов, испытавших наиболее сильное ощущение «погружения» в виртуальную реальность, показали и самое большое снижение субъективных болевых ощущений (с 7,2 балла — «значительная боль» до 3,7 — «слабая боль»).

Применение МВР у детей в послеоперационном периоде

Послеоперационная боль в педиатрической практике является сложной проблемой: на сегодняшний день не существует идеальных болеутоляющих средств, так как многие дети с трудом переносят стандартную терапию. МВР может стать перспективным нефармакологическим методом дополнительного обезболивания. Для подтверждения этой гипотезы было проведено исследование [57] с участием 16-летнего подростка, страдающего церебральным параличом и проходящего курс послеоперационной физиотерапии. Пациенту была назначена стандартная терапия для купирования боли, к которой дополнительное обезболивание с использованием МВР в рандомизированном порядке либо присоединялось, либо нет. Оценка болевых ощущений проводилась субъективным методом (по пяти выражениям лица, характеризующим уровень боли). Результаты исследования обнаружили, что уровень боли при применении МВР был на 41,2% ниже, чем без него.

Применение МВР при зубной боли

Для изучения эффективности виртуальной реальности при зубной боли было проведено исследование с участием 2 пациентов, 51 года и 56 лет, с периодонтитом [29]. Во время проведения стоматологического лечения для обезболивания им были рандомизированно назначены либо видеофильм, либо МВР, либо отсутствовали какие-либо способы отвлечения внимания. Интенсивность боли оценивалась по 10-балльной шкале. При отвлечении внимания с помощью видеофильма, а также без отвлечения внимания уровень боли у пациента 1 был 7,2 балла (выраженное болевое ощущение), а при применении иммерсионной МВР-системы — 1,2 балла (незначительное). У пациента 2 эти показатели составили 4,4 балла (умеренные болевые ощущения) при отсутствии отвлечения внимания, 3,3 балла (незначительные) при отвлечении с помощью видеофильма и 0,6 балла (практически отсутствие боли) при применении виртуальной реальности.

Применение МВР во время урологических процедур

Трансуретральная радиочастотная термодеструкция — эффективный малоинвазивный метод, который используется для лечения начальных стадий гипертрофии простаты и может проводиться в амбулаторных условиях [37]. Контроль болевых ощущений у пациента при проведении трансуретральной радиочастотной термодеструкции простаты сопряжен с некоторыми трудностями. Во-первых, интенсивная боль, возникающая при проведении этой процедуры, ведет к увеличению кровотока в сосудах таза, что вызывает рассеивание энергии и ограничивает количество тепла, достигающего простаты за единицу времени, что приводит к увеличению продолжительности процедуры. Во-вторых, избыточная анестезия или сильная седация также не показаны из-за высокого риска осложнений, особенно у пожилых пациентов [1]. Для решения этой проблемы требуются альтернативные методы контролирования боли, позволяющие легче переносить процедуру, не жертвуя при этом эффективностью и безопасностью. Для определения эффективности МВР в качестве дополнительного обезболивающего метода при трансуретральной радиочастотной термодеструкции обследовали 67-летнего пациента с начальной стадией гипертрофии простаты [61]. Обезболивание во время процедуры (общее время 37,5 мин), проводилось по стандартной схеме. Болевые ощущения и уровень тревожности оценивались по стандартным опросникам. Пациент отвечал на вопросы 2 раза до использования дополнительной аналгезии с помощью виртуальной реальности и 2 раза в процессе использования (через 3 и 10 мин после начала терапии соответственно). Результаты исследования показали, что МВР помогла снизить как болевые ощущения, так и чувство тревожности. Болевые ощущения уменьшились с «выраженных» до «незначительных», а общая тревожность — с «незначительной» до «отсутствия».

Применение МВР в лечении фобий

Областью применения МВР является также лечение фобий. Как и остальные виды экспозиционной терапии, лечение с помощью виртуальной реальности включает в себя постепенное погружение в обстановку, вызывающую страх. Постепенно страх ослабевает, и пациенту становится комфортнее в данной обстановке. Этот прием используется для лечения людей с боязнью высоты, воздушных полетов и публичных выступлений, с посттравматическим стрессовым расстройством (ПТСР).

Показано, что применение экспозиционной терапии с МВР весьма эффективно для лечения арахнофобии. Например, 37-летняя пациентка страдала этой фобией около 20 лет, а также имела ряд сопутствующих обсессивно-компульсивных расстройств [11]. Со временем ее состояние ухудшалось. В процессе первого сеанса МВР пациентка наблюдала виртуального тарантула на виртуальной кухне и могла приблизиться к нему настолько близко, насколько это было возможно. На этом этапе целью являлось подойти к виртуальному пауку на расстояние вытянутой руки. В процессе следующих сеансов участница надевала перчатку, позволяющую создать с помощью программного обеспечения изображение виртуальной руки (кибер-рука), которая могла двигаться в виртуальной кухне. Пациентка могла маневрировать рукой, чтобы дотронуться до виртуального паука, который был разработан так, что издавал короткий писк и отбегал на несколько дюймов, когда до него дотрагивались. Участница повторяла каждое задание до тех пор, пока уровень тревожности не снижался до минимального. На финальном этапе терапии пациентка могла испытывать тактильные ощущения от прикосновения к пауку: игрушечный паук с электронным сенсором находился перед пациенткой и позволял участнице ощутить пушистый предмет, в то время как она прикасалась рукой к виртуальному пауку. После 10 одночасовых сеансов страх пациентки уменьшился, значительно редуцировались ее навязчивые мысли и действия. По окончании лечения она, испытывая лишь небольшое беспокойство, могла подержать живого тарантула, который ползал по ее руке несколько минут.

В контролируемом исследовании с участием 23 пациентов с арахнофобией 83% отметили значительное снижение страха перед пауками после использования экспозиционной терапии с МВР [22]. Многочисленные исследования подтвердили, что экспозиционная терапия с применением МВР является эффективным методом лечения тревожно-фобических расстройств. Эффективность метода была продемонстрирована для лечения страха высоты [17, 50—53], страха перед полетами [52, 55, 56], клаустрофобий [7, 8], арахнофобий [11, 22].

Похожие программы могут быть применены и в лечении более серьезных психологических проблем, например ПТСР. Экспозиционная терапия была разработана как метод, помогающий пациентам снизить эмоциональные реакции, связанные с воспоминаниями о психотравмирующем событии [32]: психотерапевт постепенно подвергает пациента различным стимулам, которые вызывали эти эмоции, а также учит его справляться с неадекватными реакциями. Эффективность данного метода была продемонстрирована при различных психологических травмах, в том числе у женщин — жертв сексуального насилия [18, 19, 47], жертв автомобильных катастроф [5, 6, 24, 25], ветеранов войны во Вьетнаме [9, 14, 21, 40, 44] и при смешанных травмах [58].

Несмотря на подтвержденную эффективность, экспозиционная терапия представляет сложную проблему для некоторых пациентов. В соответствии со стандартными протоколами экспозиционная терапия при ПТСР подразумевает, что пациенты должны рассказывать терапевту о своей травме в настоящем времени снова и снова, хотя

известно, что люди, страдающие этим расстройством, склонны избегать всякого напоминания о произошедшем [41]. Исследователи предположили что именно низкая степень эмоциональной вовлеченности служит предиктором неудовлетворительных исходов лечения ПТСР [20, 23, 39].

Технологии МВР позволяют пациентам легче погрузиться в мир эмоций. Погружение в мир виртуальной реальности происходит за счет не только воображения пациента, но и воздействия дополнительных визуальных, слуховых и даже тактильных стимулов, генерируемых компьютером [26, 31, 54, 59]. Для пациентов, которые неохотно погружаются вновь в неприятные для них воспоминания, виртуальная реальность обеспечивает специальное сенсорное управление, которое облегчает этот процесс [48]. Мир виртуальной реальности лишен рисков, которые возникают при возвращении к психотравмирующим воспоминаниям в реальном мире, поэтому пациенты предпочитают МВР другим видам экспозиционной терапии [46, 47, 50].

Эффективность МВР в комплексе со стандартной экспозиционной терапией для лечения хронического ПТСР была продемострирована у ветеранов войны во Вьетнаме [53], а также пострадавших в результате террористической атаки 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке [16]. Почти все участники, кроме 1 пациента, прошедшие полный курс терапии с помощью МВР, отметили значимое улучшение состояния.

МВР в лечении хронической боли

Одно из перспективных направлений применения виртуальной реальности в медицине — лечение пациентов с хронической болью. Если не говорить об онкологических больных, то в большинстве случаев хронической боли врачам не удается найти адекватных физиологических причин страдания, и единственным объяснением сохранения боли может служить лишь «неправильный стереотип», закрепившийся в памяти человека. Это означает, что пациент «фиксируется» на своей боли и уже не верит, что от нее каким-то образом можно избавиться, т.е. запускается «порочный круг». МВР позволяет показать пациенту, что он может сам справиться с болью (хотя бы на некоторое время) без применения лекарственных средств, помогая пациенту осуществить «когнитивный сдвиг», изменить свои представления о боли и вновь обрести надежду на полноценную жизнь.

Таким образом, МВР эффективна в лечении болевых синдромов, в частности для облегчения болевых ощущений при диагностических и терапевтических процедурах. Технологии виртуальной реальности также показали свою эффективность в психиатрии (при тревожно-фобических расстройствах, ПТСР) и перспективность при лечении хронических болей. МВР является новым высокотехнологичным подходом в медицине, механизмы действия которого до конца не объяснены. Дальнейшие исследования МВР должны способствовать раскрытию потенциала этого метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. AUA Practice Guidelines Committee: AUA guidelines on management of benign prostatic hyperplasia (2003) Chapter 1: diagnosis and treatment recommendations. J Urol 2003; 170: 530—547.
2. *Bantick S.J., Wise R.G., Ploghaus A. et al.* Imaging how attention modulates pain in humans using functional MRI. Brain 2002; 125 (pt 2): 310—319.
3. *Bantick S.J., Wise R.G., Ploghaus A. et al.* Imaging how attention modulates pain in humans using functional MRI. Brain 2002; 125 (pt 2): 310—319.
4. *Bantick S.J., Wise R.G., Ploghaus A. et al.* Imaging how attention modulates pain in humans using functional MRI. Brain 2002; 125 (pt 2): 310—319.
5. *Blanchard E.B., Hickling E.J., Devineni T. et al.* A controlled evaluation of cognitive behavioural therapy for posttraumatic stress in motor vehicle accident survivors. Behav Res Ther 2003; 41: 1: 79—96.
6. *Blanchard E.B., Hickling E.J., Malta L.S. et al.* One- and two-year prospective follow-up of cognitive behavior therapy or supportive psychotherapy. Behav Res Ther 2004; 42: 7: 745—759.
7. *Botella C., Baños R.M., Perpiñá C. et al.* Virtual reality treatment of claustrophobia: a case report. Behav Res Ther 1998; 36: 2: 239—246.
8. *Botella C., Baños R.M., Perpiñá C. et al.* Virtual reality treatment of claustrophobia: a controlled multiple baseline design. Behav Ther 2000; 31: 583—595.
9. *Boudewyns P.A., Hyer L.* Physiological response to combat memories and preliminary treatment outcome in Vietnam veterans: PTSD patients treated with direct therapeutic exposure. Behav Ther 1990; 21: 63—87.
10. *Bushnell M.C., Duncan G.H., Hofbauer R.K. et al.* Pain perception: is there a role for primary somatosensory cortex? Proc Natl Acad Sci USA 1999; 96: 7705—7709.
11. *Carlin A.S., Hoffman H.G., Weghorst S.* Virtual reality and tactile augmentation in the treatment of spider phobia: a case report. Behav Res Ther 1997; 35: 2: 153—158.
12. *Carrougher G.J., Ptacek J.T., Sharar S.R. et al.* Comparison of patient satisfaction and self-reports of pain in adult burn-injured patients. J Burn Care Rehabil 2003; 24: 1—8.
13. *Cherny N., Ripamonti C., Pereira J. et al.* Strategies to manage the adverse effects of oral morphine: an evidence-based report. J Clin Oncol 2001; 19: 2542—2554.
14. *Cooper N.A., Clum G.A.* Imaginal flooding as a supplementary treatment for PTSD in combat veterans: a controlled study. Behav Ther 1989; 3: 381—391.
15. *Derbyshire S.W., Jones A.K., Gyulai F. et al.* Pain processing during three levels of noxious stimulation produces differential patterns of central activity. Pain 1997; 73: 431—435.
16. *Difede J., Cukor J., Jayasinghe N. et al.* Virtual reality exposure therapy for the treatment of posttraumatic stress disorder following September 11, 2001. J Clin Psychiatry 2007; 68: 11: 1639—1647.
17. *Emmelkamp P.M., Krijn M., Hulsbosch A.M. et al.* Virtual reality treatment versus exposure in vivo: a comparative evaluation in acrophobia. Behav Res Ther 2002; 40: 5: 509.
18. *Foa E.B., Kozak M.J.* Emotional processing of fear: exposure to corrective information. Psychol Bull 1986; 99: 20—35.
19. *Foa E.B., Rothbaum B.O., Riggs D.S., Murdock T.B.* Treatment of posttraumatic stress disorder in rape victims: a comparison between cognitive-behavioral procedures and counseling. J Consult Clin Psychol 1991; 59: 5: 715—723.
20. *Foa E.B., Dancu C.V., Hembree E.A. et al.* A comparison of exposure therapy, stress inoculation training, and their combination for reducing posttraumatic stress disorder in female assault victims. J Consult Clin Psychol 1999; 67: 2: 194—200.
21. *Frueh B.C., Turner S.M., Beidel D.C. et al.* Trauma management therapy: a preliminary evaluation of a multicomponent behavioral treatment for chronic combat-related PTSD. Behav Res Ther 1996; 34: 7: 533—543.
22. *Garcia-Palacios A., Hoffman H., Carlin A. et al.* Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study. Behav Res Ther 2002; 40: 9: 983—993.
23. *Glynn S.M., Eth S., Randolph E.T. et al.* A test of behavioral family therapy to augment exposure for combat-related posttraumatic stress disorder. J Consult Clin Psychol 1999; 67: 2: 243—251.
24. *Hickling E.J., Blanchard E.B.* The private practice psychologist and manual-based treatments: post-traumatic stress disorder secondary to motor vehicle accidents. Behav Res Ther 1997; 35: 3: 191—203.

25. *Hickling E.J., Blanchard E.B.* The psychological treatment of motor vehicle accident-related post-traumatic stress disorder: conceptualization and two pilot studies. In: Hickling EJ, Blanchard EB, eds. International Handbook of Road Traffic Accidents: Psychological trauma, Treatment and Law. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier 1999; 321—329.
26. *Hodges L.F., Anderson P., Burdea G.C. et al.* VR as a tool in the treatment of psychological and physical disorders. IEEE Computer Graphics and Applications 2001; 21: 25—33.
27. *Hoffman H.G., Doctor J.N., Patterson D.R. et al.* Use of virtual reality for adjunctive treatment of adolescent burn pain during wound care: a case report. Pain 2000; 85: 305—309.
28. *Hoffman H.G., Patterson D.R., Carrougher G.J.* Use of virtual reality for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy: a controlled study. Clin J Pain 2000; 16: 244—250.
29. *Hoffman H.G., Garcia-Palacios A., Patterson D.R. et al.* The effectiveness of virtual reality for dental pain control: a case study. Cyberpsychol Behav 2001; 4: 4: 527—535.
30. *Hoffman H.G., Patterson D.R., Carrougher G.J., Sharar S.R.* The effectiveness of virtual reality based pain control with multiple treatments. Clin J Pain 2001; 17: 229—235.
31. *Hofmann S.G., Litz B.T., Weathers F.M.* Social anxiety, depression, and PTSD in Vietnam veterans. J Anxiety Disord 2003; 17: 573—582.
32. *Hoffman H.G.* Virtual-reality therapy. Sci Am 2004; 291: 2: 58—65.
33. *Hoffman H.G., Patterson D.R., Magula J. et al.* Water-friendly virtual reality pain control during wound care. J Clin Psychol 2004; 60: 189—195.
34. *Hoffman H.G., Richards T.L., Coda B. et al.* Modulation of thermal pain-related brain activity with virtual reality: evidence from fMRI. Neuroreport 2004; 15: 1245—1248.
35. *Hoffman H.G., Richards T.L., Bills A.R. et al.* Using FMRI to study the neural correlates of virtual reality analgesia. CNS Spectr 2006; 11: 1: 45—51.
36. *Hoffman H.G., Patterson D.R., Seibel E. et al.* Virtual Reality Pain Control During Burn Wound Debridement in the Hydrotank. Clin J Pain 2008; 24: 4: 299—304.
37. *Hoffman R.M., MacDonald R., Monga M. et al.* Transurethral microwave thermotherapy vs transurethral resection for treating benign prostatic hyperplasia: a systematic review. BJU Int 2004; 94: 1031—1036.
38. *Hofbauer R.K., Rainville P., Duncan G.H., Bushnell M.C.* Cortical representation of the sensory dimension of pain. J Neurophysiol 2001; 86: 402—411.
39. *Jaycox L.H., Foa E.B., Morral A.R.* Influence of emotional engagement and habituation on exposure therapy for PTSD. J Consult Clin Psychol 1998; 66: 1: 185—192.
40. *Keane T.M., Fairbank J.A., Caddell J.M. et al.* Implosive (flooding) therapy reduced symptoms of PTSD in Vietnam combat veterans. Behav Ther 1989; 20: 245—260.
41. *Kessler R.C.* Posttraumatic stress disorder: the burden to the individual and to society. J Clin Psychiatry 2000; 61 Suppl 5: 4—12; discussion 13—4.
42. *Melzack R.* The tragedy of needless pain. Sci Amer 1990; 262: 27—33.
43. *Nakata H., Inui K., Wasaka T. et al.* Movements modulate cortical activity evoked by noxious stimulation. Pain 2004; 107: 91—98.
44. *Pitman R.K., Orr S.P., Altman B. et al.* Emotional processing and outcome of imaginal flooding therapy in Vietnam veterans with chronic posttraumatic stress disorder. Compr Psychiatry 1996; 37: 6: 409—418.
45. *Porro C.A.* Functional imaging and pain: behavior, perception, and modulation. Neuroscientist 2003; 9: 354—369.
46. *Rainville P., Duncan G.H., Price D.D. et al.* Pain affect encoded in human anterior cingulate but not somatosensory cortex. Science 1997; 277: 968—971.
47. *Resick P.A., Nishith P., Weaver T.L. et al.* A comparison of cognitive-processing therapy with prolonged exposure and a waiting condition for the treatment of chronic posttraumatic stress disorder in female rape victims. J Consult Clin Psychol 2002; 70: 4: 867—879.
48. *Rizzo A.A., Wiederhold M., Buckwalter J.G.* Basic issues in the use of virtual environments for mental health applications. In: Riva G, Wiederhold B, Molinari E, eds.Virtual environments in Clinical Psychology and Neuroscience: Method and Techniques in Advanced Patient-Therapist Interactions. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press 1998; 21—42.
49. *Rogers R., Wise R.G., Painter D.J. et al.* An investigation to dissociate the analgesic and anesthetic of ketamine using functional magnetic resonance imaging. Anesthesiology 2004; 100: 292—301.
50. *Rothbaum B.O., Hodges L.F., Kooper R. et al.* Virtual reality graded exposure in the treatment of acrophobia: a case report. Behav Ther 1995; 26: 547—554.
51. *Rothbaum B.O., Hodges L.F., Kooper R. et al.* Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. Am J Psychiatry 1995; 152: 4: 626—628.
52. *Rothbaum B.O., Hodges L., Watson B.A. et al.* Virtual reality exposure therapy in the treatment of fear of flying: a case report. Behav Res Ther 1996; 34: 5—6: 477—481.
53. *Rothbaum B.O., Hodges L., Alarcon R. et al.* Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam Veterans: a case study. J Trauma Stress 1999; 12: 2: 263—271.
54. *Rothbaum B.O., Hodges L.F.* The use of virtual reality exposure in the treatment of anxiety disorders. Behav Modif 1999; 23: 507—525.
55. *Rothbaum B.O., Hodges L., Smith S. et al.* Acontrolled study of virtual reality exposure therapy in the treatment of fear of flying. J Consult Clin Psychol 2000; 68: 1020—1026.
56. *Rothbaum B.O., Anderson P., Zimand E. et al.* Virtual reality exposure therapy and standard (in vivo) exposure therapy in the treatment of fear of flying. Behav Ther 2006; 37: 1: 80—90. Epub 2006 Feb 24.
57. S*teele E., Grimmer K., Thomas B. et al.* Virtual reality as a pediatric pain modulation technique: a case study. Cyberpsychol Behav 2003; 6: 6: 633—638.
58. *Thompson J.A., Charlton P.F., Kerry R. et al.* An open trial of exposure therapy based on deconditioning for post-traumatic stress disorder. Br J Clin Psychol 1995; 34: 407—416.
59. *Vincelli F.* From imagination to virtual reality: the future of clinical psychology. Cyberpsychol Behav 1999; 2: 3: 241—248.
60. *Wise R.G., Rogers R., Painter D. et al.* Combining fMRI with a pharmacokinetic model to determine which brain areas activated by painful stimulation are specifically modulated by remifentanil. Neuroimage 2002; 16: 999—1014.
61. *Wright J.L., Hoffman H.G., Sweet R.M.* Virtual reality as an adjunctive pain control during transurethral microwave thermotherapy. Urology 2005; 66: 6: 1320.