

986

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

**ТЮЛЕНЬКОВ Сергей Юрьевич**

**КРОВООБРАЩЕНИЕ В КОНЕЧНОСТЯХ  
И СОСТОЯНИЕ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОГО  
РАВНОВЕСИЯ КРОВИ У ФУТБОЛИСТОВ  
РАЗНОГО ВОЗРАСТА**

03.00.13 Физиология человека и животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

ТАРТУ 1981

82

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте физической культуры

Научный руководитель - доктор медицинских наук, профессор  
МОТЫЛЯНСКАЯ Р.Б.

Официальные оппоненты - доктор биологических наук  
ОЗОЛИНЬ П.П.  
кандидат медицинских наук, доцент  
ПЯРНАТ Я.П.

Ведущая организация - Государственный дважды орденоносный институт физической культуры имени П.Ф.Лесгафта

8706

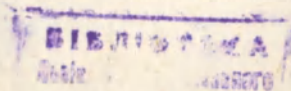
Защита состоится "24" 04 1981 г. в "14" час  
на заседании специализированного совета К.069.02.07 Тартуского государственного университета /Эстонская ССР, 202400, г.Тарту, ул.Юликооли, 18/.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Тартуского государственного университета.

Автореферат разослан "26" 03 1981 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета К 069.02.07  
доктор медицинских наук, профессор

*М.Ахеминг*  
Тякелыльд Л.Я.



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из важных вопросов, решаемых физиологией спорта, является изучение механизмов поддержания постоянства внутренней среды организма, интегральным отражением которого может быть состояние кислотно-щелочного равновесия крови.

Любое отклонение метаболизма тканей от оптимального для их функционирования состояния всегда связано с включением в действие ряда компенсаторных факторов различных функциональных систем организма, направленных на сохранение гомеостаза.

Накопление кислых продуктов обмена веществ в процессе напряженной физической работы обусловлено, прежде всего, несоответствием между кислородным запросом организма и его потреблением, что приводит к сдвигу рН крови. По мнению одних исследователей, спортсмены способны выполнять больший объем работы с меньшими нарушениями концентрации водородных ионов, чем лица, спортом не занимающиеся. Другие авторы считают, что чем больше сдвиг рН крови при выполнении предельных нагрузок, тем выше уровень выносливости и тренированности спортсменов.

Таким образом, до сих пор не вполне понятно, что в большей степени характерно для лиц с высокой работоспособностью, возможность ли длительно противостоять нарушениям рН крови путем вовлечения различных компенсаторных механизмов, направленных на поддержание гомеостаза, или функционировать на фоне существенных нарушений буферной системы крови.

В сохранении постоянства кислотно-щелочного равновесия крови важная роль отводится кардио-респираторной системе организма, в том числе соответствию кровообращения метаболическим потребностям организма.



Если в спортивно-физиологических исследованиях до последнего времени большее внимание уделялось изучению центральной гемодинамики, то исследования влияния систематической тренировки на кровоснабжение конечностей человека начаты сравнительно недавно /Black J., 1959; Livingstone R., 1961; Remensnyder J. et al., 1962/.

Несмотря на накопленный в последние годы фактический материал об особенностях реакции резистивных сосудов скелетных мышц на физические нагрузки у спортсменов, полученные данные можно рассматривать лишь как первые попытки подхода к этой интересной и важной проблеме. Так, мало или совсем не изучен кровоток в скелетных мышцах в зависимости от типа, вида и мощности физической работы, а также у спортсменов с диаметрально противоположным характером основной двигательной деятельности.

Отметим, что в физиологии практическое решение большинства вопросов периферической гемодинамики реализуется на небольших мышечных группах в условиях острого эксперимента на животных. Ценность такого рода исследований бесспорна, в то же время в литературе неоднократно подчеркивалась важность изучения механизмов регуляции сосудистого тонуса скелетных мышц в условиях целостного организма, когда местная сосудистая регуляция является неотъемлемым звеном системных механизмов управления кровообращением.

До настоящего времени отсутствуют исследования на спортсменах в которых адаптивные реакции периферического кровообращения к интенсивной мышечной деятельности изучались бы одновременно с направленностью метаболических процессов в тканях.

В этом плане определенный интерес для физиологии органного кровообращения может иметь вопрос о приспособлении кровообращения активных скелетных мышц к уровню состояния кислотно-щелочного равновесия крови.

Как известно, физические нагрузки по интенсивности близкие к максимальным сопровождаются глубокими нарушениями гомеостаза, а именно такие условия являются характерными для спортивной деятельности. Поэтому совместное изучение мышечного кровотока и состояния кислотно-щелочного равновесия крови может способствовать более глубокому пониманию механизмов сохранения постоянства внутренней среды, а следовательно, и физиологических механизмов, обеспечивающих работоспособность спортсменов.

Подобное исследование может представлять интерес не только для физиологии спорта, но и для физиологии человека и животных, так как "нормальная физиология - это физиология деятельного организма, а не организма в условиях покоя. Поэтому при любом подходе к физиологии кровообращения особенно важно изучение функционирования циркуляторного аппарата в условиях мышечной деятельности" /Конради Г.П., 1978/.

Рабочая гипотеза. Поскольку состояние кислотно-щелочного равновесия крови является одним из объективных критериев тяжести, интенсивности и адекватности физических нагрузок функциональной подготовленности спортсменов /Капланский С.Я., 1940; Воркель Р.М., 1974; Воробьев Г.Ф., 1979 и др./ и может быть использовано в качестве интегрального показателя условий энергообеспечения мышечной деятельности, мы предполагали, что учет сдвигов кислотно-щелочного равновесия крови при изучении приспособительных реакций кровообращения в конечностях спортсменов к физическим нагрузкам позволит объективно оценить изменения параметров послерабочей гиперемии сосудов скелетных мышц и установить их связь с уровнем тренированности, работоспособности, особенностями двигательной деятельности спортсменов, а также с направленностью метаболических процессов.



Цель и задачи исследования. Все вышесказанное явилось предпосылкой для совместного исследования адаптивных реакций кровообращения в скелетных мышцах и состояния кислотно-щелочного равновесия крови у футболистов в ответ на различные модели физических нагрузок.

Были поставлены следующие задачи:

1. Установить наличие или отсутствие взаимосвязи между состоянием кислотно-щелочного равновесия крови и мышечным кровотоком при выполнении физических нагрузок различной мощности.

2. Изучить адаптивные реакции кровообращения в конечностях и показателей кислотно-щелочного равновесия крови у спортсменов в зависимости от их возраста, тренированности, работоспособности, специфики основной двигательной деятельности.

3. Исследовать влияние характера физических нагрузок на изменения показателей кислотно-щелочного равновесия крови и мышечного кровотока.

Научная новизна работы. Впервые в условиях целостного организма изучалась взаимосвязь послерабочих изменений мышечного кровотока и состояния кислотно-щелочного равновесия крови при выполнении физических нагрузок разного характера, мощности и продолжительности.

Установлено: а/ выполнение физической нагрузки умеренной мощности сопровождается увеличением кровотока в мышцах голени на фоне неизменного состояния кислотно-щелочного равновесия крови по сравнению с исходным уровнем; б/ при велоэргометрических нагрузках ступенчатовозрастающей мощности, выполняемых до индивидуального максимума, найдена зависимость между глубиной сдвигов активной реакции крови и величиной добавочного кровотока в наиболее загруженных при педалировании мышцах голени; в/ при одинаковой степени нарушения показателей кислотно-щелочного равновесия крови характер

физической нагрузки /скоростной, силовой/, а следовательно и режим функционирования работающих мышц, определяет объем послерабочих изменений кровотока в мышцах конечностей.

На основании полученных данных выдвинуто предположение, что в формировании и развитии рабочей гиперемии при мышечной деятельности важную роль играют как химическая реакция внутренней среды /метаболическая гипотеза/, так и механическая деформация периферических сосудов под воздействием мышечных сокращений /гистомеханическая гипотеза/. При этом в осуществлении рабочей гиперемии то большую, то меньшую роль играет тот или другой механизм вазодилатации периферических сосудов в зависимости от характера и интенсивности мышечной деятельности во время физической нагрузки.

Практическая значимость исследования. Результаты комплексного исследования адаптивных реакций кислотно-щелочного равновесия крови и кровотока в мышцах при выполнении предельных велоэргометрических нагрузок у спортсменов разных специализаций, возраста, тренированности и работоспособности позволили разработать критерии оценки эффективности кровоснабжения функционирующей мускулатуры и соответствия мышечного кровотока метаболическим потребностям тканей организма.

Внедрение оценки состояния кислотно-щелочного равновесия крови и кровообращения в мышцах в углубленные медико-биологические обследования высококвалифицированных футболистов позволило более точно диагностировать индивидуальные особенности приспособления сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма к интенсивной мышечной деятельности.

Данные о специфичности реакций кислотно-щелочного равновесия крови и кровообращения в мышцах у представителей разных видов спорта в ответ на неспецифическую мышечную работу /педалирование на



велозгометра/ свидетельствуют о возможности определять уровень специальной работоспособности спортсменов в лабораторных условиях.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 158 страницах машинописного текста, включает 17 рисунков и 19 таблиц и состоит из введения, обзора литературы, описания результатов собственных исследований, их обсуждения, выводов и указателя литературы, содержащего 142 источника на русском и 160 источников на иностранных языках.

#### МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 227 экспериментах приняли участие 80 футболистов 13-18 лет, 15 футболистов высшей квалификации, а также 30 борцов и легкоатлетов 16-18 лет - членов юношеских сборных команд г.Москвы.

В качестве тестирующих процедур применяли велозгометрические нагрузки умеренной и субмаксимальной мощности и работу ступенчато-возрастающей мощности, выполняемую до индивидуального максимума, на велозгометре и тредбане.

Нами применялись следующие модели физических нагрузок:

1. стандартная работа умеренной мощности /6 кгм/мин/кг веса тела/, время работы 5 мин при 60 оборотах/мин;
2. стандартная работа субмаксимальной мощности /14 кгм/мин/кг/, время работы 5 мин при 60 оборотах/мин;
3. предельная работа ступенчатоповышающейся мощности при стандартном числе оборотов /60 оборотов/мин/: мощность работы на первой ступени составляла 720 кгм/мин, каждые 3 мин она увеличивалась на 180 кгм/мин до индивидуальной способности спортсмена переносить нагрузку /модель силового характера/;
4. предельная работа ступенчатоповышающейся мощности при



стандартном сопротивлении на колесо: мощность работы на первой ступени составляла 720 кгм/мин, каждые 3 мин она увеличивалась на 180 кгм/мин за счет повышения числа оборотов на 15 об/мин, нагрузка проводилась до "отказа" спортсменов от работы /модель скоростного характера/.

До нагрузки и в течение 15 минут восстановления у всех испытуемых регистрировали объемную скорость кровотока в мышцах предплечья и голени методом венозной окклюзионной плетизмографии. В качестве регистрирующего устройства использовали двухканальный окклюзионный плетизмограф типа "Флювоскрипт" производства ГДР.

Объемная скорость кровотока  $Q$  /  $Q_{исх}$  / рассчитывалась по величине прироста исходного кровотока  $Q_{исх}$  /  $Q_{исх}$  / . Для анализа послерабочей гиперемии рассчитывался добавочный кровоток  $Q_{доб}$  /  $Q_{доб}$  / - показатель суммарного количества крови, притекающей к изучаемому сегменту конечности за 15 мин восстановления, с учетом исходной величины кровотока за тот же период времени. Планиметрически определяли  $Q_{доб}$  в предплечье,  $Q_{доб}$  в голени и их сумму  $\Sigma Q_{доб}$  /  $\Sigma Q_{доб}$  / . По значению отношения  $Q_{доб}$  к единице выполненной работы судили об экономичности обеспечения мышц кровью /Невмянов А.М., 1972; Озолин П.П., 1976/. Интенсивность восстановления кровотока определяли по тангенсу угла наклона прямой, равному коэффициенту регрессии, выведенной по методу наименьших квадратов и отражающей зависимость между величинами кровотока и временем их регистрации /Алешков И.А., Невмянов А.М., 1978/. За максимальную /пиковую/ величину кровотока  $Q_{пик}$  /  $Q_{пик}$  / принимали точку пересечения построенной линии регрессии с осью ординат. На основании величин пикового кровотока и постоянной его восстановления определяли время, необходимое для достижения исходного кровотока, т.е. продолжительность послерабочей гиперемии /  $t_{прг}$  / .

Показатели кислотно-щелочного равновесия крови /рН, рСО<sub>2</sub>, ВЕ,  $\zeta$ V и ВВ/ определяли до работы и на 3 и 18 мин восстановления методом Аструпа, Зиггаарда-Андерсена на аппарате "AVL Gas Check".

Частоту сердечных сокращений /ЧСС/ определяли по электрокардиограмма, регистрируемой в двухполюсном отведении по Небу. Артериальное давление измеряли методом Короткова.

Эксперименты проводились в лабораторных условиях при температуре окружающей среды 18-22°C и влажности 70-80%.

Полученные материалы подвергались обработке с использованием методов математической статистики.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения кровотока в конечностях и кислотно-щелочного равновесия крови у юных футболистов в ответ на стандартные велоэргометрические нагрузки постоянной мощности.

В исследовании приняли участие футболисты 13-14 лет /I группа/, 15-16 лет /II группа/ и 17-18 лет /III группа/.

Показатели кислотно-щелочного равновесия крови /КЩР/ в состоянии покоя у спортсменов II группы находились в пределах общепринятых величин /в соответствии с нормативами по Мейтхой Р.А., 1966/; в I и III группах наблюдался компенсированный метаболический ацидоз.

Интенсивность кровоснабжения покоящихся мышц у футболистов двух младших групп мало отличалась друг от друга / 3,6-4,6 мл/мин на 100 мл ткани в предплечье и 3,2-3,9 мл/мин/100 мл ткани в голени/, в старшей возрастной группе показатели кровотока покоя были ниже и соответствовали уровню характерному для взрослых футболистов /3,2-3,7 мл/мин/100 мл в предплечье и 2,6-2,8 мл/мин на



100 мл ткани в голени/.

Стандартная велоэргометрическая нагрузка умеренной мощности /6 кгм/мин/кг веса тела/ не сопровождалась статистически достоверными сдвигами показателей КЩР по сравнению с дорабочим уровнем.

При относительно неизменной интенсивности протекания окислительно-восстановительных процессов в тканях прирост кровотока в мышцах голени не отличался статистической значимостью у спортсменов разного возраста /в среднем 60-90%/. В мышцах предплечья рост объемной скорости кровотока отмечен лишь у 13-14 -летних футболистов /на 121%/, что свидетельствует о недостаточно эффективном функционировании механизмов перераспределения крови между менее и более нагруженными во время педалирования мышечными группами у спортсменов препубертатного возраста.

Стандартная нагрузка субмаксимальной мощности /14 кгм/мин/кг/ сопровождалась развитием субкомпенсированного метаболического ацидоза /рН после работы составлял  $7,29 \pm 0,077$ ,  $7,34 \pm 0,013$  и  $7,30 \pm 0,027$  в I, II и III группах, соответственно/ и повышением интенсивности кровоснабжения как предплечья /121-163%/, так и голени /118-174%/. При этом, если зарегистрированные изменения показателей КЩР существенно не различались у футболистов разного возраста / $p > 0,05$ /, то объем послерабочей гиперемии в конечностях с возрастом уменьшался, также как и её продолжительность.

Если исходить из несущественных возрастных различий показателей КЩР крови на предложенную нагрузку, то можно предположить, что экономизация кровоснабжения конечностей в ответ на стандартную работу обусловлена особенностями функционирования нервно-мышечного аппарата. Обнаружено, что с возрастом снижается биоэлектрическая активность мышц, уменьшается количество включенных двигательных единиц во время выполнения двигательного акта /Букреева

Д.Г. с соавт., 1971; Шабунян Р.А., 1971/. С позиций гистомеханической гипотезы рабочей гиперемии /Хартин В.М., 1970/ такие условия работы моторного аппарата способствуют снижению кровоснабжения мышц после сокращений.

Несмотря на важность изучения реакций организма спортсменов на стандартные нагрузки, лишь в условиях работы "до отказа" возможно выявление максимальных сдвигов активной реакции крови и регионарного кровотока, характеризующих функциональные возможности систем энергообеспечения мышечной деятельности.

Реакция периферической системы кровообращения и метаболизма тканей у футболистов разного возраста на предельную велоэргометрическую нагрузку ступенчатоповышающейся мощности.

В исследовании приняли участие спортсмены тех же возрастных групп, которые рассматривались ранее.

До работы показатели КЩР крови характеризовали собой наличие метаболического ацидоза. При этом чем менее благоприятным было исходное состояние крови, тем выраженнее были послерабочие изменения рН и ВЕ /таблица I/.

Предложенная модель физической нагрузки вызвала околопредельную мобилизацию функционирования кардиореспираторной системы, на что, кроме рассмотренных сдвигов параметров КЩР, в частности, указывает значительное учащение пульса на последних минутах нагрузки. Пределы колебаний ЧСС составили в I группе 200-220 уд/мин, во II группе - 186-214 уд/мин, в III группе - 186-207 уд/мин.

По большинству характеристик периферического кровообращения статистически значимые различия имелись между первой и второй группами /таблица I/. Если пиковый и добавочный кровотоки в предплечье были выше во второй группе, то послерабочая гиперемия в го-



Т а б л и ц а I.

Показатели кислотно-щелочного равновесия крови и послерабочей гиперемии у вьих спортсменов до и после предельной велозргометрической нагрузки /M+m/.

| Изучаемне<br>показатели                     |           | Возраст в годах |            |             |
|---|-----------|-----------------|------------|-------------|
|   |           | 13-14           | 15-16      | 17-18       |
|   |           | Исходные        |            | данные      |
| $Q$ в предплечье                            | мл/мин    | 4,3+0,4         | 4,5+0,2    | 3,7+0,3     |
| $Q$ в голени                                | на 100 мл | 3,7+0,3         | 3,6+0,2    | 2,3+0,3     |
| pH  |           | 7,25+0,017      | 7,35+0,013 | 7,25+0,012  |
| pCO <sub>2</sub>                            | мм.рт.ст. | 47,2+1,85       | 37,2+1,08  | 45,4+2,50   |
| BE  | мэкв/л    | -5,8+0,85       | -5,0+0,63  | -8,2+0,70   |
| SB  | мэкв/л    | 19,8+3,01       | 20,7+0,81  | 19,4+0,80   |
| Объем выполненной работы в кгм/кг веса тела |           | 120,7+6,9       | 218,0+10,5 | 237,0+11,8  |
|   |           | После нагрузки  |            |             |
| $Q_{\text{пик.}}$ в предплечье              | мл/мин    | 11,9+0,8        | 15,2+1,02  | 13,3+1,04   |
| $Q_{\text{пик.}}$ в голени                  | на 100 мл | 13,0+1,0        | 10,4+1,0   | 11,8+1,4    |
| $Q_{\text{доб.}}$ в предплечье              | мл на     | 98,5+13,5       | 133,6+7,7  | 123,3+9,9   |
| $Q_{\text{доб.}}$ в голени                  | 100 мл    | 117,0+11,4      | 76,8+6,6   | 93,0+4,7    |
| $\Sigma Q_{\text{доб.}}$                    | мл/100 мл | 215,0+25,3      | 213,4+15,6 | 212,3+7,8   |
| $Q_{\text{доб.}}$ в голени на ед. работы    |           | 0,969+0,09      | 0,362+0,05 | 0,378+0,044 |
| pH  |           | 7,08+0,024      | 7,20+0,015 | 7,09+0,018  |
| pCO <sub>2</sub>                            | мм.рт.ст. | 43,9+2,46       | 30,4+1,11  | 33,8+2,66   |
| BE  | мэкв/л    | -16,9+1,36      | -15,2+0,53 | -19,0+1,02  |
| SB  | мэкв/л    | 12,2+0,65       | 12,3+0,52  | 10,2+0,93   |

дани была выше в первой группе.

Найденные особенности перераспределения крови между верхними и нижними конечностями в определенной степени могли быть обусловлены объемом выполненной работы: спортсмены I группы выполнили 6068 кгм, II группы - 14140 кгм, III группы - 16200 кгм.

Анализ полученных данных показал, что величина добавочного кровотока в голени как в разных, так и в однородных по возрасту группах больше у спортсменов с более выраженными нарушениями концентрации водородных ионов, однако значимых корреляций между доб. в голени и послерабочими сдвигами параметров КЩР установить не удалось.

По мнению В.М.Хартина и Л.В.Манвеляна /1967,1971,1973/, продолжительность послерабочей гиперемии и величина добавочного кровотока определяются числом включенных в работу двигательных единиц и частотой импульсов от мотонейронов к мышцам, что применительно к физическим нагрузкам связано с мощностью работы. Это побудило нас подвергнуть анализу данные отобранной группы спортсменов /8 человек/, которые выполнили равный объем работы "до отказа" /13320 кгм/, но имели разный конечный уровень рН крови /от 7,06 до 7,25/. Была обнаружена достоверная корреляционная связь между величиной активной реакции крови и количеством крови, притекающей к мышцам голени за период восстановления / $r = -0,916$ ;  $p < 0,01$ /.

Таким образом, при выполнении предельной велоэргометрической нагрузки величина добавочного кровотока в преимущественно нагруженных во время педалирования мышцах связана как с механическим фактором /мощность работы/, так и с метаболическими нарушениями внутренней среды /изменения концентрации водородных ионов в крови/.

Отсутствие достоверных различий в количестве выполненной работы спортсменами 15-16 и 17-18 лет, а также неоднозначность исходного состояния КЩР, а соответственно, и конечных сдвигов актив-



ной реакции крови в этих группах, не позволяют ответить на вопрос, какой тип адаптации мышечного кровотока характерен для футболистов с высокой работоспособностью.

Для выяснения этого положения в специальном эксперименте мы изучали изменения параметров КЩР крови и послерабочей гиперемии у спортсменов в однородной по возрасту группе с одинаковым исходным уровнем активной реакции крови, но выполнивших разный объем работы.

Кровоснабжение в конечностях и состояние кислотно-щелочного равновесия крови у спортсменов с разным уровнем физической работоспособности.

Из 40 обследованных футболистов, выполнивших объем велоэргометрической работы ступенчатовозрастающей мощности в среднем равный  $222 \pm 5,7$  кгм/кг веса тела, было отобрано 13 человек с высокой работоспособностью /М+1,5 - первая группа/ и 13 человек с низкой работоспособностью /М-1,1 - вторая группа/. При формировании групп учитывались однозначность спортивного стажа, веса тела и квалификации испытуемых.

Объем работы, выполненный спортсменами I группы / $270,0 \pm 7,29$  кгм/кг/, был в полтора раза больше, чем второй / $177,0 \pm 10,7$  кгм/кг/.

Исходные величины показателей КЩР крови и мышечного кровотока были одинаковыми в обеих группах: рН = 7,37-7,36;  $pCO_2$  = 32,2-30,9 мм.рт.ст.; BE = -3,4-/-3,5 мэкв/л крови; SB = 22,1-22,0 мэкв/л; кровоток в предплечье -  $4,2 \pm 0,35$ , в голени -  $3,3 \pm 0,38$  мл/мин/100 мл. Изменения изучаемых показателей после нагрузки также были одинаковыми. Так, рН в среднем снизился до 7,21;  $pCO_2$  - до 31,5 мм.рт.ст.; BE увеличилось до -14,6 мэкв/л крови. В I группе пиковый кровоток в предплечье был равен  $18,7 \pm 1,9$  мл/мин/100 мл, а добавочный кровоток составил  $154,0 \pm 2,4$  мл/100 мл; во II группе -  $16,1 \pm 1,68$  мл/мин/100 мл и  $132,0 \pm 12,8$  мл/100 мл, соответственно.

В мыцах голени величина пикового кровотока в I группе была равна  $10,6 \pm 0,86$  мл/мин/100 мл, добавочного —  $76,0 \pm 10,5$  мл/100 мл; во II группе, соответственно,  $9,1 \pm 1,03$  и  $60,0 \pm 9,67$ . Величина добавочного кровотока на единицу работы в голени у футболистов первой группы была статистически достоверно ниже, чем у второй  $/0,271 \pm 0,035$  и  $0,362 \pm 0,048$ , соответственно/.

Данные об однозначности конечных сдвигов КЩР крови у спортсменов I и II групп при разном объеме проделанной работы позволяют предположить, что способность футболистов длительно выполнять работу ступенчатовозрастающей мощности зависит не столько от возможности организма функционировать на фоне глубоких нарушений рН, сколько от равновесия компенсаторных систем, направленных на сохранение гомеостаза, в результате включения которых замедляется процесс нарушения активной реакции крови.

Но всей вероятности, одним из факторов, участвующих в компенсации метаболических изменений кислотно-щелочного равновесия крови, является мышечный кровоток. В наших исследованиях сдвиг  $pCO_2$  и стандартных бикарбонатов в обеих группах был одинаковым, а добавочный кровоток в голени на единицу работы был ниже у лиц с высокой работоспособностью /на 34%/, что свидетельствует об экономичности кровоснабжения мышечной ткани /Невмянов А.М., 1972/. Это подтверждает значение соответствия кровообращения в конечностях человека энергетическим потребностям функционирующих скелетных мышц для обеспечения эффективности сохранения относительного постоянства внутренней среды организма.

Исследования о влиянии характера тестирующей нагрузки на изменения изучаемых показателей явились важным дополнением полученных данных.



Влияние характера тестирующей нагрузки на изменения минутного кровотока и состояния кислотно-щелочного равновесия крови.

В настоящем разделе рассматриваются реакции периферического кровообращения и буферных систем крови на две ступенчатозростающие велоэргометрические нагрузки, выполняемые до индивидуального максимума, в одной из которых прирост мощности создавался за счет увеличения сопротивления на колесо велоэргометра /силовая модель/, в другой - благодаря увеличению скорости педалирования /скоростная модель/. Обе нагрузки объединяли: одинаковая продолжительность работы и прирост мощности на ступенях, а также идентичная начальная величина мощности работы.

Для решения поставленной задачи с интервалом в два дня было обследовано 12 футболистов 16-18 лет. В обоих случаях исследования проводились на одних и тех же спортсменах, что позволяет рассматривать полученные данные с точки зрения влияния характера нагрузки /мышечной работы/ на изучаемые показатели, а не возраст, квалификацию, работоспособности и других факторов.

Объем работы силовой характера составил в среднем  $242 \pm 16$  кгм/кг, объем работы скоростного характера -  $159,9 \pm 8,4$  кгм/кг.

Независимо от характера работы показатели КЩР крови на 3 мин восстановления не имели статистически значимых различий /рН снизился в среднем до 7,145 ед./, однако, если накопление недоокисленных продуктов обмена после силовой работы произошло за  $14,45 \pm 0,95$  мин работы /BE =  $-17,5 \pm 1,3$  мэкв/л/, то почти такое же накопление недоокисленных продуктов обмена /BE =  $-18,3 \pm 0,85$  мэкв/л/ после выполнения скоростной нагрузки произошло за  $10,7 \pm 0,06$  мин. Следовательно, во время работы на скоростную выносливость наблюдалось более быстрое образование кислых продуктов метаболизма в тканях.

Подтверждением этого положения служат результаты выборочного взятия проб крови непосредственно во время работы: сдвиг ВЕ в кислую сторону к 9 мин работы силового характера составил в среднем 23,3% относительно исходной величины, в то время как нагрузка скоростного характера вызвала увеличение ВЕ на 48,9% уже к 6 мин работы. Таким образом, характер тестирующей нагрузки, а следовательно, и режим мышечной деятельности, во многом обуславливает скорость протекания метаболических процессов в тканях.

После работы силового характера пиковый кровоток в голени и интенсивность его восстановления к исходному уровню были выше на 17% и 29,2%, соответственно, чем после скоростной работы, что свидетельствует о более благоприятном режиме функционирования сосудов во время нагрузки с постоянной частотой педалирования /Иотьянская Р.Е. с соавт., 1973/.

Показано, что при силовом характере велозгометрической нагрузки период расслабления икроножной мышцы более продолжителен, чем при скоростном /Шюшвили А.П., Стогова А.А., 1979/, а такой режим выполнения двигательного акта обуславливает наибольший прирост кровотока /Tonnesen K., 1964, 1965/. Этот фактор, по-видимому, обеспечивал лучшие условия кровоснабжения мышц спортсменов во время силовой работы, что в конечном итоге могло способствовать меньшей скорости нарушений параметров КЩР из-за лучших условий кислородобеспечения мышечной деятельности по сравнению с работой мышц в скоростном режиме.

Таким образом, неадекватность периферического кровообращения может быть отнесена к факторам, лимитирующим работоспособность спортсмена, а соответствие мышечного кровотока метаболическим потребностям интенсивно функционирующих тканей является важным механизмом, обеспечивающим длительное сохранение относительного



источника внутренней среды.

Согласно современным представлениям /Дембо А.Г., 1978/, направленность тренировочного процесса существенно влияет на показатели кровообращения и КЩР крови как в покое, так и на их изменения при физической нагрузке. В этом плане определенный интерес представляют результаты исследования состояния КЩР крови и периферического кровообращения у юных спортсменов разных специализаций.

Адаптация мышечного кровотока и показателей кислотно-щелочного равновесия крови к предельной велоэргометрической нагрузке у представителей разных видов спорта.

В представленном исследовании приняли участие бегуны на средние дистанции, футболисты и борцы в возрасте 16-18 лет, имеющие квалификацию не ниже первого разряда и стаж занятий избранным видом спорта 4,5-6,5 лет.

В качестве тестирующей нагрузки использовали велоэргометрическую работу ступенчатоповышающейся мощности скоростного характера, выполняемую до индивидуального максимума.

Виды спорта были выбраны, исходя из того, что в беге на средние дистанции проявление скоростной выносливости является доминирующим, в борьбе главную роль играет силовая выносливость, а футбол предъявляет высокие требования к развитию всех компонентов выносливости.

Представители трех видов спорта выполнили разный объем работы: самый большой - бегуны /в 1,8 раза больше, чем борцы, и в 1,5 раза больше, чем футболисты/, футболисты выполнили объем работы в 1,2 раза больший, чем борцы.

Результаты исследования показали, как мы и предполагали, что у борцов оказался самый высокий среди испытуемых групп спортсме-

нов добавочный кровоток в мышцах предплечья к голени на единицу работы /1,810 мл/100 мл/кгм/кг/, что свидетельствует о неэкономичности функционирования периферического звена кровообращения. И как следствие этого - существенное нарушение постоянства внутренней среды организма по показателям ЩР крови /рН = 7,06±0,012; ВЕ = -20,6±0,65 мэкв/л/.

У бегунов отмечена более адекватная реакция на нагрузку как ЩР крови, так и мышечного кровотока: наибольший объем выполненной работы сопровождался значительным сдвигом ВЕ /-17,1±0,4 мэкв/л/, хорошо компенсированным как со стороны метаболического /SB/, так и дыхательного /рСО<sub>2</sub>/ компонентов ЩР, в результате чего величина рН составила 7,11±0,005 ед.

Наблюдаемый у легкоатлетов наименьший суммарный долг крови /на 53,3% и 25,7% меньше, чем у борцов и футболистов, соответственно/ может свидетельствовать о благоприятных условиях доставки кислорода к мышцам во время работы, что связано, по-видимому, с адекватностью кровотока метаболизму тканей и с поздним наступлением критической точки ухудшения условий кровообращения /Мотылянская Р.Е., 1969, 1973/.

Обращает на себя внимание добавочный кровоток в предплечье у футболистов, который на 39,7% меньше, чем у борцов, и на 33,1% меньше, чем у легкоатлетов. Наименьшая величина долга крови в предплечье у футболистов дает основание предположить, что высокий уровень гликолиза у них в известной степени компенсируется аэробными механизмами энергообеспечения за счет эффективного распределения крови между более и менее нагруженными конечностями /ВЕ = -18,3±0,95 мэкв/л; рН = 7,15±0,008/.

Определенное значение в развитии наиболее выраженной после-рабочей гиперемии в мышцах верхних конечностей у борцов /особенно



по сравнению с футболистами/ могут иметь морфофункциональные особенности их строения. Установлено, что значительные мышечные усилия, связанные с необходимостью противодействовать массе противника, приводят к достоверному увеличению ферментативных систем, характерных для быстрых мышечных волокон /Jaweed M., Herbinson G., 1977/.

Для бегунов, которые выполнили гораздо большую по мощности и продолжительности работу, чем футболисты, определяющим высокие величины кровотока в предплечье, по-видимому, явился временной фактор статической работы верхних конечностей, во время которой условия кровоснабжения мышц крайне неблагоприятны.

Таким образом, специфика двигательной деятельности спортсменов в тренировочном процессе формирует характер реакций КЩР крови и мышечного кровотока на тестирующую нагрузку.

Известно, что динамический стереотип обусловлен систематически повторяемым определенным порядком одних и тех же движений. В результате тренировки в том или ином виде спорта в соответствии со спецификой двигательного стереотипа складывается его вегетативный компонент, который проявляется даже тогда, когда в качестве раздражителя применяется неспецифическая двигательная деятельность типа педалирования на велоэргометре.

Заключительный раздел нашего исследования посвящен изучению реакций кардиореспираторной системы высококвалифицированных футболистов на нагрузку на тредбане.

Динамика показателей кардиореспираторной системы организма футболистов в макроцикле тренировки.

В эксперименте приняли участие 15 практически здоровых футболистов высшей квалификации /мастера спорта и мастера спорта мех-

дународного класса/ в возрасте 19-26 лет со стажем занятий футболом  $10,6 \pm 0,7$  лет при среднем росте  $176,0 \pm 0,64$  см и весе  $73,6 \pm 1,28$  кг.

Все спортсмены обследовались в начале подготовительного /декабрь-январь/ и в соревновательном /май/ периодах тренировочного цикла.

В качестве тестирующей нагрузки использовали бег на тредбане с начальной скоростью движения дорожки 2,5 м/сек; каждые три минуты скорость увеличивалась на 1,0 м/сек до отказа испытуемого от дальнейшего выполнения работы. Угол наклона дорожки составлял 5 градусов.

Изучали послерабочую гиперемия, состояние КЩР крови, а также легочную вентиляцию, потребление кислорода организмом, кислородный пульс, коэффициент использования кислорода в легких/.

Увеличение количества работы в среднем на 16,7%, выполненной на втором этапе тестирования, сопровождалось меньшим напряжением систем энергообеспечения мышечной деятельности при малых и средних мощностях нагрузки. Уменьшение величины потребления кислорода организмом и ЧСС, наблюдаемое в соревновательном периоде во время выполнения работы на стандартных отрезках нагрузки, сочеталось с меньшим минутным объемом дыхания и более эффективной вентиляцией легких, определяемой по коэффициенту использования кислорода.

При сравнении величин кислородного пульса на разных ступенях нагрузки в первом и втором случаях не найдено существенных отличий. С нарастанием тренированности прирост количества поглощаемого и транспортируемого кислорода на каждое сокращения сердца между 6 и 9 минутами работы составил 1,8 мл, в то время как в подготовительном периоде изменения кислородного пульса в конце работы лишь на 0,1 мл превышали его значения на 6 мин. Таким образом, с ростом тренированности критическая точка ухудшения условий поглощения и



транспорта кислорода во время работы "до отказа" наступает значительно позже, чем в начале подготовительного периода.

В соревновательном периоде повысилась способность организма длительно противостоять нарушениям гомеостаза. Более стабильное сохранение рН достигалось за счет более эффективного выведения углекислого газа легкими и более полного использования стандартных бикарбонатов.

Величины максимального потребления кислорода организмом на разных этапах обследования не различались между собой /66,1-64,5 мл/мин/кг/, однако время достижения МПК в соревновательном периоде было на минуту больше, чем в подготовительном.

С нарастанием тренированности величина добавочного кровотока в предплечье повысилась незначительно /с 33,0±3,7 до 40,0±4,5 мл/100 мл/, а добавочный кровоток в голени статистически достоверно снизился со 164,2±9,3 до 127,4±6,6 мл/100 мл.

Наши данные о значительно больших послерабочих сдвигах кровотока в предплечье после велоэргометрической нагрузки, чем после бега на тредбане /в среднем на 200-300%/ говорят о том, что определяющим фактором в усиленном кровоснабжении верхних конечностей является изометрический режим функционирования мышц предплечья во время педалирования.

Уменьшение суммарного количества крови, притекающей к мышцам голени, наблюдаемое с нарастанием тренированности у спортсменов, можно объяснить с позиций уменьшения шунтового кровотока.

Предположение о снижении добавочного кровотока в скелетных мышцах за счет уменьшения шунтового кровотока подтверждается урежением ЧСС при работе умеренной и субмаксимальной мощности в соревновательном периоде, что в свою очередь является косвенным показателем снижения минутного объема циркуляции. Еще одним фактом

и пользу снижения минутного объема крови, изменяющегося в соответствии с метаболическими запросами организма /Гайтон А., 1964/, служат наши данные об экономизации потребления кислорода, отмеченной с нарастанием тренированности, как во время работы, так и в период восстановления.

По мнению ряда авторов /Ковради Г.П., 1973; Нуман С., 1971/, кровоток по артерно-венозным шунтам, минуя нутритивное русло, участвует в регуляции системного кровообращения. Снижение интенсивности системного кровообращения по данным ЧСС мы рассматриваем как явление экономизации, основу которого возможно составляет уменьшение шунтового кровотока.

Выдвинутое предположение безусловно нуждается в экспериментальной проверке. Однако оно позволяет объяснить до настоящего времени недостаточно понятое существенное снижение добавочного кровотока, возникающее в результате систематической тренировки, отмеченное в многочисленных исследованиях с применением метода венозной окклюзионной плетизмографии /Качанов Л.Н., 1974; Мотылянская Р.Е. с соавт., 1973; Невмянов А.М., 1972; Озолинь П.П., 1976 и многие другие/.

#### ВЫВОДЫ

I. Велозргометрическая нагрузка умеренной мощности /6 кгм/мин на кг/ сопровождается одинаковым увеличением объемной скорости кровотока в голени у спортсменов разного возраста при относительно неизменном состоянии кислотно-щелочного равновесия крови. О несовершенстве механизмов дифференцированного кровераспределения между менее и более нагруженными мышечными группами у футболистов прецубертатного возраста свидетельствует высокий мышечный кровоток



в предплечье.

2. При выполнении стандартной нагрузки субмаксимальной мощности /14 кгм/мин на кг/ объем послерабочей гиперемии в мышцах предплечья и голени с возрастом /от 13 до 18 лет/ уменьшается. При этом отсутствие существенных различий в сдвигах показателей кислотно-щелочного равновесия крови между возрастными группами говорит в пользу связи развития экономичного кровоснабжения скелетных мышц с совершенствованием двигательной координации в процессе онтогенеза.

3. Степень метаболического ацидоза при выполнении предельной физической нагрузки определяется состоянием кислотно-щелочного равновесия крови до работы. При наличии у юных спортсменов остаточных явлений метаболического ацидоза от предшествующих исследованиям тренировочных нагрузок сдвиги метаболических параметров кислотно-щелочного равновесия и рН крови в ответ на нагрузки "до отказа" выражены значительно сильнее.

4. Возможность юных спортсменов длительно выполнять нагрузку ступенчатовозрастающей мощности зависит не столько от способности организма функционировать в условиях выраженных нарушений показателей кислотно-щелочного равновесия крови, то есть индивидуальной устойчивости к сдвигам во внутренней среде, сколько от эффективности включения и работы физиологических механизмов, призванных противостоять нарушениям гомеостаза.

5. Скорость развития метаболического ацидоза во время мышечной деятельности определяется характером физической нагрузки. При одинаковом приросте мощности работы нагрузка скоростного характера по сравнению с силовым сопровождается более ранним развитием сдвигов активной реакции крови.

6. Особенности адаптивных реакций периферического кровообра-

дства и изменения остояния кислотно-щелочного равновесия крови у спортсменов разных специализаций, закрепленные в результате систематических тренировок, проявляются при применении неспецифических тестирующих нагрузок.

7. Наличие зависимости между величиной добавочного кровотока в голени и глубиной сдвигов активной реакции крови, с одной стороны, и влияние характера работы, сопровождающейся одинаковыми изменениями параметров кислотно-щелочного равновесия крови, на величину кровоснабжения мышц, с другой стороны, при выполнении велоэргометрических нагрузок ступенчатовозрастающей мощности "до отказа" позволяют предположить участие в механизме рабочей гиперемии как метаболических, так и механических факторов.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Ацеулова Е.Н., Тюленьков С.Ю. Кислотно-щелочное равновесие крови у футболистов разной квалификации после предельной физической нагрузки.-В кн.:Материалы XV Всесоюзной научной конференции по физиологии и биохимии спорта.-М.,1978,с.16

2. Тюленьков С.Ю., Ацеулова Е.Н. Реакции периферического кровотока и состояния кислотно-щелочного равновесия крови на предельную работу разного характера.-В кн.:Материалы XV Всесоюзной научной конференции по физиологии и биохимии спорта.-М.,1978,с.173

3. Тюленьков С.Ю., Ацеулова Е.Н. Мышечный кровоток и метаболизм в период восстановления у спортсменов.-В кн.:Функциональная диагностика и восстановление работоспособности организма спортсменов после тренировочных нагрузок.-Омск,1979,с.124-126

4. Невмянов А.М., Тюленьков С.Ю., Ацеулова Е.Н. Адаптация мышечного кровотока и кислотно-щелочного равновесия к предельной физической нагрузке у представителей разных видов спорта.-Теория и практика физической культуры,1980, № 1,с.28-30



5. Толеньков С.Д., Невмянов А.М., Апеулова Е.Н. Кровообращение в конечностях к кислотно-щелочное равновесие крови у влих футболистов в ответ на максимальные физические нагрузки.-Теория и практика физической культуры, 1980, № 8, с. 19-21

Материалы диссертации были доложены и обсуждены на межвузовской научной конференции "Функциональная диагностика и восстановление работоспособности организма спортсменов после тренировочных нагрузок" /Омск, февраль, 1979/; на Всесоюзной научно-практической конференции врачей ЦС "Динамо" /Киев, июнь, 1979/; на Всесоюзной научной конференции "Современные проблемы спортивной медицины спорта высших достижений" /Киев, октябрь, 1979/; на Всесоюзной конференции "Теоретические и методические основы оценки функционального состояния и иммунореактивности спортсменов высокой квалификации" /Москва, декабрь, 1980/.

*С.Толеньков*