

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

УДК 616-072616-073616-079

Курашвили В. А.: ведущий специалист, д.м.н., профессор.

ГУЗ города Москвы «Московский научно-практический центр спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва

Введение. Расстройства деятельности опорно-двигательного аппарата в настоящее время все чаще ассоциируют с недостатком двигательной активности – гиподинамией. Она возникает в связи с активной заменой ручного труда механизированным, развитием бытовой техники, транспортных средств и т.д. Недостаток двигательной активности неблагоприятно сказывается на состоянии всех органов и систем организма, способствует появлению избыточного веса тела, развитию ожирения, атеросклероза, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца.

У пожилых людей под влиянием естественных возрастных изменений нервных структур и опорно-двигательного аппарата уменьшаются объём и быстрота движений, нарушается координация сложных и тонких движений, ослабляется тонус мышц, возникает некоторая скованность. Всё это обычно проявляется раньше и в более выраженной форме у тех, кто ведёт сидячий образ жизни.

Отсутствие двигательной активности мышц, окружающих кости, приводит к нарушению обмена веществ в костной ткани и потере их прочности, отсюда плохая осанка, узкие плечи, впалая грудь и другое, что вредно отражается на здоровье внутренних органов. Отсутствие достаточной двигательной активности в режиме дня приводит к разрыхлению суставного хряща и изменению поверхностей, сочленяющихся костей, к появлению болевых ощущений, создаются условия для образования в них воспалительных процессов. Особое беспокойство специалистов вызывает артрит колена, который возникает у во все более молодом возрасте.

Об этом было заявлено на ежегодном собрании Американского колледжа ревматологии (American College of Rheumatology) в Чикаго [1]. Примерно у 6,5 миллионов американцев в возрасте от 35 лет и выше будет поставлен диагноз остеоартрит колена в следующем десятилетии, в соответствии с прогнозом ассоциации. Недавнее исследование показало, что мужчины и женщины средних лет, которые выполняют большое количество физических упражнений, в особенности такие высокоинтенсивные, такие как бег и прыжки, могут неосознанно причинять вред своим коленным суставам и увеличивать вероятность развития остеоартрита. В то же время, низко активные физические упражнения, такие как плавание и езда на велосипеде, способны защитить поврежденные и здоровые суставы.

В докладе отмечено, что в ближайшее десятилетие у людей в возрасте от 45 до 54 лет на остеоартрит коленного сустава будет приходиться около 5 процентов всех расстройств опорно-двигательного аппарата, в то время как они составляли лишь 1,5 процента в течение 1990-х.

Определенные виды спорта являются более рискованными, чем другие, с точки зрения развития остеоартрита - считает другой докладчик, д-р Джеффри Дрибан (Jeffrey Driban), доцент кафедры ревматологии в медицинском центре Тафтс в Бостоне (Tufts Medical Center in Boston). Он сделал обзор исследований, которые указывают на связь между спортом и нарушениями опорно-двигательного аппарата.

Наибольший риск развития артрита коленного сустава установлен для футболистов, особенно элитного уровня. Затем следуют бегуны высокого класса на длинные дистанции, штангисты и борцы. Повышенный риск развития артрита для этих категорий спортсменов варьирует от трех до более чем шести раз по сравнению с людьми, не вовлеченными в занятия спортом [1].

В другом исследовании д-р Стивен Мессье (Stephen Messier) из Wake Forest University обнаружил, что программы коррекции с использованием диеты и физических упражнений способны снизить выраженность болевого синдрома и улучшить подвижность на целых 50 процентов у тех спортсменов, которые страдают артритом коленного сустава [1].

На основании анкетного опроса исследователи классифицировали участников по степени их физической активности и разделили на три группы: низкая, средняя и высокая активность. Разделение на группы выполнялось на основании Шкалы физической активности (PASE) [2].

PASE учитывает тип активности и время, которые уходит на выполнение данного упражнения, которым соответствует некое значение данной шкалы. В первую группу активности вошли пациенты, у которых значение PASE находилось в диапазоне 27 - 155, во вторую с PASE 156 - 230 и в группу высокой активности с PASE 231 - 409.

Специалисты по скелетно-мышечной рентгенологии проанализировали ЯМР-изображения правого колена участников исследования, на предмет наличия любых серьезных повреждений суставного хряща, менисков, связок и других аномалий. Установлено, что частота возникновения суставных аномалий повышалась с ростом уровня активности PASE; степень поражения хряща также повысилась с уровнем активности PASE. Наличие других коленных аномалий было также значительно связано с наличием дефектов хряща. Аномалии были связаны исключительно с уровнями физической активности и не зависели от возраста или пола [2].

Низкоинтенсивное лазерное излучение. Острая конкуренция в спорте высших достижений вынуждает искать недопинговые средства повышения работоспособности спортсменов. Один из путей восстановления

и реабилитации спортсменов - применение низкоинтенсивного лазерного излучения.

Лазерная терапия относится к одной из наиболее быстро развивающихся отраслей медицины и широко применяется в лечении дистрофических и травматических повреждений опорно-двигательной системы. Для терапевтических целей в основном используют низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) с длиной волн 0,632 мкм и 0,830-0,888 мкм (красной и инфракрасной оптической области спектра электромагнитных волн), которое дают гелий-неоновые и углекислотные лазеры.

Разнообразные биологические эффекты, проявляющиеся при действии НИЛИ на молекулярном, клеточном, тканевом, органном и организменном уровнях обуславливают также широкий диапазон медицинских эффектов: противоотечным, противовоспалительным, денсифицирующим, гипохолестеринемическим, бактерицидным, бактериостатическим, иммуномодулирующим и др.

В настоящее время существует множество способов и вариантов в проведении лазеротерапии, что создает определенные трудности при выборе и рациональной комбинации с другими методами лечения.

Способы проведения лазеротерапии разделяют в зависимости:

- от мощности излучения: высокоинтенсивное и низкоинтенсивное (терапевтическое);
- от точек приложения (непосредственное воздействие на органы и ткани, фотодинамическая терапия, применение облученных инфузионных жидкостей и медикаментов);
- от способа доставки лазерного излучения к тканям и органам пациентов (дистанционный, контактный, через жидкую среду);
- в комбинации с другими физиотерапевтическими факторами (магнитотерапией, ультразвуком и др.);
- прочее (лазерный пластырь, лазерные таблетки).

В настоящее время доказано, что выраженность биоэффектов под влиянием НИЛИ гораздо больше зависит от точек приложения, чем от способа доставки НИЛИ. Для лечения патологии опорно-двигательной системы и травматических повреждений широко используется красное и инфракрасное излучение.

В основе биостимулирующего воздействия лазерной терапии на организм человека — влияние направленного светового потока (лазера) на живую ткань. Поглощая свет, ферменты активизируют в организме важнейшие биохимические процессы, и клетки обновляются, восстанавливают свою жизнедеятельность, включаются механизмы саморегуляции, естественные силы организма мобилируются.

В ходе многочисленных исследований установлен потенцирующий эффект лазерного излучения на уровень физической работоспособности, скоростно-силовые качества и специальную выносливость спортсменов различной квалификации и видов спорта (от 3 до 12%, $p < 0,05$) [3]. Были выявлены возможные механизмы такого действия лазерного излучения:

- антигипоксический эффект, проявляющийся в увеличении времени произвольного апноэ, устойчивой фазы оксигенации и в меньшем снижении процента насыщения крови кислородом во время выполнения данной пробы;
- уменьшение концентрации лактата в крови после выполнения нагрузки на фоне лазерного излучения;
- увеличение концентрации бета-эндорфина (на 22,8%, $p < 0,05$);
- активация тиреоидных и глюкокортикоидных гормонов;
- усиление на фоне лазерного излучения парасимпатических и уменьшение удельного веса симпатических влияний в организме спортсменов;
- улучшение процессов микроциркуляции.

Под воздействием лазерной терапии расширяются капилляры, улучшается микроциркуляция крови, питание тканей, а все это вместе приводит к тому, что ускоряются процессы заживления в пораженных местах. Лазерная терапия благотворно влияет на иммунитет, уменьшает вязкость крови, усиливает лимфоотток, снижает холестерин, обезболивает, обладает антимикробным, противовирусным и противоаллергенным эффектом.

До недавнего времени для лечения повреждений мышц и сухожилий у спортсменов использовались, в основном, физиотерапия, обезболивающие и противовоспалительные средства. Недавно в спортивной медицине для этой цели стали использоваться низкоуровневые лазеры.

Медики из Департамента фармакологии Университета Сан Пауло (Department of Pharmacology, Institute of Biomedical Sciences, University of Sro Paulo, Sro Paulo, SP, Brazil) провели сравнительное исследование эффективности нестероидного противовоспалительного препарата диклофенак и лазерного излучения. Облученные исследуемой группы производилось низкоуровневым лазером с длиной волны 810 нм, мощностью 100 мВт. Контрольная группа получала диклофенак. Показано, что воспалительные явления в поврежденных тканях проходили быстрее на фоне лазерной терапии [4].

В другом исследовании, проведенном специалистами из Университета Рио Гранде (Department of Physical Therapy, Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil) [4], оценивалось воздействие лазерной терапии (длина волны 808 нм) на изокинетическую работоспособность мышц у молодых спортсменок. Было проведено рандомизированное контролируемое клиническое испытание в процессе тренировок на выносливость.

Показано, что низкоуровневая лазерная терапия (НУЛТ) положительно влияет на механические характеристики мышечной ткани при физической нагрузке за счет биоэнергетической активации. В этом исследовании было установлено, что НУЛТ повышает работоспособность мышц при тренировках на выносливость, оцениваемую с помощью изокинетической динамометрии.

Измерялся индекс усталости мышц-разгибателей колена. В исследовании принимало участие 45 клинически здоровых женщин ($21 \pm 1,78$ лет), которые были случайным образом распределены на три группы: контрольная группа, учебной группы и группа, получавшая НУЛТ. После каждой тренировки, четырехглавые мышцы бедра обеих нижних конечностей подвергались облучению с помощью инфракрасного лазерного устройства (808 нм) с шестью 60-мВт диодов с энергией 0,6 Дж на диод; полная энергия для каждой конечности составляла 18 Дж [5].

Производительность мышц оценивалась на изокинетическом динамометре при $240^\circ / \text{с}$. Результаты показали, что тренировочная программа в сочетании с НУЛТ существенно более эффективна, чем учебная нагрузка без лазерной терапии. Установлено, что биостимулирующее воздействие низкоуровневого лазерного излучения на ткани человека приводит к активации ферментных систем. Поглощая свет, ферменты активизируют в организме важнейшие биохимические процессы, мышечные клетки обновляются, восстанавливают свою жизнедеятельность, включаются механизмы саморегуляции. Под воздействием лазерной терапии расширяются капилляры, улучшается микроциркуляция крови, питание тканей, а все это вместе приводит к тому, что ускоряются процессы заживления в пораженных местах.

Спектр показаний для лазеротерапии чрезвычайно широк: от патологии кожи и подкожно-жировой клетчатки до воспалительных заболеваний дыхательной и мочеполовой систем, а также многие болезни нервной,

эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Одно из свойств лазера — повышение чувствительности организма к медикаментозному лечению. Благодаря этому лазеротерапия помогает сократить время лечения, предотвратить переход острого процесса в хронический, а главное, добиться положительного эффекта минимальными дозами лекарств.

Термография (инфракрасная диагностика)

Все более широкое распространение получают диагностические приборы на основе термографии (инфракрасная диагностика). В человеческом организме вследствие экзотермических биохимических процессов в клетках и тканях, а также за счет высвобождения энергии, связанной с синтезом ДНК и РНК, вырабатывается большое количество тепла - 50-100 ккал/грамм.

Физиологической основой термографии является увеличение интенсивности теплового излучения над патологическими очагами в связи с усилением в них кровоснабжения и обменных процессов. Уменьшение интенсивности кровообращения в тканях и органах отражается "угасанием" их теплового поля.

Термография - удобный диагностический инструмент, который позволяет обнаружить патологии, основываясь на отклонениях распределения температуры по поверхности тела человека. Обследование неинвазивно. Информация, получаемая методами традиционной термографии, может быть существенно расширена путем применения динамического инфракрасного термокартирования. Это значительно повышает диагностические возможности метода, особенно на ранних стадиях развития заболеваний.

У здорового человека распределение температур симметрично относительно средней линии тела. Нарушение этой симметрии и служит основным критерием тепловизионной диагностики заболеваний. Количественным выражением термоасимметрии служит величина перепада температуры. Инфракрасное излучение от тела спортсмена регистрируется тепловой камерой, а затем обрабатывается с помощью специального программного обеспечения и поступает на монитор тепловизора.

Специалисты из американской компании Med-Hot Thermal Imaging, Inc., разработали аппаратуру, использующую принцип радиотермометрии или микроволновой радиометрии. Он основан на оценке интенсивности теплового излучения внутренних тканей в микроволновом (дециметровом) диапазоне длин волн, которая пропорциональна их термодинамической температуре. В этом диапазоне длин волн ткани организма сравнительно «прозрачны», поэтому метод радиотермометрии является более информативным, чем ИК-термография, где фактически измеряется температура эпидермиса.

Камера Med-Hot Thermal Imaging может производить съемку при любом освещении либо вообще без него. На качество наблюдения это не влияет, также как и использование при любых погодных условиях. С помощью термографии можно проводить диагностику и мониторинг воспалительных процессов, нарушений кровообращения, оценивать процессы заживления ран и спортивных травм, а также исследовать психические процессы.

Необходимо также отметить простоту обращения с прибором, делающую возможным проведение обследования средним медицинским персоналом, и его экономичность, что делает возможным широкое применение аппаратуры Med-Hot Thermal Imaging без привлечения на первом этапе высококвалифицированных специалистов [5].

Мышечная электростимуляция

Мышечная электростимуляция - это техника тренировки, которая получает широкое распространение среди профессиональных спортсменов и любителей.

Поначалу она использовалась для медицинской реабилитации и восстановления функций после хирургических вмешательств, а также для облегчения болевых состояний. Позже, в 60-х годах XX века, ее начали применять в программах тренировок спортсменов в странах Западной Европы.

В последнее время электростимуляция в спорте сделала качественный скачок: использование этого типа аппаратов уже не ограничивалось узкой сферой применения в целях реабилитации, а адаптировалось под потребности «здорового» спортсмена. Достаточно привычным становится для спортсменов (и профессионалов, и любителей) использование электростимулятора как части обычной тренировки.

Принцип работы электростимулятора очень прост и точно воспроизводит механизм мышечного сокращения, вызванного мозгом. Когда человек выполняет движение, мозг подает электрический сигнал, который с огромной скоростью распространяется по нервным волокнам. Эти сигналы возбуждают двигательный нерв, который, в свою очередь, передает информацию на мышечные волокна, и начинается мышечное сокращение. При использовании электростимулятора стимулируется непосредственно двигательный нерв при помощи оптимальных электрических импульсов, которые должны быть эффективными (иметь достаточную силу для гарантированного вовлечения возможно большего количества мышечных волокон), безопасными и комфортными. Сила импульсов должна быть хорошо контролируемой, чтобы избежать появления боли и ожогов. Этот риск сведен к минимуму благодаря качеству и усовершенствованию электронных компонентов. Мышца не может «отличить» произвольное сокращение, вызванное сигналом из мозга, от сокращения, вызванного электроимпульсом, поскольку работа в обоих случаях будет выполняться одинаковой. Создание качественных электростимуляторов потребовало годы исследований, на протяжении которых было проведено много испытаний этих приборов в сотрудничестве со спортивными медиками и, прежде всего, со спортсменами высокого уровня.

Французская компания Somrex разработала портативный электромиостимулятор, в котором используется метод стимуляции моторных нервов прямоугольным импульсом. Кроме базовых функций тренировки мышц, приборы оснащены программами реабилитации, массажа, отдыха после тренировок и т.д. Отличительной особенностью оборудования Somrex является применение технологии "MI", которая позволяет автоматически адаптировать параметры импульса в зависимости от текущего состояния и индивидуальных особенностей организма. Заслуга компании Somrex состоит в том, что ей удалось воплотить популярные в медицинской сфере методы лечения и реабилитации в портативный прибор, который пользуется большой популярностью в профессиональном и любительском спорте [7].

Оптическая когерентная томография

Получение визуальной информации о внутренней структуре тела человека всегда вызывало живой интерес спортивных врачей - прежде всего с точки зрения установления и уточнения диагноза и проведения реабилитационных мероприятий. Однако до открытия рентгеновских лучей внутренние органы были недоступны зрению, а медицинский диагноз устанавливался только по внешним проявлениям заболевания. Далее постепенно в медицинскую практику были внедрены другие методы медицинской визуализации, а именно, метод ультразвукового исследования (УЗИ) [10], компьютерная томография (КТ) [11] и магнитная резонансная томография (МРТ) [12].

Теперь появились новые возможности. В распоряжении спортивной медицины теперь есть оптическая

когерентная томография (ОКТ) - метод неинвазивного исследования тонких слоев тканей человека, от сетчатки глаза до пяточной кости. Это оптический метод визуализации, которая использует инфракрасный свет для создания изображений с высоким разрешением. Физический принцип действия ОКТ аналогичен ультразвуковому исследованию с той лишь разницей, что в ОКТ для зондирования биоткани используется оптическое излучение ближнего инфракрасного диапазона (~1 мкм), а не акустические волны. Поэтому, терминологически данный метод следует отнести не к томографии, а к эхозондированию, так как при построении ОКТ-изображения не решается томографическая обратная задача.

Фирмой Optovue (США) разработан оптический когерентного томографа RTVue-100 для получения изображений внутренней структуры биотканей, являющихся сильно рассеивающими и относительно слабо поглощающими средами. С использованием источников излучения ИК-диапазона с длительностью когерентности 30 фемтосекунд созданы оптические томографы для неповреждающей диагностики биотканей (в том числе эндоскопической) на глубину до 2 мм с пространственным разрешением до 10 мкм.

С помощью томографа RTVue-100 можно получать оптические томограммы различных слоев внутренних органов человека в норме и патологии, включая изображения суставов и позвоночника. Разработан алгоритм восстановления параметров рассеяния биотканей по изображениям в ОКТ, позволяющий количественно описать их состояние. Следует отметить, что получаемую таким образом информацию невозможно получить с помощью существующих методов медицинской диагностики, включая компьютерную томографию и ультрасонографию. Развитие методов ОКТ приближает реализацию идеи оптической биопсии.

Преимущество ОКТ состоит в том, что она обеспечивает до 10 раз большее разрешение, чем ультразвук (4-20 мкм по сравнению с 110 мкм). RTVue-100 не является источником ионизирующего излучения, таких как рентгеновские лучи. Система обеспечивает экстремальное разрешение изображений; компьютерные образы исследуемых органов и систем являются четкими и подробными, давая спортивным врачам беспрецедентные возможности для оказания реабилитационной помощи [11].

Ядерно-магнитный резонанс

В последнее время в медицинскую практику вводится диагностический метод, основанный на принципе ядерно-магнитного резонанса (ЯМР). В литературе наряду с термином «ядерно-магнитный резонанс» встречается термин «магнитный резонанс».

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — один из вариантов магнитно-резонансной интроскопии. МРТ позволяет получать изображение любых слоев тела человека. Большинство современных МР-томографов «настроено» на регистрацию радиосигналов ядер водорода, находящихся в тканевой жидкости или жировой ткани. Поэтому МР-томограмма представляет собой картину пространственного распределения молекул, содержащих атомы водорода.

Система для МРТ состоит из магнита, создающего статическое магнитное поле. Магнитный полый, в нем имеется туннель, в котором располагается пациент. Стол для пациента имеет автоматическую систему управления движением в продольном и вертикальном направлении. Для радиоволнового возбуждения ядер водорода и наведения эффекта спина внутри основного магнита устанавливаются дополнительные высокочастотные катушки, которая одновременно является и приемником сигнала релаксации. С помощью специальных катушек накладывают дополнительное магнитное поле, которое служит для кодирования МР-сигналов от пациента.

При воздействии радиочастотных импульсов на прецессирующие в магнитном поле протоны происходит их резонансное возбуждение и поглощение энергии. При этом резонансная частота пропорциональна силе приложенного статического поля. После окончания импульса совершается релаксация протонов - они возвращаются в исходное положение, что сопровождается выделением энергии в виде МР-сигнала. Этот сигнал подается на ЭВМ для анализа. МР-установки включают в себя мощные высокопроизводительные компьютеры.

В современных системах МР-томографов для создания постоянного магнитного поля применяют либо резистивные магниты больших размеров, либо сверхпроводящие магниты. Резистивные магниты дают сравнительно невысокую напряженность магнитного поля — около 0,2—0,3 Тл. Установки с такими магнитами имеют небольшие размеры, могут быть размещены в таком же помещении, как рентгенологический кабинет, удобны в эксплуатации. Для МР-спектроскопии они непригодны.

Сверхпроводящие магниты обеспечивают напряженность магнитного поля до 30 Тл. Однако они требуют глубокого охлаждения — до -269° , что достигается помещением магнита в камеру с жидким гелием. Та в свою очередь находится в камере с жидким азотом, температура которого -196° , и затем в наружной вакуумной камере. К размещению такого МР-томографа в лечебном учреждении предъявляются очень строгие требования. Необходимы отдельные помещения, тщательно экранированные от внешних магнитных и радиочастотных полей. Но последние достижения физики в области сверхпроводящих материалов позволят добиться значительного прогресса в конструировании МР-томографов с высокой напряженностью магнитного поля.

Для того чтобы получить изображение определенной слоя тканей, градиенты поля «вращают» вокруг больного (подобно тому, как вращается рентгеновский излучатель при компьютерной томографии). Фактически осуществляется сканирование тела человека. Полученные сигналы преобразуются в цифровые и поступают в память ЭВМ [12].

Характер МР-изображения определяется тремя факторами: плотностью протонов (т. е. концентрацией ядер водорода), временем релаксации t_1 (спин-решетчатой) и временем релаксации T_2 (спин-спиновой). При этом основной вклад в создание изображения вносит анализ времени релаксации, а не протонной плотности. Так, серое и белое вещество головного мозга отличаются по концентрации воды всего на 10%, в то время как продолжительность релаксации в них протонов различается в 11/2 раза [13].

Существует ряд способов получения МР-томограмм. Их различие заключается в порядке и характере генерации радиочастотных импульсов, методах анализа МР-сигналов. Наибольшее распространение имеют два способа: спин-решетчатый и спин-эховый. При спин-решетчатом анализируют главным образом время релаксации T_1 . Различные ткани (серое и белое вещество головного мозга, спинномозговая жидкость, опухолевая ткань, хрящ, мышцы и т. д.) имеют в своем составе протоны с разным временем релаксации T_1 . С продолжительностью T_1 связана величина МР-сигнала: чем короче T_1 , тем сильнее МР-сигнал и тем светлее выглядит данное место изображения на телемониторе. Жировая ткань на МР-томограммах — белая, вслед за ней идут головной и спинной мозг, плотные внутренние органы, сосудистые стенки и мышцы. Воздух, кости и кальцификаты практически не дают МР-сигнала и поэтому отображаются черным цветом. В свою очередь мозговая ткань также имеет неоднородное время t_1 — у белого вещества оно иное, чем у серого. T_1 опухолевой ткани отличается от T_1 одноименной нормальной ткани. Указанные взаимо-

отношения времени релаксации T1 создают предпосылки для визуализации нормальных и измененных тканей на МР-томограммах.

При другом способе МР-томографии, названном спин-эховым, на пациента направляют серию радиочастотных сигналов, поворачивающих прецессирующие протоны на 90°. Вслед за прекращением импульсов регистрируют ответные МР-сигналы. Однако интенсивность ответного сигнала по-иному связана с продолжительностью T2: чем короче T2, тем слабее сигнал и, следовательно, ниже яркость свечения экрана телемонитора. Таким образом, итоговая картина МРТ по способу T2 противоположна МРТ по способу T1 (как негатив позитиву).

При МРТ, как при рентгенологическом исследовании, можно применять искусственное контрастирование тканей. С этой целью используют химические вещества, содержащие ядра с нечетным числом протонов и нейтронов, например соединения фтора, или же парамагнетики, которые изменяют время релаксации воды и тем самым усиливают контрастность изображения на МР-томограммах.

Предпочтение отдается последнему, так как исследование не ионизирующее, а слово «ядерный» может ассоциироваться с радиоактивностью. Техника получения ЯМР-томограмм базируется на возможности изменения реакции ядер водорода, содержащихся преимущественно в тканевой жидкости или жировой клетчатке, в ответ на применение радиочастотных импульсов в стабильном магнитном поле.

МР-томография — исключительно ценный метод исследования. Он позволяет получать изображение тонких слоев тела человека в любом сечении — во фронтальной, сагиттальной, аксиальной и косых плоскостях. Можно реконструировать объемные изображения органов, синхронизировать получение томограмм с зубцами электрокардиограммы. Исследование не обременительно для больного и не сопровождается никакими ощущениями и осложнениями.

На МР-томограммах лучше, чем на компьютерных томограммах, отображаются мягкие ткани: мышцы, жировые прослойки, хрящи, сосуды. Можно получить изображение сосудов, не вводя в них контрастное вещество (МР-ангиография). Вследствие небольшого содержания воды в костной ткани последняя не создает экранирующего эффекта, как при рентгеновской компьютерной томографии, т.е. не мешает изображению, например, спинного мозга, межпозвоночных дисков и т.д. [14]

Транскраниальная магнитная стимуляция

Транскраниальная магнитная стимуляция — метод регистрации моторных вызванных ответов. Магнитный импульс, генерируемый ТМС, представляет собой быстро меняющееся во времени магнитное поле, которое продуцируется вокруг электромагнитной катушки во время прохождения в ней тока высокого напряжения после разряда мощного конденсатора (магнитного стимулятора).

Метод регистрации моторных вызванных ответов позволяет получить представление о функциональном состоянии пирамидного тракта, определить степень поражения центральных двигательных путей, используется также для диагностики корешковых поражений. Первым неинвазивным способом изучения двигательных ответов явилось применение транскраниальной электрической стимуляции (Merton and Morton, 1980). Методика обладала рядом недостатков и была довольно болезненной для пациентов, поэтому не нашла широкого применения в клинической практике, за исключением задач интраоперационного мониторинга. Настоящий прорыв произошел после внедрения метода транскраниальной магнитной стимуляции.

Первый прибор был разработан английскими специалистами в середине 80-х гг. (Barker et al., 1985) [15]. В основе метода лежит принцип электромагнитной индукции. Основной блок прибора пропускает электрический ток

высокой амплитуды через ручной зонд (койл), индуцируя переменное магнитное поле. Благодаря тому, что койл находится в непосредственной близости от скальпа, переменное магнитное поле в свою очередь генерирует на определенном расстоянии в глубине нервной ткани электрическое поле, вызывая деполяризацию нейронных мембран. В результате генерируются потенциалы действия, которые далее распространяются по нисходящим путям центральной нервной системы. Располагая регистрирующие электроды над различными мышцами, можно получить их ответы на транскраниальную стимуляцию. При помощи магнитного стимулятора можно стимулировать также периферические нервы и сплетения, однако именно транскраниальная магнитная стимуляция является наиболее востребованной областью применения метода.

Исследование состоит из серии предъявляемых стимулов различной интенсивности. Определяются пороги моторных ответов (минимальная величина интенсивности стимула), латентность (время проведения по двигательным путям) и амплитуда ответа.

Транскраниальная магнитная стимуляция используется обычно при:

- Боковом амиотрофическом склерозе
- Рассеянном склерозе и других демиелинизирующих заболеваниях
- Миелопатиях
- Радикулопатиях
- Травмах спинного мозга

ТМС имеет такие важные преимущества, как высокая проникающая способность через костную, хрящевую и мышечную ткань, удобство процедуры, безболезненность, неинвазивность. Исследователи из лондонского Института неврологии (Institute of Neurology, Queen Square, London) использовали ТМС для измерения активности в нейронных путях и получения информации о схеме коры. Проведено сканирование мозга с помощью магнитно-резонансной томографии и создана 3D-реконструкция головного мозга [16].

Современные технологии позволяют получать структурную информацию о морфологии мозга на основе данных рассеяния излучения, подаваемого под разными углами. Разрабатываются также методы флуоресцентной микро- и спектроскопии, которые позволяют получать информацию о более точной природе элемента (например, отличить митохондрии от аппарата Гольджи или отличить глиальную клетку от моторного нейрона). Это представляется ученым вполне возможным из-за значимых различий биохимического состава.

Известно, что основными функциями нервной клетки являются восприятие внешних раздражений (рецепторная функция), их переработка (интегративная функция) и передача нервных влияний на другие нейроны или различные рабочие органы (эффекторная функция). Английские ученые установили, что целенаправленное магнитное поле активизирует определенные области нейронов. В частности, в тех частях мозга, которые управляют движением, возникают вызванные моторные ответы, создающие сигналы для соответствующих мышц. Эта электрическая активность регистрируется с помощью электродов; характеристики реакции, такие, как амплитуда и время задержки, позволяют определить схему движения вызванных потенциалов.

Эксперименты проводились с участием элитных спортсменов — игроков в поло на каноэ. У каждого атлета было свыше 10000 часов тренировочных занятий. Обнаружено, что спортсменам высокого уровня свойственна не только высокая нейропластичность, но у них также наблюдается феномен синаптического прунинга: в мозгу постоянно идет процесс разрушения и создания соединений между нейронами [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 . Arthritis Care & Research. Edited By: Marian T. Hannan, DSc, MPH. Wiley-Liss, Inc., A Wiley Company, 2012.
- 2 . Physical Activity Scale for the Elderly (PASE Instrument). New England Research Institutes Inc. 2012.
- 3 . Oliveira P, Sperandio E, Fernandes KR, Pastor FA, Nonaka KO, Renno AC. Comparison of the effects of low-level laser therapy and low-intensity pulsed ultrasound on the process of bone repair in the rat tibia. Rev Bras Fisioter. 2011 May-Jun;15(3):200-5.
- 4 . Lero JC, Issa JP, Pitol DL, Rizzi EC, Dias FJ, Siñssere S, Regalo SC, Iyomasa MM. Histomorphological and Angiogenic Analyzes of Skin Epithelium After Low Laser Irradiation in Hairless Mice. Anat Rec (Hoboken). 2011 Aug 1.
- 5 . Carmona P, Molina M, Calero M, Bermejo-Pareja F, Martнnez-Martнn P, Alvarez I, Toledano A. Infrared spectroscopic analysis of mononuclear leukocytes in peripheral blood from Alzheimer's disease patients. Anal Bioanal Chem. 2012 Feb; 402 (6) : 2015-21.
- 6 . Brydegaard M, Merdasa A, Jayaweera H, Elebring J, Svanberg S. Versatile multispectral microscope based on light emitting diodes. Rev Sci Instrum. 2011 Dec; 82 (12) : 123106.
- 7 . Kulis T, Kolaric D, Karlovic K, Knezevic M, Antonini S, Kastelan Z. Scrotal infrared digital thermography in assessment of varicocele - pilot study to assess diagnostic criteria. Andrologia. 2011 Dec 22.
- 8 . Teixeira LJ, Valbuza JS, Prado GF. Physical therapy for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). Cochrane Database Syst Rev. 2011 Dec 7;12.
- 9 . Dobsak P, Homolka P, Svojanovsky J, Reichertova A, Soucek M, Novakova M, Dusek L, Vasku J, Eicher JC, Siegelova J. Intra-dialytic electrostimulation of leg extensors may improve exercise tolerance and quality of life in hemodialyzed patients. Artif Organs. 2012 Jan; 36 (1):71- 8.
- 10 . Kanamori A, Nakamura M, Tomioka M, Kawaka Y, Yamada Y, Negi A. Agreement among three types of spectral-domain optical coherent tomography instruments in measuring parapapillary retinal nerve fibre layer thickness. Br J Ophthalmol. 2012 Feb 14.
- 11 . Yang X, Shao D, Ding X, Liang X, Yang J, Li J. Chronic phototoxic maculopathy caused by welding arc in occupational welders. Can J Ophthalmol. 2012 Feb;47(1):45-50.
- 12 . Henry LC, Tremblay S, Leclerc S, Khiat A, Boulanger Y, Ellemberg D, Lassonde M. Metabolic changes in concussed American football players during the acute and chronic post-injury phases. BMC Neurol. 2011 Aug 23;11:105.
- 13 . Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Morita N, Horiuchi M, Kadoguchi T, Takahashi M, Hirabayashi K, Yokota T, Kinugawa S, Tsutsui H. Blood Flow Restriction Exercise in Sprinters and Endurance Runners. Med Sci Sports Exerc. 2011 Jul 25.
- 14 . Baguet A, Everaert I, Hespel P, Petrovic M, Achten E, Derave W. A new method for non-invasive estimation of human muscle fiber type composition. PLoS One. 2011;6(7):e21956. Epub 2011 Jul 7.
- 15 . Chin O, Cash RF, Thickbroom GW. Electromyographic bursting following the cortical silent period induced by transcranial magnetic stimulation. Brain Res. 2012 Jan 25.
- 16 . Riva N, Falini A, Inuggi A, Gonzalez-Rosa JJ, Amadio S, Cerri F, Fazio R, Del Carro U, Comola M, Comi G, Leocani L. Cortical activation to voluntary movement in amyotrophic lateral sclerosis is related to corticospinal damage: Electrophysiological evidence. Clin Neurophysiol. 2012 Feb 9.
- 17 . De Weerd P, Reithler J, van de Ven V, Been M, Jacobs C, Sack AT. Posttraining transcranial magnetic stimulation of striate cortex disrupts consolidation early in visual skill learning. J Neurosci. 2012 Feb 8;32(6):1981-8.

КОНТАКТЫ

Курашвили Владимир Алексеевич.
E-mail: kurashvili@list.ru