

- датчики резистентности;
- миниатюрные акселерометры.

Рассмотрим эти направления с точки зрения их применимости к спортивной медицине.

Для контроля дыхания первым стал использоваться сенсор на основе датчика натяжения, встроенного в эластичный пояс [4,9]. При вдохе и выдохе мониторируемого эластичный пояс соответственно растягивается и сжимается, что отражается на сигнале датчика натяжения. Применительно к спортивной медицине, необходимость ношения пояса сковывает движения, и при длительных тренировках, приводит к раздражению контактирующих поверхностей кожи.

В сенсорах на основе датчиков давления или скорости потока [1,6,8] к дыхательным путям человека подводятся эластичные воздуховоды, что усложняет постоянную носку прибора и технически не реализуемо при проведении тренировок.

Измерения сопротивления (резистентности) дыхательных путей человека [2,12] возможно только при полной неподвижности пациента, т.к. малейшие естественные флуктуации сопротивления тела мониторования приводят к значительным искажениям сигнала о дыхательной активности.

В последнее время, благодаря развитию микроэлектроники, в литературе стали появляться сообщения о мониторах дыхания, основанных на микроминиатюрных акселерометрах [5,7]. При дыхании мониторируемого движения его грудной клетки фиксируются носимым устройством, расположенным в непосредственной близости, и по сигналам о геометрическом его перемещении определяется дыхательная активность мониторируемого. К недостаткам метода следует отнести необходимость фильтрации посторонних сигналов, соответствующих движению человека, его речи, но современное развитие информационных технологий позволяет реализовать такую систему мониторования.

Дистанционная диагностика на базе акселерометрического метода возможна при использовании микроконтроллеров снабженных специальным портом UART.

**Заключение.** Применительно к спортивной медицине необходимо использовать такие методы, которые не затрудняют дыхание и не препятствуют интенсивному движению. С этой точки зрения датчики натяжения и резистентности кажутся совершенно неприемлемыми. Диагностирующие трубки, при измерении давления и скорости воздушного потока, искажают процессы дыхания, и также не представляются возможными в диагностике функционального состояния.

Наиболее оптимальна по отношению к требованиям спортивной медицины диагностика с использованием микроминиатюрных акселерометров. Реализация такого диагностического

подхода возможна при условии решения задачи фильтрации посторонних сигналов.

Дистанционная передача сигнала может осуществляться методом мобильных сотовых систем.

#### Литература

1. Al-Salaymeh, A. Bi-directional flow sensor with a wide dynamic range for medical applications / A.Al-Salaymeh, J. Jovanović, F. Durst // Medical Engineering and Physics.– 2008.– Vol. 26 (8).– P. 623–637.
2. Monitoring of breathing pattern at rest by electrical impedance tomography / M.Balleza [et al.] // Arch Bronconeumol.– 2007.– Vol. 43(6).– P. 300–303.
3. Architecture, cost-model and customization of real-time monitoring systems based on mobile biological sensor data-streams / A.Goñi [et al.] // Computer Methods and Programs in Biomedicine.– 2009.– Vol. 96 (2).– P. 141–157.
4. Huang, C.A. wearable yarn-based piezo-resistive sensor / C.A.Huang, C. Shen, C.Tang, S. Chang // Sensors and Actuators A: Physical.– 2008.– Vol. 141(2).– P. 396–403.
5. Jourand, P. Textile integrated breathing and ECG monitoring system / P.Jourand, H.Clercq, R. Corthout, R. Puers // Procedia Chemistry.– 2009.– Vol. 1(1).– P. 722–725.
6. Lee-Chiong, T. L. Monitoring respiration during sleep / T.L. Lee-Chiong // Clin. Chest. Med.– 2003.–Vol. 24.– P. 297–306.
7. Morillo, D.S. An accelerometer-based device for sleep apnea screening / D.S.Morillo, J.L.R. Ojeda, L.F.C.Foix, A.L. Jiménez // IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.– 2010.– Vol. 14(2).– P. 491–499.
8. Nakano, H. Automatic detection of sleep-disordered breathing from a single-channel airflow record / H.Nakano, T.Tanigawa, N.Furukawa, S. Nishima // Eur. Respir. J.– 2007.– Vol. 29(4).– P. 728–736.
9. Rauhala, E. Periodic limb movement screening as an additional feature of Emfit sensor in sleep-disordered breathing studies / E.Rauhala, J.Virkkala, S.-L. Himanen // Journal of Neuroscience Methods.– 2009.– Vol. 178(1).– P. 157–161.
10. Wen, C. Real-time ECG telemonitoring system design with mobile phone platform / C.Wen, M.Yeh, K.Chang, R. Lee // Measurement.– 2008.– Vol. 41(4).– P. 463–470.
11. new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology - Feasibility study / S.Winkler [et al.] // International Journal of Cardiology.– 2011.– Vol. 153(1).– P. 55–58.
12. Modified thoracic impedance plethysmography to monitor sleep apnea syndromes / Y. Yasuda [et al.] // Sleep Medicine.– 2005.– Vol. 6(3).– P. 215–224.

УДК 616-006.6

### ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ ПОСТМАСТЭКТОМИЧЕСКОГО СИНДРОМА (обзорная статья)

А.В.БРАТИК, Т.Н.ЦЫГАНОВА

ООО Медицинский центр «Медико-оздоровительная лига» г. Москва,  
ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Минздрава России, г. Москва.

**Аннотация:** проведен литературный обзор по использованию курса интервальной гипоксической тренировки у больных с постмастэктомическим синдромом, а также особенности течения опухолевого процесса в условиях высокогорья. Изучение влияния горного климата на течение патологического процесса представляет интерес для исследователей различного профиля, поскольку в горах многие заболевания имеют определенные особенности развития. Важным являются сведения о том, что заболеваемость злокачественными опухолями снижается по мере увеличения высоты местности над уровнем моря. Проведение гипокситерапии повышает адаптационный потенциал организма и эффективность лечения.

**Ключевые слова:** гипокситерапия, постмастэктомический синдром, рак молочной железы, высокогорье.

### POSITIVE CHANCES TO USE INTERVAL HYPOXIC TRAINING IN RECOVERY CORRECTION OF THE POSTMASTECTOMIC SYNDROME (REVIEW)

A.V. BRATIK, T.N. TSYGANOVA

Ltd. Medical Center "Medical-improving league", Moscow,  
"Russian Scientific Center for Medical Rehabilitation and Balneology" Health Ministry

**Abstract:** the relevance of the problems of prophylaxis, treatment of complications, and consequences of complex treatment of the comedocar-

cinoma is determined by increase of index of this disease. If the patients have undergone a radical treatment of mammary gland cancer, the medical rehabilitation of them is a complicated task. At the same time, the idea to use the hypoxemic therapy to help this group of the patients seems to be not in a really sufficient degree. The authors have information concerning the influence of mountain climate on a decrease of the incidence of malignant tumors when the height above sea level is as more as possible. A number of authors note that there is a malfunction of oxygen exchange in different tissues. First of all, it concerns bearers of tumors in the process of malignant growth of them. There is a basic mechanism of their growth. The authors mean an action of gas hypoxic mixtures to intensify transportability of oxygen to tissues as well as training of enzymatic processes to realize biological oxidation. So, if the authors use an interval hypoxic training everything gets better. They mean that all the components of patients' breathing functionally improve. That includes external respiration, blood circulation, as well as mechanisms responsible for tissue respiration. The authors' idea is to follow: the perspectives of investigations in this realm of science are irresistible, especially, if the authors take into account the simplicity of treatment procedure as well as absence of any side effects.

**Key words:** hypoxemic therapy, cancer, mammary gland cancer, functional respiratory system.

В структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями у женщин рак молочной железы с 1996 г. занимает первое место. Отмечается неуклонный рост заболеваемости (ежегодный прирост 4-7%), причем в основном болеют женщины в расцвете творческих и физических сил, в возрасте 40-60 лет.

Актуальность проблемы профилактики и лечения осложнений и последствий комплексного лечения рака молочной железы обусловлена, с одной стороны, стабильным ростом популяционных показателей заболеваемости рака молочной железы в России, странах СНГ и за рубежом, с другой стороны успехами такого лечения и растущей численностью контингента больных, нуждающихся в реабилитации [1,5,15].

Несмотря на то, что основы комплексного лечения и профилактики мастэтомического синдрома разработаны, апробированы и общепризнаны, проблема далека от своего полного и окончательного решения [4].

Радикальные хирургические вмешательства, лучевая и лекарственная терапия, применяемые при лечении, нередко приводят к серьезным соматическим и психологическим нарушениям, которые трактуются как постмастэтомический синдром, при котором у 35-40% пролеченных женщин развивается лимфостаз верхней конечности. Постмастэтомический синдром сопровождается такими проявлениями, как отек мягких тканей на стороне операции, ограничение амплитуды активных и пассивных движений конечности в плечевом суставе, снижение мышечной силы, нарушение чувствительности, вегетативно-трофические расстройства верхней конечности, выраженный болевой синдром, нарушение психофизиологического статуса и т.д. Однако пациенты, являясь по сути дела излеченными от рака молочной железы, в большинстве своем по-прежнему не могут считаться здоровыми, поскольку функциональные нарушения верхней конечности не позволяют им порой осуществлять полноценное самообслуживание.

Восстановительное лечение больных после радикального лечения рака молочной железы представляет собой трудную задачу. В настоящее время предложено множество методов лечения этой тяжелой патологии. К ним относятся физические методы лечения (магнитотерапия, электромио-стимуляция, массаж, пневматическая компрессия, элевация верхней конечности, бинтование эластичными бинтами, фитотерапия, применение местных противовоспалительных, венотонирующих средств, антиагреганты, противотромботические средства, прием диуретиков и др. Однако корректных научных исследований этой проблемы с вычлениением роли каждого фактора и их возможного комплексного применения в медицинской реабилитации больных с постмастэтомическим синдромом проведено явно недостаточно. Также не ясен вопрос о возможности применения гипокситерапии у этой категории больных, хотя существенный биологический и лечебно-профилактический потенциал данной технологии не вызывает сомнений.

Изучение влияния горного климата на течение патологического процесса представляет интерес для исследователей различного профиля, поскольку в горах многие заболевания имеют определенные особенности развития. Важным являются сведения о том, что заболеваемость злокачественными опухолями снижается по мере увеличения высоты местности над уровнем моря [9].

Основным компонентом высокогорного климата является гипобарическая гипоксия. Имеются данные о тормозящем действии на опухолевый рост гипобарической гипоксии, искусственно создаваемой в барокамере.

Лучевая и химиотерапия злокачественных образований сопровождается угнетением кроветворения и снижением защитных реакций организма, что отрицательно сказывается на реализации противоопухолевого эффекта. Не исключена возможность оптимизации этих методов лечения путем адаптации к высотной ги-

поксии. Известно гемостимулирующее действие высотной гипоксии [10]. Накоплен клинический материал о повышении резистентности организма к разнообразным патологическим факторам при адаптации к гипоксии при использовании нормобарической интервальной гипоксической тренировки.

При обследовании больных раком молочной железы после радикального лечения в условиях низкогогорья выявило понижение тонуса симпато-адреналовой системы. Реабилитация в условиях высокогорной гипоксии оказывала положительное корригирующее воздействие на функциональное состояние симпато-адреналовой регуляции углеводного обмена, состояние сердечно-сосудистой системы и системы крови, улучшении регуляции углеводного обмена. Высокогорная гипоксия является фактором, способствующим восстановлению в периферической крови онкологических больных уровня лейкоцитов и тромбоцитов, сниженного вследствие побочного действия противоопухолевой лучевой и цитостатической терапии. У пациентов в горах увеличивается количество ретикулоцитов, эритроцитов, возрастает содержание гемоглобина [9].

Известно, что в злокачественных опухолях парциальное давление кислорода значительно ниже, чем в непораженной ткани или в доброкачественных новообразованиях [3,13]. Установлено также, что при снижении парциального давления кислорода стимулируется пролиферация клеток [8]. Большинство исследователей связывают гипоксию опухоли в первую очередь с состоянием оксигемоглобина в эритроцитах. Нарушается функция внешнего дыхания: у многих пациентов с онкологическими заболеваниями увеличивается минутный объем дыхания, в результате чего снижается коэффициент использования кислорода.

Основой в механизме действия газовых гипоксических смесей является усиление транспорта кислорода к тканям, а также тренировка ферментативных процессов биологического окисления и воспроизводство макроэргических соединений. Это ведет к активации всей группы антиоксидантных ферментов. Проведение гипокситерапии повышает адаптационный потенциал организма и эффективность лечения. Применение гипокситерапии у онкологических больных основано на нивелировке оксигенации нормальных и опухолевых тканей. Особенностью опухолей является наличие большой популяции клеток, длительно находящихся в состоянии гипоксии, которая позволяет клеткам функционировать при более низкой напряженности кислорода, чем требуется нормальным тканям. В связи с этим целью применение газовых гипоксических смесей является защитой нормальных тканей от воздействия ионизирующего излучения, что позволяет повысить подводимые дозы к опухоли на 25% даже при облучении большими полями.

Нарушение обмена кислорода в различных органах и тканях организма-опухоленосителя по мере злокачественного роста опухоли отмечено рядом авторов. Подобные нарушения проявляются ослаблением дыхания и усилением гликолиза, снижением процессов энергетического обмена, нарушением доставки кислорода и структурно-функциональными нарушениями гемоглобина, уменьшением артериовенозной разницы по кислороду и коэффициента использования кислорода тканям, уменьшением выделения CO<sub>2</sub> и т.д. [6,11,14]. Однако химиотерапия при достижении опухолевым процессом определенной стадии развития в любом случае проводится в режиме гипоксии той или иной степени выраженности.

Использовалась гипоксическая смесь с 9% кислородом у 467 онкологических больных в 2 вариантах: либо с целью профилактики, либо для купирования уже развившихся острых лучевых и токсических реакций при проведении химиолучевой терапии [12].

При профилактическом применении гипоксической смеси было отмечено, что острые лучевые реакции развивались позже и протекали значительно легче. Назначение гипоксической смеси

при развитии острых лучевых реакций способствовало снижению их тяжести. Это позволило проводить облучение непрерывными курсами без перерыва для стихания лучевых реакций и подводить максимальные суммарные дозы. Не было отмечено развитие поздних лучевых повреждений.

По данным А.И.Барканова, Г.В.Голдобенко использование ГГС-10 позволило в 2 раза уменьшить общее число лучевых реакций при раке молочной железы, в том числе в 3,5 раза – число выраженных лучевых реакций, увеличить на 25-50% предоперационные дозы, подняв их до уровня адекватных радиорезистентности облучаемой опухоли [2].

Для повышения функциональных резервов организма с 1952 г. по предложению Н.Н.Сиротинина используется адаптация к гипоксической гипоксии в горах. С конца 80-х годов стала использоваться для этой цели прерывистая нормобарическая гипоксическая терапия или, как ее точнее назвали в 1992 г., «нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка» (ИГТ) – термин, более точно передающий механизм ее действия.

Интервальная гипоксическая тренировка используется в качестве средства, повышающего аэробную производительность, максимальное потребление кислорода и работоспособность здоровых нетренированных лиц, а также в качестве лечебного средства при заболеваниях дыхательных путей и легких, близорукости, вегето-сосудистой дистонии, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, хронических гинекологических, эндокринных заболеваний, акушерской патологии и др. [7].

Различают краткосрочную и долгосрочную адаптацию к непрерывному либо прерывистому действию  $P_1O_2$ . И это имеет свою специфику. Если в адаптации к краткосрочной гипоксии основную роль играют физиологические механизмы, то адаптация к длительному действию низкого  $PO_2$  осуществляется механизмами, действующими на всех уровнях функционирования организма. Долгосрочная адаптация начинается с ускорения трансляции и транскрипции генов синтеза эритропоэтина, миоглобина, белков дыхательных ферментов митохондрий, синтеза строительных белков. Особую роль в адаптации к гипоксии играет повышение содержания гемоглобина в крови. В результате долгосрочной адаптации к пониженному  $p_1O_2$ , количество эритроцитов в циркулирующей крови увеличивается на 60% за счет их новообразования в костном мозге.

При снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе организм мобилизует механизмы, функция которых направлена на восполнение недостатка кислорода в воздухе. Усиливаются в первую очередь внешнее дыхание, кровообращение, дыхательная функция крови, т.е. функции физиологических систем, ответственных за скорость поэтапной доставки кислорода к тканям.

Как известно, скорость транспорта кислорода артериальной кровью к тканям зависит от степени насыщения крови кислородом в легких ( $SaO_2$ ), содержания гемоглобина (Hb) в крови и его способности связываться с кислородом в крови альвеолярных капилляров и отдавать кислород в тканях и от объемной скорости кровотока, определяющейся работой сердца, сосудистым сопротивлением, реологическими свойствами крови. Скорость поступления кислорода в клетки зависит от уровня кровоснабжения тканей, их капилляризации, состояния кровеносных сосудов, способности миоглобина присоединять и отдавать кислород, скорости диффузии, играющей особенно большую роль в процессе массопереноса кислорода не только из альвеол в кровь, но и из крови к клеткам и митохондриям.

Увеличение содержания гемоглобина в крови позволяет организму обеспечивать не меньшую, чем необходимо тканям, скорость доставки кислорода при более низкой частоте сердечных сокращений, так как скорость доставки кислорода артериальной кровью к тканям является произведением двух множителей: содержания кислорода в артериальной крови, зависящего от содержания в ней гемоглобина и насыщения его кислородом, от

скорости кровотока, в обеспечении которой частота сердечных сокращений играет ведущую роль.

Особенность кислородных режимов больных с постмастэктомическим синдромом заключается в том, что меньшая объемная скорость кровотока, более низкое содержание гемоглобина и кислорода в артериальной крови являются факторами, обеспечивающими меньшую скорость доставки кислорода артериальной кровью к тканям, что может быть причиной снижения потребления кислорода.

При использовании интервальной гипоксической тренировки должно улучшаться состояние всех звеньев функциональной системы дыхания больных: внешнего дыхания, кровообращения, механизмов, ответственных за тканевое дыхание.

Таким образом перспективность продолжения исследований в этом направлении несомненна, учитывая простоту лечебной процедуры и отсутствие каких-либо побочных эффектов.

#### Литература

1. Аксель, Е.М. Злокачественные новообразования молочной железы: состояние онкологической помощи, заболеваемость и смертность / Е.М. Аксель // Маммология. – 2006. – №1. – 9–13.
2. Интенсивная предоперационная гипоксиреадитерапия злокачественных опухолей высокими лучевыми дозами / А.И. Барканова [и др.] // Новое в онкологии. – №2. – 1997. – С.130–133
3. Булах, А.Д. Сравнительная характеристика напряжений  $O_2$  в доброкачественных и злокачественных опухолях. В: Канцерогенез / А.Д. Булах / Методы диагностики и лечения опухолей. – Киев: Наукова думка, 1971. – С. 18–20
4. Грушина Т.И. Физиотерапия у онкологических больных / Т.И. Грушина // М.: Медицина, 2001. – С. 15–67
5. Давыдов, М.И. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ / М.И. Давыдов, Е.М. Аксель. – М., 2005. – 268 с.
6. Кавецкий, Р.Е. Взаимоотношение организма и опухоли / Р.Е. Кавецкий // Киев: Наукова думка, 1977. – 235 с.
7. Колчинская, А.З. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте / А.З. Колчинская, Т.Н. Цыганова, Л.А. Остапенко. – М.: Медицина. – 2003. – 407 с.
8. Косевич, А.М. Диффузная модель согласованного поглощения кислорода и глюкозы клетками солидной опухоли / А.М. Косевич, И.Л. Кругликов // Вопр. Онкол. – 1983. – №29 (12). – С. 68–71
9. Кулиш, О.П. Особенности течения опухолевого процесса в условиях высокогорья и экспериментально-клиническое обоснование использования адаптации к высокой гипоксии в онкологии / Автореф. дис... докт. мед. наук / О.П. Кулиш. – М., 1989. – 33 с.
10. Миррахимов, М.М. О лечении больных тяжелыми формами малокровия и лейкозами в условиях высокогорного климата / М.М. Миррахимов // Географическая среда и здоровье населения. – 1970. – С.123–125.
11. Мосиенко, В.С. Экспериментально-клинические данные о напряжении кислорода в нормальных и опухолевых тканях / В.С. Мосиенко, А.Д. Буллах // Полярографическое определение кислорода в биологических объектах. – 1974. – С.191–200
12. Наш опыт применения гипоксиреадитерапии у онкологических больных при острых лучевых реакциях с использованием аппарат ГИП-10М / И.И. Тетерина [и др.] // Неотложная медицинская помощь. – 1998. – С. 88–89
13. Lartigan E, anarivelo K, Oxygen tension measurements in human tumors / Lartigan E, anarivelo K, Martin I. // Radiat oncol Invest. – 1994. – 1. – P. 285–91
14. Skeletal muscle metabolism in patient with malignant tumor / K. Lundholm [et al.] // Europ. J. Cancer. – Vol.12. – P. 465–473
15. Cancer Incidence in Five Continents / D. Parkin [et al.] // Vol. VIII IARC Sci. – Pub. Lyon. – 1997. – 143 p.