



Компенсаторные механизмы нервно-мышечного дисбаланса у спортсменов высокой квалификации

М.Н. Алфимов, Т.Ф. Абрамова, В.В. Арьков, Т.М. Никитина

*Всероссийский научно-исследовательский институт физической культуры и спорта,
Москва*

Контактная информация: Алфимов Михаил 8 (916) 654-87-35

Изучено влияние коррекции нервно-мышечного дисбаланса мышц ног с различной степенью функциональных нарушений нижних конечностей на динамику их силовых проявлений и мозаику тонической составляющей. Определено, что тонические реакции мышц нижней конечности определяются степенью функциональных нарушений, а также могут являться маркером в определении предтравматического состояния. Различные уровни компенсации опорно-двигательного аппарата имеют обратимый и рефлектормно — тонический характер формирования.

Ключевые слова: нервно-мышечный дисбаланс, гипотония, силовые проявления, динамометрия, спортсмены, болевой мышечный синдром, оперированный коленный сустав.

Оптимальная локомоция требует минимальных энергетических затрат, минимально необходимого произвольного контроля и других расходов со стороны организма, что особенно важно в условиях спорта высших достижений [2]. В тоже время в основе нарушения генетически обусловленной межмышечной координации лежит гиповозбудимость мышцы агониста, определяемая его функциональной слабостью, с последующим формированием гиперактивности других мышечных групп и укорочения компенсаторных мышц, что в совокупности и является факторами ограничения оптимальности динамической реализации [4]. Нервно-мышечный дисба-

ланс сопровождается перераспределением нагрузок в звеньях кинематической цепи с развитием биомеханической дезорганизации и возникновением компенсаторных процессов снижающих патологическую асимметрию не выгодную организму с точки зрения энергетики и биомеханики [9,12].

Статистические данные [3,11] показывают, что наиболее уязвимым элементом опорно-двигательного аппарата является коленный сустав, на долю которого в спорте приходится около 50% травм.

Защитное выключение нейрогенной стимуляции четырехглавой мышцы в результате вынужденного оперативно-го вмешательства приводит к наруше-

нию спектра афферентации от рецепторных структур и нервно-мышечному дисбалансу, что ограничивает функциональную реализацию коленного сустава [1, 6]. ЦНС, получая искажённый или недостаточный афферентный сигнал от выключенных мышц, заякорённых на травмированный сустав, вынуждена для поддержания определённого уровня динамической реализации увеличивать силу контралатеральной конечности за счёт повышения своей возбудимости [2, 5, 6].

Высокая напряженность тренировочного процесса и соревновательного календаря ставят перед опорно-двигательным аппаратом спортсмена задачи поддержания не просто высокого уровня функционального состояния, но и готовности к максимальной реализации. В связи с этим одной из важнейших задач профилактики и постоперационной реабилитации опорно-двигательного аппарата спортсменов является снижение вплоть до элиминации уровня компенсаций в системе нервно-мышечных взаимодействий.

Цель: исследовать формирование компенсаторных механизмов в формировании нервно-мышечного дисбаланса нижних конечностей у спортсменов с различной степенью нарушения функций нижней конечности.

Материалы и методы

В исследовании участвовало 38 спортсменов высокой квалификации (от кмс до мсмк), представители циклических (марафон, триатлон) и игровых (футбол, хоккей, теннис, волейбол) видов спорта, разделенных в соответствии со степенью функциональных нарушений нижних конечностей на 2 группы. Первую группу составили 17 спортсменов, пере-

несших артроскопическую операцию коленного сустава (ОКС) по удалению медиального мениска, находящихся на стадии физической реабилитации от 8 до 15 недель. Вторая группа представлена 21 спортсменом с рефлекторными болевыми тонусно-мышечными синдромами (БМС) в области нижних конечностей (голеностоп, колено, тазобедренный сустав) и поясничного отдела.

Программа исследования включала ряд мероприятий, как коррекционной, так и мониторинговой направленности. В качестве коррекционных мероприятий использовался метод миофасциальных цепей, применяемый в прикладной кинезиологии (техники: ишемическая компрессия триггерных пунктов, рольфинг, постизометрическая релаксация, реедукция двигательного паттерна), разработанный Л.Ф. Васильевой, О.В. Кузнецовым, А.Ю. Мочаловым (РУ № ФС 001/2005 от 24.02.2005 г.) и рекомендованных МЗ РФ к практическому использованию [7,10].

В качестве мониторинговых тестов функционального состояния мышц нижних конечностей использовались стабиографическое тестирование и электронная динамометрия, проводимые до и после нормализации тонической реакции мышц нижних конечностей.

Стабилометрия — метод исследования функций организма, связанных с поддержанием равновесия. Стабилометрическое тестирование проводилось на компьютерном стабиоанализаторе с биологической обратной связью «СтабилАн-01». Исследование проводилось с открытыми глазами (тест «стойка на одной ноге»). Регистрировались показатели: скорость перемещения общего центра давления (ОЦД), площадь статости-

незиограммы, среднее квадратическое отклонение (разброс колебаний) во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Электронная динамометрия четырехглавой мышцы бедра проводилась на динамометре «Biodex multi-joint system 3». Рассматривались: индикатор мышечной силы — пиковый вращающий момент (ПВМ) и пиковый вращающий момент относительно веса тела (ПВМ/ВТ).

Результаты и их обсуждение

Мышечное тестирование в группе ОКС показало высокое преобладание нормотонии мышц здоровой нижней конечности (рис. 1) наряду с высоким преобладанием гипотонии в большей части мышц оперированной конечности (рис. 2). Частота проявлений нормотоничности здоровой конечности высока для всех тестируемых мышц, варьирует от 72 до 97%, тогда как на оперированной конечности нормотоничное состояние характерно только для двух мышц — большая ягодичная (38%) и задняя большеберцовая мышца (8% случаев). Проявление гипотоничности мышц в большей мере характерно для оперированной конечности (в среднем — 65%), существенно реже проявляясь на здоровой (17%). Сочетанность гипотонии и фасциальных укор-

очений, как проявление механизма компенсации при поддержании стабильности сустава, проявляется на оперированной конечности для 6-ти из 8-ми протестированных мышц, как возможное следствие тотальной гипотоничности мышц этой конечности.

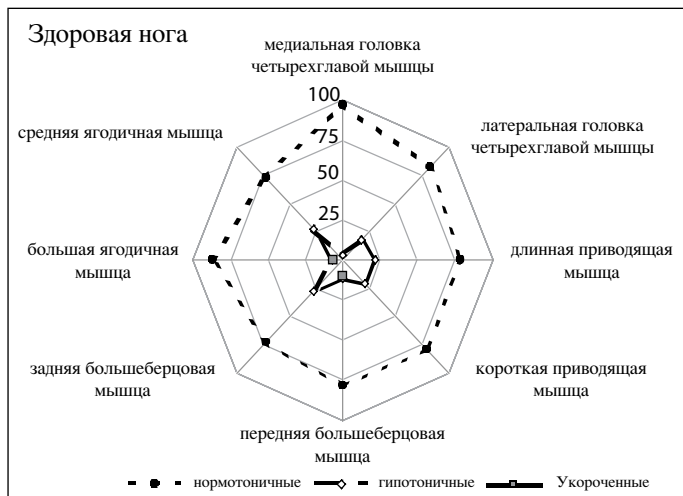


Рис. 1. Частота выявления нормотоничных, гипотоничных и укороченных мышц у спортсменов в группе ОКС для здоровой ноги (%).

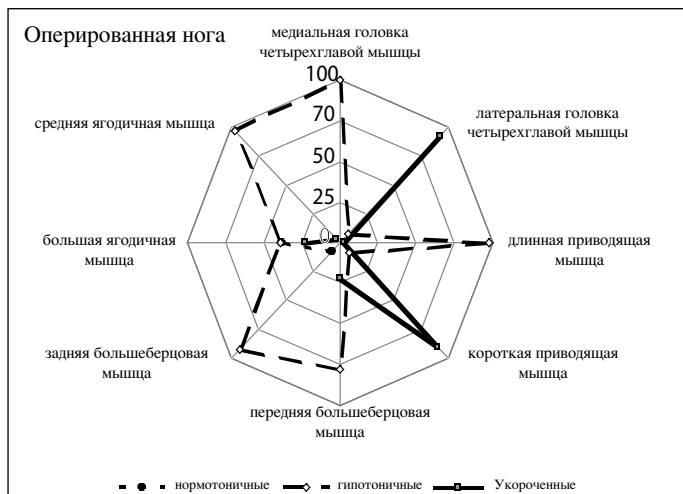


Рис. 2. Частота выявления нормотоничных, гипотоничных и укороченных мышц у спортсменов в группе ОКС для оперированной ноги (%).

У спортсменов группы БМС отмечается значительное преобладание мышц с наличием гипотонии (в среднем 56% на правой и 62% на левой конечности) (рис. 3, 4). Исключение из общего проявления гипотонии в этой группе на обеих конечностях составили лишь большая ягодичная (28 и 38%% случаев гипотонии — на правой и левой конечностях, соотв.) и средняя ягодичная (10 и 14%% случаев гипотонии — на правой и левой конечностях, соотв.). Фасциальные укорочения, в отличие от гипотонии, в группе с болевыми синдромами отмечаются для ограниченного количества мышц (4 из 8 мышц) и в малой частоте (2-19%).

Таким образом, нормотоничность убывает, а гипотоничность возрастает в последовательности — здоровая нога в группе оперированных спортсменов, обе ноги в группе спортсменов с болевым синдромом, оперированная конечность. Фасциальные укорочения, отражая нарушение, в группе ОКС максимально проявляются также на оперированной конечности при значительно более низкой частоте и более равном представительстве на здоровой ноге в группе ОКС и на обеих ногах в группе БМС.

Результаты проведения силового и стабилметрического тестирования показа-

ли, что различное состояние нижней конечности дифференцирует динамику силовых проявлений после нормализации тонической реакции мышц нижних конечностей в зависимости от выраженности нарушения.

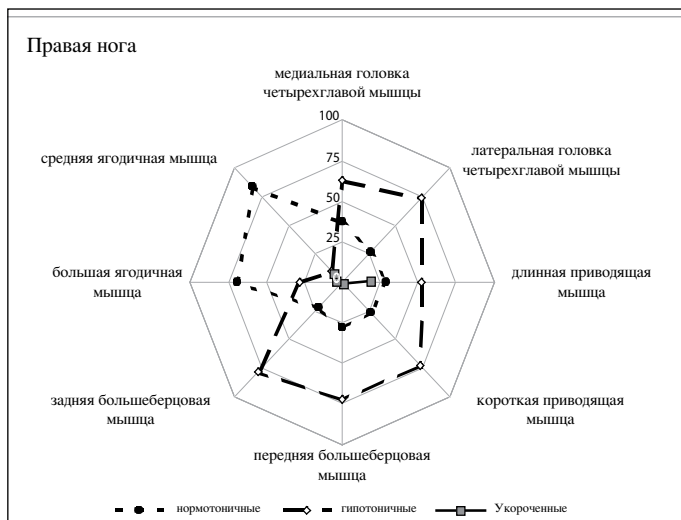


Рис. 3. Частота выявления нормотоничных, гипотоничных и укороченных мышц у спортсменов в группе БМС для правой ноги (%).

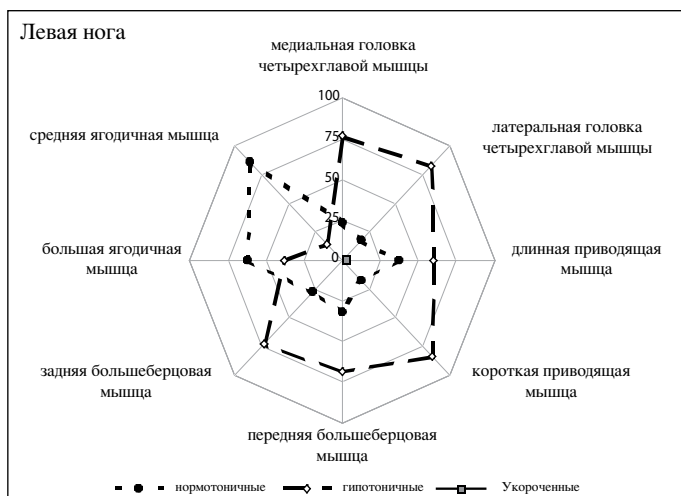


Рис. 4. Частота выявления нормотоничных, гипотоничных и укороченных мышц у спортсменов в группе БМС для левой ноги (%).

Так, в группе ОКС, сразу после нормализации тонических реакций, величина пикового вращающего момента мышц разгибателей голени оперированного сустава увеличилась по абсолютному показателю (ПВМ) на 11%, а по относительному (ПВМ/ВТ) на 18,8%, тогда как в случае контралатеральной конечности абсолютная и относительная величины пикового вращающего момента снижались порядка 9-ти % (рис. 5).

В группе БМС, ПВМ и ПВМ/ВТ увеличивались практически равным образом для обеих конечностей: на правой ноге абсолютные проявления силы разгибателей голени увеличивались на 5,6%, относительные — на 7,4%; на левой — на 6,1 и 9,3%, соотв..

В результатах стабилметрического тестирования в тесте «стойка на одной ноге» также была выявлена схожая с силовым тестированием дифференцированная динамика изменений основных показателей стабилметрии (рис. 5).

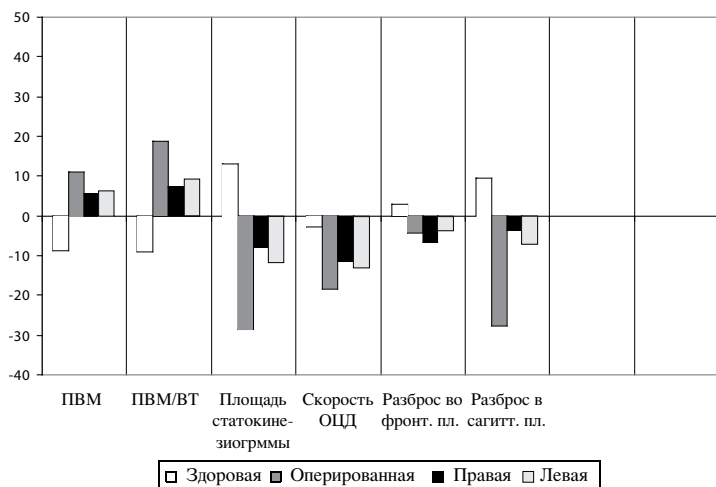


Рис. 5. Изменение показателей динамометрии и стабилметрии у спортсменов групп БМС (Л — левая и П — правая конечности) и ОКС (О — оперированная и З — здоровая конечности) после нормализации тонических реакций мышц нижних конечностей (%).

В частности, нормализация тонической реакции мышц нижней конечности привело в характеристиках механизмов поддержания ортоградного положения к однонаправленным изменениям в группе БМС и некоторым разнонаправленным — в группе ОКС. Характеристики площади статокинезиограммы в группе БМС снизились при стойке на обеих конечностях (11,6% — на левой, 7,8% — на правой). В группе ОКС эти же характеристики изменились разнонаправленно для разных конечностей: на оперированной конечности снизились на 28,6%, на здоровой конечности, напротив, выросли на 12,9%. Показатели скорости также снизились в обеих группах: в группе БМС на 12,9 и 11,5% при стойке на левой и правой конечности (соотв.); в группе ОКС наиболее значительное снижение скорости перемещения ОЦД произошло на оперированной конечности (18,5%) при значительно менее выраженном снижении на здоровой конеч-

ности (2,9%). Разброс колебаний ОЦД во фронтальной плоскости в группе БМС уменьшился на обеих конечностях на 3,8 и 6,8% (на левой и правой конечностях, соотв.), тогда как в группе ОКС произошли разнонаправленные изменения по конечностям: на оперированной конечности разброс во фронтальной плоскости снизился на 4,2%, а на здоровой вырос на 2,7%. В показателях разброса колебаний ОЦД в сагиттальной плоскости выявлена схо-

жая динамика изменений (снижение разброса в группе с болевыми синдромами на 6,9 и 3,7% на левой и правой соотв.), и разнонаправленная динамика в группе оперированных — снижение размаха колебаний на оперированной и увеличение на здоровой конечности (на 27,7 и на 9,4% соотв.).

Специфика изменений показателей позволяет предположить, что различия динамики силовых проявлений и стабилметрических показателей в группах после коррекции маркируют их уровень компенсации. В группе БМС, однонаправленное изменение силовых и стабилметрических показателей указывает на механизм компенсации уровня ипсилатеральной конечности, что характеризуется включением в механизм компенсации всех суставов и мышц конечности (изменением биомеханики самой конечности) [2].

Разнонаправленный рисунок силовых и стабилметрических показателей в группе ОКС определяет наличие уровня компенсации межконечностного взаимодействия, характеризующегося невозможностью компенсировать нарушения с использованием конечности стороны поражения и вовлечением здоровой контралатеральной конечности. Это нормальный механизм компенсации, позволяющий разгрузить поражённую конечность за счёт повышения нагрузки на контралатеральную конечность. В таких случаях контралатеральная конечность выполняет функцию опоры, а повреждённая — функцию переноса. В тяжёлых случаях патологическая асимметрия достигает порядка 20% и выше [2]. При коррекции восстанавливается нормотоничность мышц поражённой конечности и снижается вынужденно излишняя возбудимость здоровой конечности.

Результаты динамометрического и стабилметрического исследования сочетаются с результатами мышечного тестирования. Так в группе БМС правая и левая конечность, имеющие сходную встречаемость гипотоничных мышц, проявили так же однонаправленную динамику силовых показателей после коррекции. В группе ОКС оперированная конечность с преобладанием тотальной гипотоничности и большим количеством укороченных мышц проявляет значительно меньшие силовые показатели и сниженные показатели механизмов поддержания ортоградного положения тела относительно здоровой конечности до коррекции.

Выводы

1. Рисунок тонической функциональности мышц нижних конечностей определяется гипотонией мышц, дифференцированно формирующей различную степень компенсации. Здоровая конечность по состоянию тонической функциональности контрастирует с контралатеральной оперированной конечностью так, что оперированная отличается ансамблем мышц с предельной гипотонией и компенсаторным укорочением с уровнем компенсации межконечностного взаимодействия. В случае болевого мышечного синдрома тоническая функциональность на обеих конечностях проявляется умеренно-критическим количеством мышц с наличием функциональной слабости, уровень компенсации ипсилатеральный.

2. Восстановление нормотоничности мышц на оперированной конечности обеспечивает рефлекторное снижение излишней возбудимости и вовлечённости в движение противоположной — здоровой ко-

нечности, понижая уровень вынужденной компенсации межконечностного взаимодействия с результирующей оптимизацией силовых и ортоградных характеристик.

3. Рефлекторные болевые тонусно-мышечные синдромы в области суставов и мышц нижних конечностей также свидетельствуют о наличии нервно-мышечного дисбаланса и механизмов компенсации, устранение которых повышает способности максимальных силовых проявлений и улучшает позную устойчивость.

4. Различные уровни компенсации ОДА, определяемые степенью вовлечения звеньев биомеханической цепи, имеют обратимый (функциональный), рефлекторно-тонический характер формирования.

5. Тонические реакции мышц нижней конечности определяются степенью функциональных нарушений, а также могут являться маркером в определении предтравматического состояния.

Список литература

1. **Арьков В.В.** Стабило- и тензометрия при травме нижних конечностей спортсмена / В.В. Арьков, Л.А. Калинин, О.Н. Миленин, А.Г. Тоневицкий. — Вестник спортивной науки. — 2007. — № 1. — с. 30-34.
2. **Батышева Т.Т., Скворцов Д.В., Труханов А.И.** Современные технологии диагностики и реабилитации в неврологии и ортопедии. — М.: Медика. — 2005. — с. 256.
3. **Башкиров В.Ф.** Комплексная реабилитация спортсменов после травм опорно-двигательного аппарата / В.Ф. Башкиров. — М.: «Физкультура и спорт». — 1984. — с. 240.
4. **Васильева Л.Ф.** Нейрогенные механизмы и патогенетическая терапия атипичных моторных паттернов при болевых мышечных синдромах. Дисс. д-ра мед.наук, М. — 1998.
5. **Васильева Л.Ф.** Мануальная диагностика и терапия. Клиническая биомеханика и патофизиология. Руководство для врачей / Л.Ф. Васильева. — СПб.: «Фолиант». — 2000. — с. 400.
6. **Васильева Л. Ф.** Гипотония мышц, мышечный дисбаланс и боль / Л.Ф. Васильева. — Прикладная кинезиология. — 2004. — № 2. — с. 9-13.
7. **Васильева Л.Ф.** Мышечно — фасциальные цепи. Клиника. Диагностика. Лечение. / Л.Ф. Васильева, Кузнецов О.В., Мочалов А.Ю. — М.: Медика. — 2009. — с. 59.
8. **Ветрилэ В.С.** Стабилометрия как метод оценки проприоцепции при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава / В.С. Ветрилэ, Косов И.С., Орлецкий А.К. // Вестн. Травм. Ортопед. — 2002. — № 2. — с. 38-41.
9. **Донской Д.Д.** Биомеханика физических упражнений. Д.Д. Донской. — М.: Физкультура и спорт. — 1958.
10. Методические рекомендации МЗ РФ «Мануальная терапия. Диагностика и коррекция патофизиологических изменений, возникающих при спондилогенных заболеваниях — Медицинская технология». — М. — 2005. РУ № ФС 001/2005/ от 24.02.2005 г.
11. **Черный В.** Спорт без травм / В. Черный. — М.: «Физкультура и спорт». — 1988. — с. 85.
12. **Baeyer H.** Die Wirkung der Muskeln auf die menschlichen Gliederketten in Theorie und Praxis. H. Baeyer Z. Orthor. Chir. — 1924.

Characteristics of compensatory mechanisms changes under the condition myoneural imbalance of the professional sportsmen's lower extremities muscles

M.N. Alfimov, T.F. Abramova, V.V. Arkov, T.M. Nikitina

This article focuses on the research of the influence on the dynamic of the power symptom and the picture of tone component by the method of myoneural imbalance of leg muscles with a different level of pathology lower extremities. Several things have been determined in the research: muscle tone function of lower extremities is determined by a pathology rate and also it might be a marker in the initial stage of .Recovery of normal tone rate with a high pathology level leaves to extremity hyper excitability reflex reduction of the extremity that hasn't been operated. The result of this process is the reduction of compensation rate. Slight pain muscular and joint syndrome of lower extremities indicates its tone-power misbalance. Also it shows availability of compensatory mechanism and a lack of developing maximal muscular power opportunity. The different support-motor apparatus compensation levels have reflex, reflex-tone formation character.

Key words: myoneural imbalance, hypotension, power symptom, dynamometry, sportsmen, pain muscular syndrome, operated knee joint.

Использование современных аппаратно-программных комплексов для изучения особенностей адаптации организма к физическим нагрузкам

С.Д. Руненко¹, Е.Е. Ачкасов^{1,2}, Н. Самамикоджеди¹, Н.Н. Каркищенко², Е.А.Таламбум¹, О.А. Султанова¹, Т.В. Красавина¹, Е.Н. Кекк¹

¹ — Первый московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова, Москва

² — Научный центр биомедицинских технологий РАМН, Московская область

Контактная информация: Светлана Давидовна Руненко svetfit@mail.ru

В статье представлены возможности современных аппаратно-программных комплексов для изучения особенностей адаптации к физическим нагрузкам. В 2007-2010 гг. обследованы 160 человек в возрасте от 17 до 25 лет, из них 115 студентов ММА им. И.М.Сеченова и 45 человек, занимающихся в московском фитнес клубе. В результате обследования с помощью АПК «Истоки здоровья» было выявлено снижение общих резервов здоровья студентов-медиков по сравнению со сверстниками, занимающимися в фитнес клубе. Помимо этого определены следующие особенности адаптации к физическим нагрузкам: у студентов 1-го курса снижение общих резервов здоровья определялось за счет низкого гомеостатического компонента, у студентов 6-го курса превалировало снижение соматической составляющей общих резервов здоровья.

Ключевые слова: физическая нагрузка, функциональное состояние, адаптационные резервы, физическая работоспособность, максимальное потребление кислорода, оздоровительно-тренировочная программа.

Традиционные диагностические технологии клинической медицины позволяют определить состояние здоровья с точки зрения наличия или отсутствия патологических изменений, а технологии спортивной и восстановительной меди-

цины — с точки зрения оценки резервов адаптации [4, 9].

В качестве наиболее оптимальной методологии охраны здоровья здоровых, в соответствии со стратегией ВОЗ, рассматриваются мониторинг функциональных резервов, донозологическая диагностика на ранних стадиях развития адаптационного синдрома и своевременная коррекция функционального состояния [4, 9].

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам оценки функциональных резервов организма как показателя уровня здоровья, играющего центральную роль и в процессах приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды, и при восстановлении после перенесенных заболеваний [4]. Очевидно, что проблема оценки функциональных резервов должна базироваться на фундаментальных положениях теории адаптации, поскольку речь идет о механизмах приспособительной деятельности организма, о перенастройке систем управления физиологическими функциями, о процессах активации и мобилизации различных звеньев регуляции.

Многие годы одним из направлений научно-исследовательской работы кафедры лечебной физкультуры (ЛФК) и спортивной медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова является разработка методов управления адаптационным процессом с целью повышения резистентности организма, главным аспектом которого является использование оптимальных физических нагрузок [11]. Существующая до настоящего времени система физического воспитания в ВУЗах недостаточно эффективна из-за отсутствия дифференцированного подхода к выбору объема и интенсивности оздоровительно-тренировочных нагрузок. В таких условиях общей тенденцией при стандартном врачебном обследо-

вании с целью распределения студентов на медицинские группы (по форме 061-у) является снижение физической нагрузки у лиц с отклонениями в состоянии здоровья, что в свою очередь ведет к еще большему снижению их физической работоспособности [3, 6]. Широко применяющиеся в практике врачебного контроля за занимающимися оздоровительной физической культурой функциональные пробы (20 приседаний, PWC_{-170} и др.) не дают достаточной информации об имеющихся адаптационных резервах организма [1, 5, 9].

Одним из наиболее важных направлений реализации национального проекта «Здоровье нации» и отраслевой программы «Охрана и укрепление здоровья здоровых на 2003-2010 гг.» (Приказ МЗ РФ №114 от 21.03.03) [7, 8, 10] является создание и совершенствование методик донозологической диагностики, неинвазивных, в том числе экспресс-методов исследования функционального состояния организма для практики массовых скрининг-обследований.

В настоящее время известен целый ряд компьютеризованных комплексов, позволяющих осуществлять экспресс-диагностику состояния систем адаптации организма человека с одновременной количественной оценкой интегрального показателя здоровья [2, 11, 12].

Цель. Исследование функционального состояния и особенностей адаптации к физическим нагрузкам с помощью современных методик экспресс-диагностики, разработанных для массовых скрининг-обследований.

Материалы и методы

Для решения поставленных в работе задач в 2007-2010 гг. были обследованы 160 человек в возрасте от 17 до 25 лет