

# Карт-бланш здоровья и долголетия

Белорусские ученые создают методики оздоровления экстремальным холодом и уникальные технологии расшифровки биомедицинских изображений

**Важнейшая составляющая устойчивого развития любого государства – это здоровая нация. Здоровье же населения, в свою очередь, в немалой степени определяется социально-экономическим развитием страны, формирующим предложение рабочей силы, воспроизводство трудового и интеллектуального потенциала, уровень и качество жизни людей. Кроме того, здоровье – самое дорогое, что есть у каждого человека. Это капитал, который он может вложить не только в свое благосостояние, но и в долголетие.**

**В Беларуси, как и во всем современном мире, сегодня ратуют за сохранение здоровья – этого ценнейшего ресурса, так необходимого самому человеку и полезного для общества. Работают в данном направлении и наши ученые, предлагая уникальные методики оздоровления организма и расшифровывая с помощью систем искусственного интеллекта биомедицинские изображения.**

По данным ВОЗ, в мире почти не осталось государств, для которых не актуальны проблемы демографии и улучшения здоровья населения. В нашей стране сейчас осуществляется Государственная программа «Здоровье народа и демографическая безопасность Республики Беларусь на 2016–2020 годы». Все мероприятия ее в целом направлены на то, чтобы граждане нашей страны были здоровыми, продолжительность жизни повышалась, а численность населения росла. Документ предусматривает создание единой профилактической среды с охватом всех этапов жизни человека и реализуется на принципах межведомственного взаимодействия. Одним из стратегических направлений является первичная профилактика, включающая медицинские осмотры и диспансеризацию, которые предполагают не только выявление факторов риска, но и их коррекцию и при необходимости своевременное лечение. Такая стратегия, со-

гласно статистике, обеспечивает 20–40% вклада в успешное снижение смертности и приносит достаточно быстрый эффект, но, в то же время, довольно затратна.

В 2017 году в Беларуси маммографические исследования были выполнены более чем у 48 тыс. женщин в возрасте 50–69 лет, выявлено 276 случаев рака молочной железы, из них 45% – в ранних стадиях. До внедрения скрининга доля выявления этого заболевания в ранних стадиях не превышала 20%. Исследования с целью диагностики рака предстательной железы проведены более чем у 140 тыс. мужчин в возрасте 50–65 лет, при этом выявлено 1055 случаев данного заболевания, из них в ранних стадиях – 648, то есть более 60%.

Как отметила на республиканской научно-практической конференции, проходившей в мае 2018 года, начальник отдела организации медицинской помощи Министерства здравоохранения Республики Беларусь Татьяна Мигаль, очень

важно, чтобы больным назначалось лечение с учетом возраста, индивидуальных особенностей и стадии заболевания, и главное в этом деле – диагностика. Например, в течение 3 лет в Беларуси внедрено более 900 методов лечения и диагностики онкологии.

## Болезнь распознают нейронные системы

В области медицинской диагностики на помощь врачам все чаще приходит искусственный интеллект. Объединив усилия в рамках Межведомственного исследовательского центра искусственного интеллекта, который создан на базе Объединенного института проблем информатики (ОИПИ) и Института физиологии НАН Беларуси, специалисты в области медицинских, биологических, технических и физико-математических наук смогли выполнить уникальные работы по обучению нейронных систем распознаванию биомедицинских изображений. Проводимые исследования позволяют понять работу нейронных связей человеческого мозга. Особый интерес для ученых представляют сверточные нейронные сети, ведь именно они помогают заглянуть в тайны искусственного интеллекта.

– Прийти к пониманию того, как это работает, было не очень просто, – рассказывает кандидат технических наук руководитель лаборатории анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси Василий Ковалев. – Искусственная нейронная сеть лишь имитирует, а не дублирует работу зрительной коры мозга. Однако благодаря ей можно качественнее и быстрее распознавать изображения, находить и выявлять злокачественные новообразования, которые, поверьте, умеют маскироваться. Успешное распознавание происходит в том числе и за счет современных аппаратных средств нейронной сети, в которую мы предварительно загрузили сотни биомедицинских изображений и на них как бы обучили ее решать поставленную задачу. Например, при анализе гистологических изображе-

ний автоматически выделять опухолевые элементы из популяций клеток.

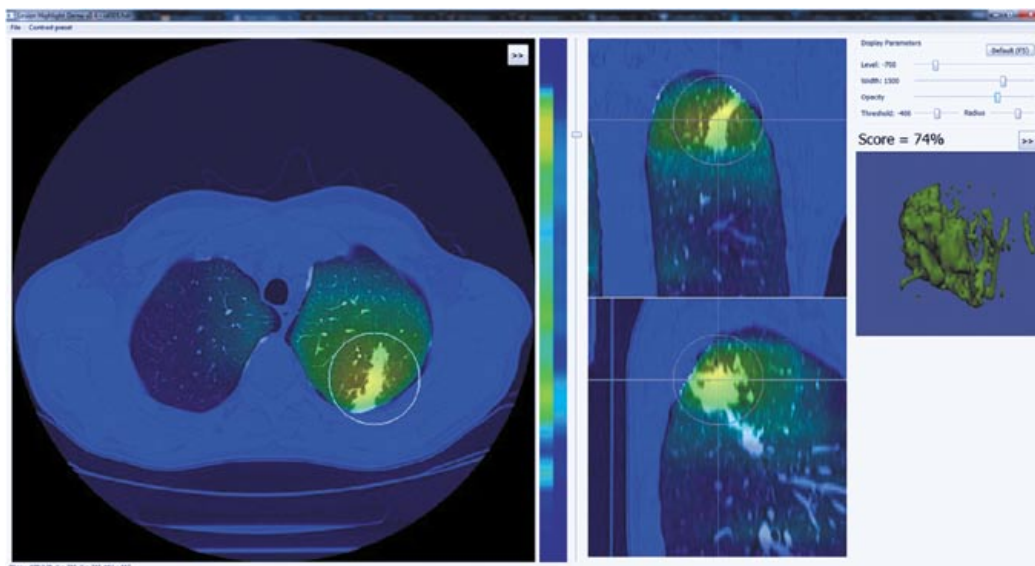
Работы по созданию программных методов распознавания биомедицинских изображений для более эффективной диагностики ученые Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси ведут уже свыше 10 лет. За это время со своими партнерами – ведущими специалистами Минского городского клинического онкологического диспансера они выполнили три разных проекта, в частности, по анализу ультразвуковых изображений опухолей щитовидной железы. Около 4 лет работали сообща в рамках исследовательской задачи по изучению процесса ангиогенеза – развития вторичной сети кровеносных сосудов при образовании раковой опухоли яичников у женщин. Также был предложен уникальный высокоэффективный способ определения онкологических заболеваний молочной железы на самой ранней стадии, который вошел в Топ-10 научных разработок НАН Беларуси за 2016 год.

– На основе использования сверточных нейронных сетей нам удалось добиться значительного снижения количества ошибок классификации в системах компьютерного зрения, – поясняет В. Ковалев. – Практически в два раза по сравнению с традиционными методами улучшилось качество распознавания признаков, характерных для клеточных структур, у людей разного возраста.

Оказалось, компьютер способен выделять важные признаки даже лучше, чем опытные специалисты-медики, консультирующие разработчиков. Интеллектуальная система безошибочно обнаруживает метастазы, оценивает агрессивность опухоли.

– Классический метод заключается в том, что на гистологических изображениях необходимо найти клетки, находящиеся в состоянии деления, – рассказывает ученый. – Чем их больше, тем быстрее растет эта опухоль, тем она более агрессивна. Казалось бы, методика простая, но клетки микронных размеров, и обнаружить их на биомедицинском изображении не просто. Но мы подумали:

► Так выглядят новообразования в легких на биомедицинских изображениях



раз клетка агрессивная, то должно быть в ней какое-то особое свойство, текстура или пространственное строение, некий тонкий признак того, что она более агрессивная, чем другая. И наша гипотеза подтвердилась: опухолевые клетки действительно отличаются, что заметно на микронном уровне, если сделать изображения ткани более масштабными...

Итогом научного поиска ученых Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси стала эффективная модель активных шаблонов для обнаружения и сегментации объектов на медицинских изображениях, не уступающая лучшим мировым образцам. На ее основе разработаны четыре метода автоматического обнаружения сегментации цитологических, гистологических и компьютерно-томографических изображений. То, что белорусские ученые действительно совершили научный прорыв, подтвердило и участие в 2017 году в международных соревнованиях по нейросетевым технологиям IBM Open Power (США), где это исследование заняло 1-е место (совместно с минской фирмой Altoros Labs) в соответствующей номинации.

В настоящее время исследователи снова трудятся, что называется, на переднем крае науки: активно сотрудничая с РНПЦ пульмонологии и фтизиатрии, они помогают решать проблему распознава-

ния на биоизображении очагов туберкулеза в легких человека.

– Нейросетевой подход и при автоматическом выделении, то есть сегментации легких на компьютерно-томографических изображениях грудной клетки, сегодня действительно хорошо себя зарекомендовал, – подтверждает руководитель лаборатории анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси В. Ковалев.

Результатом рентгенографии, как правило, является сканированное изображение легкого, на котором нужно рассмотреть, найти и изучить мельчайшие новообразования, так как именно они могут впоследствии переродиться в злокачественные. Но специалист не имеет возможности потратить, скажем, целый день на такой внимательный отбор, и в то же время важно не допустить ошибку при постановке диагноза. Ученые стараются этот процесс компьютеризировать.

Аналогичная задача находится в фокусе внимания исследователей всего мира уже много лет. Получены очень хорошие результаты компьютерного анализа в разных странах, в том числе и в Беларуси. Новый эффективный метод обнаружения узловых образований в легких, улучшающий качество сегментации на 11 %, уже реализован в виде программного модуля



и внедрен в медицинскую практику. Возможно, недалек тот день, когда выявление самой опасной формы туберкулеза станет рутинной диагностической процедурой, ведь, по словам ученых, метод очень информативен.

На медицинскую диагностику заболеваний легких ориентированы и другие методы, алгоритмы и программные средства, предназначенные для обнаружения взаимосвязей между структурой изображений и лекарственной устойчивостью больных туберкулезом.

Сегодня белорусские исследователи с энтузиазмом окунулись в работу уже над новыми проектами. Например, они намерены создавать новые сенсоры для решения нестандартных задач анализа состояния человека. Сейчас в базе данных для обработки с помощью нейронных сетей свыше 500 биомедицинских изображений, на которых специалисты-онкологи по своим методикам уже определили и выделили участки злокачественных образований. Теперь задача ученых – научить искусственный интеллект анализировать и правильно распознавать пораженные клетки, а также проводить параллели, как воздействуют лекарственные средства на опухоли. Получить результат исследователи рассчитывают еще до конца текущего года.

К слову, нейросетевые технологии, которые разрабатываются в лаборатории биомедицинских изображений под руководством В. Ковалева, в значительной степени универсальны, то есть вполне могут быть использованы и не для медицинских приложений. Так, распознавание изображений необходимо и в космических программах Союзного государства, которые связаны с получением снимков со спутников и беспилотных летательных аппаратов.

Параллельно ученые ОИПИ устраняют проблему сбоев в работе систем искусственного интеллекта.

– Мы уже научились обучать нейронные сети на основе большого количества данных для анализа биомедицинских изображений, однако по пока необъяснимым причинам искусственный

интеллект иногда вдруг делает ошибку, причем с высокой долей вероятности, – признается Василий Ковалев. – Экспериментальным путем обнаружено, что определенные изменения в изображении полностью сбивают с толку системы искусственного интеллекта. Но ведь это не сбой в компьютерной игре, где ошибка не так уж принципиальна, а постановка медицинского диагноза, от которого зависит жизнь человека. И мы должны понять, почему этот сбой происходит. Планируем подключить к решению данной задачи молодых ученых, студентов и магистрантов. Тема для них, на наш взгляд, интересна и тем, что дополнительно имеет широкий диапазон приложений не только в медицине. К слову, на основе расшифровки биоизображений работают сегодня многие системы защиты, замки, ключи, где кодировка происходит по радужной оболочке глаза или отпечатку пальца...

Еще одним итогом масштабной работы с биомедицинскими изображениями, как рассчитывают ученые, станет цифровой трехмерный атлас новообразований в области легких, по которому можно будет наглядно представить всю статистическую картину по частоте и очагам поражения злокачественными новообразованиями.

Свидетельством того, что государство поддерживает инновационные проекты, имеющие приоритетное значение для реализации важнейших направлений социально-экономического развития Республики Беларусь, стало выделение заведующему лабораторией анализа биомедицинских изображений Василию Ковалеву гранта Президента Республики Беларусь на 2018 год. Финансирование предоставлено ученому на разработку диагностических методов компьютерного анализа цифровых медицинских изображений с использованием современных технологий искусственного интеллекта. Результативная работа в этом направлении позволит повысить эффективность и надежность обнаружения новообразований в легких у больных туберкулезом, а также обеспечит автоматизацию про-

цессов анализа полнослайдовых гистологических изображений при диагностике онкологических заболеваний.

### Перезагрузка с оздоравливающим эффектом

Существует мнение, что новые разработки в области биомедицины могут не только снизить потребление лекарственных средств, но и позволят в отдельных случаях вовсе отказаться от них. Как одно из перспективных направлений такого рода сегодня рассматривают криотерапию – технологию холодового воздействия на человеческий организм, способствующую включению его резервных возможностей, активизации иммунной системы.

Еще в давние времена целители подметили, что холод способен превосходно снимать боль и жар. Но реальную методику использования в лечебной практике экстремально низких температур предложил лишь в XX веке японский врач Тосимо Ямаучи. Впервые газифицированный азот с температурой минус 180 он применил для лечения ревматических болезней в 1970-е годы. Удивительно, но сверхнизкие температуры дали положительный результат, о чем врач с гордостью доложил на конференции в Висбадене. Далее

инициативу по развитию криотерапии подхватили немецкие исследователи, которые научились создавать при помощи холодильных машин некие замкнутые пространства с охлажденным воздухом, куда помещали людей. Любопытно, что и до настоящего времени немецкие фирмы выпускают установки для криотерапии, созданные по принципу трехкаскадных холодильных машин. Российские инженеры и медики пошли несколько иным путем: решили газифицировать жидкий азот в специальном устройстве и подавать в процедурную кабину.

Как рассказал старший научный сотрудник лаборатории нанопроцессов и технологий Института тепло- и массообмена (ИТМО) имени А.В. Лыкова НАН Беларуси кандидат технических наук, доцент Марк Левин, существует три вида криотерапевтических установок: криокамеры, как правило, воздушные; криокапсулы, где человек дышит через специальное профилированное окошко, и криобассейны. Последние впервые начали разрабатывать и производить на кафедре криотехнологии Ленинградского технологического института холодильной промышленности под руководством профессора Г.А. Головки. Теперь же основной разработчик таких установок – кафедра криогенной техники и сжиженного природного газа Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики в Санкт-Петербурге.

По словам М. Левина, кроме общей криотерапии, в последнее время набирает популярность локальная, когда холодовое воздействие оказывается на ограниченный участок кожных покровов:

– Локальная криотерапия, кроме прочего, может применяться и в медицине катастроф. Уже есть первые результаты успешного ускоренного лечения следов ожогов: при использовании криотерапии такие раны затягиваются быстрее и менее болезненно.

Ученый рассказал, что в Беларуси первая установка общей криотерапии появилась в санатории «Лесное» в начале 2000-х. Однако отечественные исследо-

▼ Процедуры локальной криотерапии





ватели из Института тепло- и массообмена занялись изучением воздействия экстремального холода на организм человека только в 2007 году, когда к ним обратились из Республиканского центра спортивной медицины (сейчас РНПЦ спорта), закупившего для реабилитации спортсменов установку общей криотерапии. К тому времени у сотрудников ИТМО были свои наработки в области терморегуляции и инфракрасной термометрии. А вот научно обоснованных методик, как воздействовать экстремальным холодом на организм для повышения физической работоспособности, еще не существовало.

Объединившись с медицинскими специалистами, ученые Института тепло- и массообмена начали работу над новым проектом. Специалисты-рефлексотерапевты обозначили точки акупунктуры, при воздействии на которые можно было ожидать положительный отклик в плане повышения физических способностей. В свою очередь ученые экспериментально апробировали температурные и временные режимы воздействия холодом, что было совсем не просто. Поскольку струя холодного воздуха при попадании на кожные покровы создает еще и обезболивающий эффект, иногда трудно определить тот порог, при котором может возникнуть риск холодого ожога. И тогда исследователи подключили инфракрасную термометрию, с помощью которой удалось получить кинетику изменения температуры кожных покровов в зависимости от характеристик холодной струи. Кроме решения важной задачи – повышения физического уровня спортсменов высшей квалификации, при иных определенных режимах воздействия на те же области выявлен и такой положительный эффект, как снижение вязкости крови. Как известно, это способствует уменьшению нагрузки на сердечно-сосудистую систему и препятствует процессу тромбообразования. Данная разработка наших исследователей защищена патентом Республики Беларусь.

Коллектив теплофизиков и медиков различных специальностей свыше 10 лет



▲ На высшей ступени пьедестала пятикратный чемпион мира и Европы белорусский тяжелоатлет П.Г. Куликовский, возрастная категория 70+

работал над изучением эффектов экстремального холодого воздействия на организм человека. Специалисты Института тепло- и массообмена проводили теплофизические и реологические исследования, врачи спортивной медицины контролировали эффективность показателей физических кондиций спортсменов. Медицинские аспекты холодого воздействия изучали специалисты кафедры медицинской реабилитации и физиотерапии Белорусского государственного медицинского университета. Результатом стал комплекс методик по применению локальной и общей газовой криотерапии (ОГКТ), более 80 научных публикаций и 5 белорусских и евразийских патентов.

Говоря о криотерапии, следует помнить, что это немедикаментозная методика, и лечебный восстанавливающий эффект достигается только за счет мобилизации внутренних ресурсов организма. Однако на примере из сферы большого спорта можно понять, насколько велики ее возможности. Все знают, что в результате интенсивной работы в мышцах спортсменов образуется молочная кислота, которая препятствует интенсификации тренировочных процессов. В обычной ситуации ее нейтрализуют

с помощью массажа и отдыха, который может длиться от 12 до 14 часов. Все это время спортсмен фактически выбит из интенсивной тренировочной деятельности. В процессе исследования ученые выяснили, что после всего лишь 3 минут пребывания в криокамере концентрация лактата возвращается на уровень физиологической нормы.

На сегодняшний день в отечественной спортивной медицине криотерапия используется для лечения и реабилитации острых и хронических спортивных травм, поддержания пика спортивной формы, подготовки и оптимизации функционального состояния спортсменов после соревнований, в целях продления спортивной жизни.

Криотерапией заинтересовались и эндокринологи. Исследователями было замечено, что в результате криопродуры наблюдается резкое снижение концентрации глюкозы в крови. Этот эффект и послужил стартовой площадкой для дальнейшей работы отечественных медицинских специалистов и ученых.

Как рассказала завкафедрой эндокринологии Белорусской медицинской академии последипломного образования доктор медицинских наук, профессор Лариса Данилова, сотрудничество кафедры

эндокринологии БелМАПО с Институтом тепло- и массообмена по разным направлениям продолжается уже более 20 лет. Начиналось оно под руководством профессора, члена-корреспондента НАН Беларуси В.Л. Драгуна.

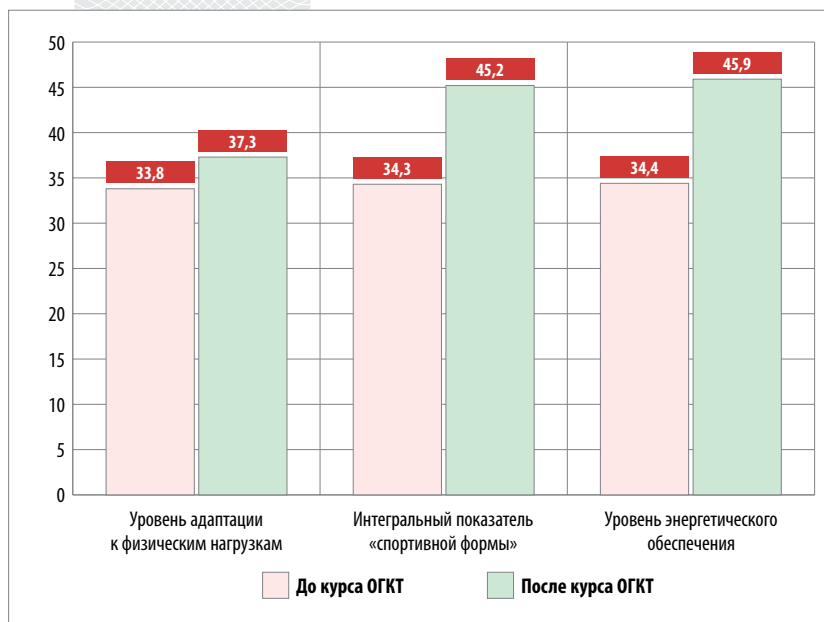
– Оценка воздействия низких температур при ряде эндокринных заболеваний – сравнительно новое направление наших совместных поисковых исследований, – отметила профессор Л. Данилова. – Несмотря на распространенность и популярность такой физиотерапевтической процедуры, как криосауна, механизмы позитивных и негативных эффектов стали проясняться не очень давно. Ранее нами было предложено ученым такое направление для научно-практических исследований, как оценка возможностей моделирования метаболических процессов при преддиабете, начальном периоде сахарного диабета, метаболическом синдроме. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности включения рассматриваемого метода в комплексную терапию преддиабета и начальных стадий сахарного диабета 2-го типа. Но, к сожалению, функцию «молодильного яблока» без комплексного подхода к коррекции образа жизни, использования ряда лекарственных средств криопродуры выполнять не могут. И на это мы всегда обращаем внимание наших пациентов.

Тем не менее крионаправление профессор Л. Данилова считает крайне перспективным в современной эндокринологии:

– Оно очень востребовано в мировой науке, сюда брошены серьезные инвестиции. Идет динамичное развитие, все происходит очень быстро, и нам нужно поспешить. Мы рады сотрудничеству с коллективами НАН в области клинической и экспериментальной эндокринологии и изучения эффектов экстремально низких температур.

Сегодня в Беларуси в рамках государственной программы научных исследований «Конвергенция-2020» сотрудничают эндокринологи, физиотерапевты и другие ученые, которые специализи-

▼ Рисунок 1. Согласно статистическим данным РНПЦ спорта, за прошедший олимпийский цикл (2013–2016) в отделениях реабилитации центра спортсменам было отпущено 47 197 процедур ОГКТ. Изменения показателей функционального состояния спортсменов старшего возраста при общей газовой криотерапии

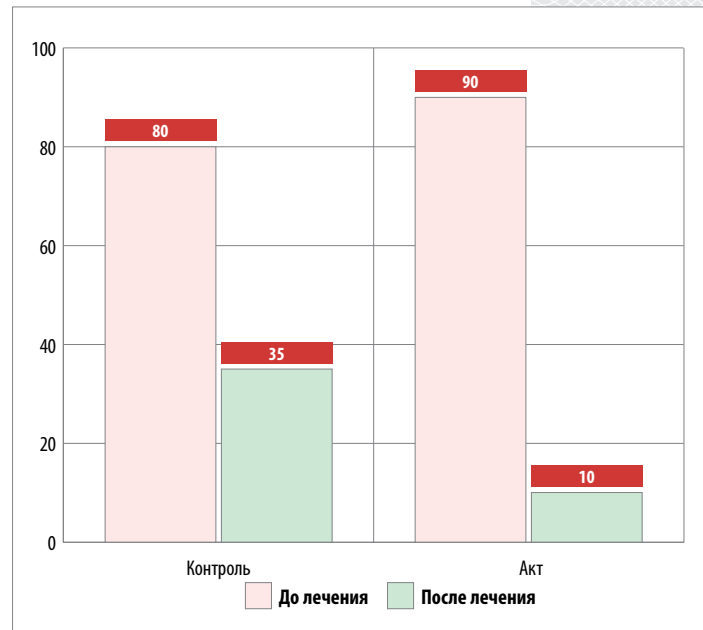


руются в области воспалительных заболеваний суставов и позвоночника. Как отметила завкафедрой медицинской реабилитации и физиотерапии Белорусского государственного медицинского университета кандидат медицинских наук, доцент Людмила Малькевич, несмотря на то, что первые результаты по лечению холодом больных ревматоидным артритом были представлены еще в 1979 году японскими докторами, четко разработанных методик на сегодняшний день не создано, также не изучено влияние экстремально низких температур на остроту воспалительного процесса, неизвестны скорость протекания биохимических реакций в организме, гормональный статус и др.

Но работа по данному направлению ведется. Так, по словам Л. Малькевич, в Белорусском государственном медицинском университете занимаются изучением оптимизации параметров холодового воздействия у пациентов с воспалительными заболеваниями суставов, в частности, ревматоидным и псориатическим артритом, реактивными артритами, анкилозирующим спондилоартритом. Получены выраженный обезболивающий, противоотечный эффект даже при высокой степени активности воспалительного процесса в пораженных суставах, а также увеличение подвижности в суставах и позвоночнике.

– Следует отметить, что после курса процедур криотерапии у пациентов наблюдается длительный эффект последствие: боль не беспокоит их от 3 до 6 месяцев, – подчеркнула завкафедрой медицинской реабилитации и физиотерапии БГМУ. – Однако четкой технологии использования криотерапии в лечении и реабилитации данной категории больных пока нет. Работы в этом направлении продолжаются, отрабатываются техника и методика (температура, экспозиция, количество процедур на курс и курсов процедур, интервал между курсами) холодового воздействия.

Если учесть, что у человека на поверхности кожных покровов 280 тыс. термочувствительных рецепторов, из



▲ Рисунок 2. Динамика болевого синдрома у пациентов с ревматоидным артритом

них 250 тыс. именно холодовые, то удивительный эффект воздействия экстремально низких температур в некоторой степени становится понятным. Раздражение холодовых рецепторов вызывает улучшение работы иммунной, эндокринной, кровеносной и других систем организма. Правда, разные участки поверхности кожи человеческого тела охлаждаются с разной скоростью, и это еще надо детально изучать. Как и зависимость холодового воздействия на людей от возраста, антропометрических характеристик, толщины подкожной клетчатки.

Белорусские ученые достаточно далеко продвинулись в таком перспективном направлении, как лечение холодом, и даже опережают исследователей некоторых западноевропейских стран. Тем не менее пока криотерапия в нашей стране в официальный список медицинских лечебных процедур не входит. Хотя, безусловно, эта высокоэффективная профилактика заболеваний существенно активизирует защитные силы, позволяет сделать перезагрузку всех систем организма, предоставляя человеку карт-бланш для поддержания и сохранения здоровья. А, кто знает, может и долготетия...

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ ▮