

506

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

На правах рукописи

СМИРНОВА Людмила Александровна

**ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ДЕКОМПРЕССИИ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ПРИ  
ВЫПОЛНЕНИИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ**

03.00.13 Физиология человека и животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

ТАРТУ 1977

Работа выполнена на кафедре физиологии и биохимии спорта (зав.кафедрой – доцент К.Б.Ахмедов) Казахского института физической культуры (ректор – доцент К.Г.Ахметов) и в лаборатории физиологии двигательной деятельности (зав. – д.м.н.Л.А.Иоффе) Всесоюзного научно-исследовательского института физической культуры (директор – проф.И.П.Ратов).

Научный руководитель: доктор медицинских наук Л.А.ИОФФЕ

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,  
профессор В.М.В о л к о в

кандидат медицинских наук  
Т.К.С а в и

Ведущее учреждение: Кафедра спортивной медицины Московского государственного центрального ордена Ленина института физической культуры

август 1978 г.  
ом совете К.069.02.07  
ерситета. Адрес: ЭССР,

итесь в Научной библиотеке  
университета.

января 1978 г.

Тягун Л.Я. Тяжельд

ЧИТАЛЬНА ЗАЛА  
ЛДУФК

Восстановление функционального состояния организма после напряженной мышечной работы является неотъемлемой частью тренировочного процесса. Недостаточное внимание к вопросам восстановления может привести не только к ухудшению тренированности, но и к развитию патологических процессов.

Актуальность. В системе восстановительных средств, используемых в спорте, важную роль играют естественные и преформированные физические факторы. Особое положение среди физических факторов занимают локальные баровоздействия. Это, по сути дела, единственный метод не имеющий аналогов в живой природе.

Возможность управления с помощью локальных баровоздействии процессами восстановления и повышения работоспособности имеет большое значение для спортивной практики /А.В.Коробков, 1972; Д.Л.Длигач и соавторы, 1972; Ф.М.Тальшев, 1972; и др./.

Соответствующие исследования были начаты во Всесоюзном НИИ физической культуры по инициативе и под руководством доктора медицинских наук, профессора А.В.Коробкова с 1966 года.

Особый интерес представляет повышение работоспособности ограниченной группы скелетных мышц под влиянием локального понижения внешнего давления. Этот эффект был выявлен в 1971 году сотрудниками отдела физиологии ВНИИФК Д.Л.Длигачем, Л.А.Иоффе, А.В.Коробковым, Ю.Л.Кислицыным, Э.З.Рабиновичем и назван авторами "ЛОД-эффектом", т.е. эффект локального отрицательного давления.

Работы, посвященные изучению физиологических эффектов локальных баровоздействии, можно разделить на две основные

БІБЛІОТЕКА  
Державного державного  
інституту фізкультури

группы. Первая посвящена анализу реакций организма, развивающихся при декомпрессии нижней половины тела (ДНПТ), вторая - анализу изменений при декомпрессии вокруг нижних или верхних (одной или двух) конечностей (локальное отрицательное давление - ЛОД). В этих работах была установлена зависимость функциональных сдвигов от степени и величины площади воздействия. Преимущественно проанализированы реакции местного и системного кровообращения /Greenfield, 1964; Archill, 1965; П.М.Суворов с соавт., 1972, 1976; Магстажа, 1969, 1971; Д.Л.Длигач и соавт., 1975; и др./, нервно-регуляторные механизмы /Ф.М.Тальшев, 1972; Ф.М.Тальшев, В.Аванесов, 1972; и другие/, перераспределение крови при воздействии ДНПТ /Stevens, Lamb, 1965; Stevens a.o., 1967; Murray a.o., 1967; И.С.Балаховский и соавт., 1970; Н.М.Мухарлямов и соавт., 1973/, температурные реакции /Cole a.o., 1969; Э.З.Рабинович, 1976; и др/.

Количество работ, посвященных анализу динамики показателей крови при воздействии ЛОД (именно этот вид воздействия декомпрессии применяется в спорте), крайне ограничено. В то же время можно предположить, что изучение этих показателей даст важную информацию для физиологической характеристики механизмов, способствующих переносимости мышечной работы. Это обстоятельство определило цель и задачи настоящей работы.

---

Автор приносит искреннюю благодарность кандидату биологических наук Н.Л.КИСЛИЦЫНУ по инициативе и при непосредственном участии которого было начато это исследование.

Научная новизна. В настоящей работе впервые отмечено, что при непрерывном воздействии локальной декомпрессии на одну ногу объем циркулирующей крови (ОЦК) в течение 20 минут уменьшается в среднем на 10,67%. При этом отмечена различная реактивность организма к указанному воздействию (случаи преколлаптоидного состояния).

- При воздействии декомпрессии на предплечье величиной -50 мм рт.ст. в течение 10 минут отмечено разнонаправленное изменение количества форменных элементов крови в венозной и смешанной крови. Кроме того, уменьшение концентрации молочной кислоты как в венозной, так и в смешанной крови.

- При выполнении работы на пневматическом кистевом эргографе в условиях декомпрессии предплечья -50 мм рт.ст. отмечено уменьшение концентрации молочной кислоты в крови (как в венозной, так и в смешанной) и увеличение работоспособности на 122% по сравнению с контрольными исследованиями при нормальном атмосферном давлении.

- Использование баромассажа после работы на велоэргометре значительно уменьшает концентрацию молочной кислоты в смешанной крови по сравнению с "пассивным" отдыхом.

Практическая значимость. При снижении внешнего давления вокруг нижней конечности отмечена различная индивидуальная устойчивость к указанному воздействию. Наряду с высокой переносимостью локальной декомпрессии наблюдалось снижение устойчивости, выражавшееся в развитии преколлаптоидного состояния на 18-19-й минутах. Неудовлетворительная переноси-

мость локальной декомпрессии обычно сочетается со значительным депонированием крови в зоне отрицательного давления, что выражается в более заметном уменьшении объема циркулирующей крови. Эти данные свидетельствуют о том, что длительное (до 20 минут) воздействие локальной декомпрессии нежелательно, либо должно осуществляться с большой осторожностью (в связи с угрожающим коллапсом).

Чередование отрицательного давления в камере с последующим его повышением (баромассаж) сопровождается значительным уменьшением концентрации молочной кислоты после напряженной мышечной работы, а также ускорением восстановительных процессов, о чем можно судить по динамике форменных элементов и гемоглобина крови, показателя гематокрита, уровня щелочного запаса крови.

Применение баромассажа непосредственно во время тренировки способствует повышению спортивной работоспособности.

#### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Цель исследования - Изучение механизмов, способствующих стимуляции восстановления и повышению работоспособности при воздействии локальной декомпрессии на организм человека.

Круг наших исследований был ограничен следующими задачами:

- Изучить изменения объемов циркулирующей крови, плазмы и эритроцитов при воздействии локальной декомпрессии на од-

ну ногу;

- Проанализировать влияние локальной декомпрессии на динамику показателей венозной и смешанной крови;
- Проанализировать влияние мышечной работы на кистевом эргографе в условиях локальной декомпрессии предплечья на динамику показателей венозной и смешанной крови;
- Изучить влияние баромассажа на динамику показателей смешанной крови после работы на велоэргометре;
- Проанализировать влияние баромассажа как средства повышения силовой и скоростно-силовой работоспособности.

Для решения указанных задач были использованы следующие методы исследования:

1. Для создания локального отрицательного давления использовалась барокамера В.А. Кравченко серийного производства Московского экспериментального завода медицинской техники.

2. В работе исследовали влияние баровоздействий на разные виды мышечной работы: а) Педальирование на велоэргометре "Монарк" (Швеция). б) Локальная мышечная работа в условиях декомпрессии и нормального атмосферного давления осуществлялась с помощью кистевого пневматического эргографа, сконструированного совместно сотрудником лаборатории физиологии двигательной деятельности ВНИИФК Д.Л. Дзягачем и инженером ЦНИЛ медицинского института г.Алма-Аты Г.И. Вороновым. в) В отдельных исследованиях о работоспособности судили по количеству идентичных повторно воспроизводимых упражнений.

3. Объем циркулирующей крови (ОЦК) определяли при помощи синей краски Эванса (Т-1824) по методу, описанному В.Б. Козинер и В.М.Родионова в модификации Г.А.Глезер и Н.П.Москаленко.

4. Количество эритроцитов (в млн/мм<sup>3</sup>) и гемоглобина (в мг%) определяли общепринятым фотометрическим методом. Подсчет лейкоцитов - производили в счетной камере Горяева /Ю.М. Неменова, 1972/. Показатель гематокрита - центрифугированием гепаринизированной крови в течении 15 минут со скоростью 3 000 об/мин в капиллярной трубке. Среднее содержание гемоглобина в одном эритроците определяли умножением количества гемоглобина в г% на 100 и делением на величину гематокрита /И.Тодоров, 1963/.

5. Содержание глюкозы в крови определяли с использованием экспресс-метода "Био-ла-тест" фирмы Хемапол /ЧССР/.

6. Уровень щелочного запаса крови (ЩЗК) определяли титриметрическим микро-экспресс-методом по А.В.Неведову в модификации Г.В.Дервиза, И.И.Виноградовой, А.А.Сафаровой.

7. Концентрацию молочной кислоты в крови определяли методом Баркера и Саммерсона.

Исследовались практически здоровые молодые люди в возрасте от 18 до 25 лет, студенты Казахского института физической культуры, специализирующиеся в различных видах спорта и имеющие различную спортивную квалификацию.

Всего исследованию подвергалось 131 человек, выполнено 197 опытов, проведено 3 657 измерений изучаемых параметров.

Анализировали венозную и смешанную кровь (взятую из



пальца) в покое, сразу после декомпрессии и работы в условиях нормального и пониженного давления в барокамере, а также в восстановительном периоде в специальных сериях.

Статистическая обработка полученных данных производилась методами, предложенными Р.Н.Биржковым с соавт., /1966/ и Е.В.Гублер, А.А.Генкин /1973/.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Для изучения динамики объемов циркулирующей крови, плазмы и эритроцитов при воздействии локальной декомпрессии на одну ногу был проведен следующий эксперимент. Ногу испытуемого, сидящего неподвижно в кресле, помещали внутрь барокамеры до верхней трети бедра и затем понижали давление на 100 мм рт.ст. В течении 20 минут в камере поддерживалось давление -100 мм рт.ст. ОЦК измеряли до начала опыта, на 18-20-й минуте воздействия и спустя 7-10 минут после снятия декомпрессии.

Сдвиги, сопутствующие декомпрессии на одну ногу, отражены в таблице I.

Таблица I

Объем циркулирующей крови и его фракции при декомпрессии -100 мм рт.ст. на одну ногу

Показатели крови в мл/кг веса тела	Исходный уровень	На 18-20 мин. воздействия декомпрессии	п	Р
1. О Ц К	76,32±1,4	68,13±1,19	7	<0,01
2. О Ц П	40,79±0,57	36,93±0,92	7	<0,01
3. О Ц Эр	35,53±0,59	30,44±0,65	7	<0,01
4. Показатель гематокрита в %	46,57±0,36	45,48±0,48	7	<0,01

В 3-х случаях (из 7) отмечены симптомы преколлаптоидного состояния. Можно предположить, что различия реактивности организма определяются индивидуальной чувствительностью мозга к изменениям кровообращения. Так, в одном из наблюдений отмечены симптомы предобморочного состояния при сравнительно небольшом снижении ОЦК, тогда как в другом случае существенное снижение (на II, 79%) ОЦК не вызвало у испытуемого сколько-нибудь заметных функциональных сдвигов. Аналогичный факт отмечен И.С.Балаховским с соавторами /1970/.

Накопление крови в зоне декомпрессии и соответствующее уменьшение ОЦК вне зоны приводит к "включению" сложного комплекса рефлекторных влияний. Это определяется изменениями нагрузки на волно-, баро- и, по-видимому, хеморецепторы в зоне воздействия.

Сравнение показателей венозной и смешанной крови после декомпрессии (-50 мм рт.ст.) предплечья свидетельствует о разнонаправленных изменениях количества форменных элементов крови. В венозной крови увеличивается содержание лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина, показателя гематокрита, тогда как в крови, взятой из пальца, отмечается уменьшение этих показателей (таблица 2).

Увеличение форменных элементов в венозной крови скорее всего связано с отеком конечности во время декомпрессии и некоторое время после нее, что свидетельствует о выходе плазмы в ткань /Stevens, Lamb, 1965/ и, следовательно, ведет за собой увеличение концентрации форменных элементов

Таблица 2

динамика показателей венозной и смешанной  
крови после декомпрессии предплечья (в %  
отношении к исходному уровню)

Показатели крови	Исходный уровень	Смешанная кровь после декомпрессии	Венозная кровь после декомпрессии
1. Эритроциты	100	95,4	104,4
2. Гемоглобин	100	95,7	103,8
3. Лейкоциты	100	105,4	116,0
4. Показатель гематокрита	100	96,3	105,18
5. Содержание Hb в 1 Эр.	100	100,0	98,46
6. Глюкоза	100	103,6	104,0
7. ШЗК	100	108,9	109,0
8. Молочная к-та	100	87,9	91,2

крови, в том числе и эритроцитов, содержащих гемоглобин. Уменьшение количества форменных элементов крови в смешанной крови, по всей вероятности, связано с тем, что в результате разности давлений наличие отежной жидкости в зоне декомпрессии при проколе пальца на выходе может разбавлять анализируемую кровь /Д.Л.Длигач и соавт., 1973/. Кроме того, при декомпрессии предплечья наблюдается увеличение кровотока /Greenfield, 1964; Greenfield & Patterson, 1954-56/, а чем больше скорость кровотока, тем меньше динамически гематокрит /Fahraeus, 1931/.

Безусловно могут иметь место и другие причины, определяющие уменьшение содержания количества форменных элементов и

гемоглобина смешанной крови, а также показателя гематокрита в зоне декомпрессии.

В доступной нам литературе удалось обнаружить лишь незначительное число работ об изменениях показателей крови при выполнении работы в условиях локальной декомпрессии. С этой целью проведен ряд исследований, посвященных анализу сдвигов, развивающихся при работе ограниченной группы скелетных мышц в условиях декомпрессии и нормального атмосферного давления.

Работа выполнялась на пневматическом кистевом эргографе рукой, находящейся до верхней трети плеча внутри ба- рокамеры (под углом прямым к туловищу), в условиях нормального внешнего давления, а также при снижении его на 45-50 мм рт.ст.

Выбор условий опыта обусловлен работами Д.Л.Длигача и соавторов /1973-1975/ и Ю.Л.Кислицына /1974/, показавших, что максимальное проявление ЛОД-эффекта наблюдается при выполнении работы умеренной мощности при указанном уровне снижения внешнего давления.

Работоспособность в условиях декомпрессии в наших исследованиях возрастала более, чем в два раза (на 122%).

Анализировали венозную и смешанную кровь. Кровь для анализа брали до и сразу после работы. Из приведенных в таблице 3 данных видно, что изменения изучавшихся показателей при работе в контрольных и опытных условиях однонаправлены. Однако биохимические показатели после работы в условиях де-

Таблица 3

Показатели венозной и смешанной крови (в % отношении к исходному уровню) до и после работы на кистевом эргографе в условиях нормального атмосферного давления (А) и в декомпрессии (Б)

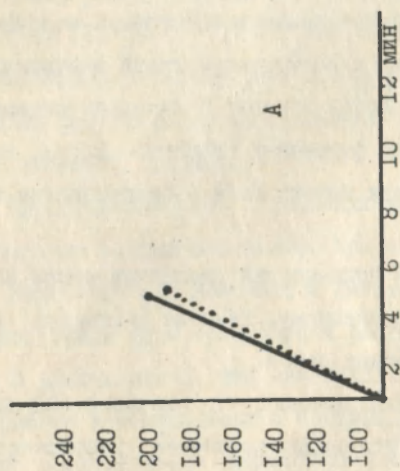
Показатели крови	Исходный уровень	Венозная кровь		Смешанная кровь	
		А	Б	А	Б
1. Эритроциты	100	107,0	114,1	106,9	101,0
2. Гемоглобин	100	107,4	112,4	107,1	100,4
3. Лейкоциты	100	124,8	132,5	139,8	108,0
4. Показатель гематокрита	100	105,1	111,7	105,2	100,6
5. Нв в I Эр.	100	102,1	100,8	100	100
6. Глюкоза	100	91,6	96,04	96,6	90,0
7. ЩЗК	100	78,2	85,8	85,8	95,0
8. Молочная к-та	100	184,7	142,8	182,7	112,8

компрессии изменяются в меньшей степени. Так после работы в условиях декомпрессии изменения концентрации молочной кислоты как в венозной, так и в смешанной крови значительно менее выражены (рис. 1). Более заметно повысилось содержание гемоглобина и количество форменных элементов крови, тогда как в смешанной крови эти сдвиги были практически не существенны.

Характер изменения показателей смешанной крови после работы определяется, по-видимому, теми же факторами, что и при декомпрессии в условиях покоя.

Было высказано предположение, что причиной ЛОД-эффекта является увеличение регионарного кровотока, растяжение мышечных капилляров, соответственно увеличение их поверхности,

Мг/% мол.к-ти



Мг/% мол.к-ти

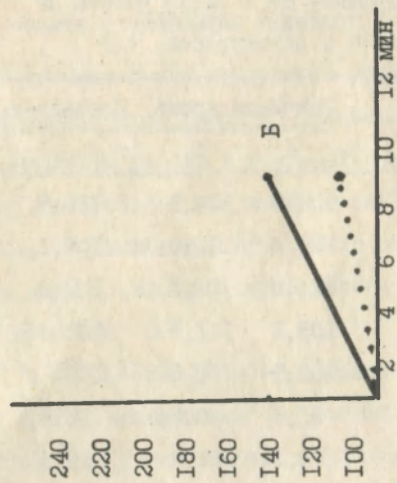


Рис. 1. Динамика молочной кислоты после работы на кистевом эргографе в условиях нормального атмосферного давления (А) и в условиях декомпрессии предплечья -50 мм рт.ст. (Б) в венозной (---) и смешанной (...) крови.

значительное повышение трансмурального давления в мышечных капиллярах /Д.Л.Длигач и соавт.,1973/.

Сокращение мышечных волокон при усилии свыше 25-50% от максимального, ведет к окклюзии сосудов иногда настолько выраженной, что кровоток или прерывается, или значительно падает /Хартин В.М., 1969/. Понятно, что в условиях декомпрессии окклюзия развивается при более высоком внутримышечном давлении, - соответственно степени растягивания мягких тканей, обусловленной величиной ЛОД. Поэтому, полная окклюзия возникает при очень большом усилии. Частичная окклюзия при небольших величинах декомпрессии, естественно, становится менее значительной по интенсивности и длительности. Таким образом, кровоснабжение мышцы (или локальной группы мышц) в момент сокращения в условиях декомпрессии должно быть интенсивнее, чем в обычных условиях. Все это позволило связать ЛОД-эффект с интенсификацией кровоснабжения работающей мышцы. Необходимо подчеркнуть, что ЛОД-эффект отмечен в диапазоне декомпрессии, при котором отсутствует вазоконстрикция, о чем говорят литературные данные /Greenfield, 1965; Bartak, 1968; Cole, 1957; Д.Л.Длигач и соавт.,1973,1975/.

В серии специально поставленных опытов было показано, что повышение давления в капиллярах работающих мышц, является основным фактором увеличения их работоспособности /Д.Л.Длигач и соавт.,1975/.

Одним из существенных факторов, определяющих своевременное поступление в ткани питательных веществ и кислорода, и, что особенно важно, - выведение из тканей продуктов обмена,

является удельная величина площади диффузионной поверхности транскапиллярного обмена. Величина последней должна соответствовать текущим потребностям тканей в зависимости от их состояния - покоя или деятельности /И.А.Аршавский, 1972/. Приводя просвет артериол в соответствие с уровнем обмена веществ, рабочая гиперемия обеспечивает приток кислорода, необходимый для поддержания клеток на заданном уровне /В.М.Хаягин, 1964/.

Рабочая гиперемия мышечной ткани в обычных условиях, как правило, имеет определенные границы. Одним из факторов, способствующим расширению этих границ, может служить, на наш взгляд, локальная декомпрессия /И.Л.Кислицын, 1974/. Так, в результате увеличения разности давлений и усиленного притока крови в конечность (или какой-либо другой участок тела) раскрывается и наполняется большинство мельчайших капилляров кожи. При этом отмечается увеличение времени дермографизма, расширяется просвет капилляров, удлиняется их петля, гомогенизируется и ускоряется кровоток в капиллярах, отмечается увеличение коллатералей, усиление капиллярной фильтрации вследствие повышения транскапиллярного давления (0,028 мл/мин/ 100 мл ткани), изменение проницаемости растянутой капиллярной стенки, которое остается некоторое время после нормализации трансмурального давления, а также изменение осмотических и бародиффузионных процессов /*Magrave* а.о., 1969; Л.Р.Кудашова и соавт., 1976; В.И.Чертова, 1976; В.И.Шалдин и соавт., 1976; А.А.Карикова, 1976; и др./.

Все изменения параметров местного кровообращения в ус-



ловиях декомпрессии могут привести к интенсификации метаболизма в тканях. Повышение длительности работы связано с более эффективным использованием притекающей крови после повышения транскапиллярного обмена. Окислительные процессы в мышце, работающей в декомпрессии, идут интенсивнее, чем при такой же работе в условиях нормального атмосферного давления /Greenfield, 1964/. В условиях декомпрессии мышца извлекает из крови больше кислорода, в результате чего артерио-венная разница по кислороду растёт.

Исследования показали, что при декомпрессии (-50 мм рт. ст.) предплечья насыщение кислородом венозной крови, оттекающей от мышц, после однократного воздействия падает иногда до исходного уровня, но чаще ниже. После прекращения воздействия содержание кислорода в мышечных венах продолжает снижаться, а затем медленно нормализуется /Mair, а.о., 1959/. Содержание кислорода в венозной крови зависит от скорости кровотока и интенсивности потребления кислорода тканью.

Увеличение интенсивности обмена веществ при мышечной работе сопровождается определенными физико-химическими и морфологическими сдвигами крови. Резкое уменьшение концентрации молочной кислоты в венозной и смешанной крови после работы в условиях декомпрессии (рис. I.), по-видимому, можно рассматривать как следствие усиления окислительных процессов. Это подтверждается увеличением скорости потребления кислорода (КСПК) кожей и уровнем  $pO_2$  после декомпрессии /Л.Е.Краморенко и соавт., 1972-1976/, увеличением транскапиллярного обмена /Д.Л.Длигач и соавт., 1975/. Кроме того, уве-

личение адреналина в крови после декомпрессии /Т.Н.Крупина и соавт.,1976/ способствует сохранению более высокого уровня АТФ и креатинфосфата, более экономному расходованию мышечного гликогена, менее интенсивному образованию молочной кислоты и большему повышению активности окислительных ферментов в работающих мышцах /Ellis 1959; Hagen J.H. Hagen P. 1964; Н.Н.Яковлев,1955; А.Д.Горохов, 1971/.

Динамика послерабочих изменений показателей крови под влиянием баровоздействия изучена недостаточно. С этой целью на 4 лыжниках I разряда была проведена серия исследований, где после работы на велоэргометре (1080 кгм/мин) в течении 10 минут в контрольных исследованиях в восстановительном периоде использовался "пассивный" отдых 20 минут. В эксперименте в период восстановления применяли баромассаж на обе ноги поочередно по 10 минут на каждую. Баромассаж проводили путем чередования отрицательного (-120 мм рт.ст.) с экспозицией 5 минут и положительного (+50 мм рт.ст.) с экспозицией в 2 минуты давления в камере. Процедуру повторяли дважды. Кровь для анализа брали из пальца руки до работы, сразу после работы и через 20 минут отдыха в контроле и после баромассажа в эксперименте. Результаты исследований отражены в таблице 4.

Обращает на себя внимание динамика концентрации молочной кислоты в крови. После баромассажа ее содержание возвращается к исходному уровню, оставаясь заметно повышенной после пассивного отдыха (рис.2.). Восстановление других изучавшихся показателей крови также идет значительно быстрее.

Таблица 4

Послерабочие сдвиги показателей крови (в %% отношении к исходному уровню) в условиях пассивного отдыха и при использовании баромассажа

Показатели крови	Исходный уровень	В контроле		В эксперименте	
		После работы	После отдыха	После работы	После отдыха
1. Эритроциты	100	111,2	107,2	110,9	104,7
2. Гемоглобин	100	109,6	105,0	108,0	102,1
3. Лейкоциты	100	135,9	119,8	158,8	135,7
4. Показатель гематокрита	100	107,0	104,4	106,9	102,1
5. Нв в I Эр.	100	100	100	100	100
6. ШЗК	100	73,1	87,3	74;5	95,2
7. Молочная кислота	100	260,0	202,9	250,0	98,4

В серии исследований мы использовали баромассаж одной ноги во время отдыха между нагрузками. Нагрузки представляли собой глубокие приседания на одной ноге (так называемые пис-толеты) до отказа продолжать упражнение.

Баромассаж способствовал повышению работоспособности ноги, подвергавшейся воздействию, на 39,6%. Особый интерес представляет тот факт, что увеличивается работоспособность и ноги, не подвергавшейся баромассажу на 11%.

В контрольных исследованиях повторная работа была значительно ниже первой. Увеличение работоспособности ноги, не подвергавшейся баромассажу, свидетельствует о том, что баро-воздействия сопровождаются системным эффектом. Обнаружение системного эффекта значительно расширяет возможности метода.

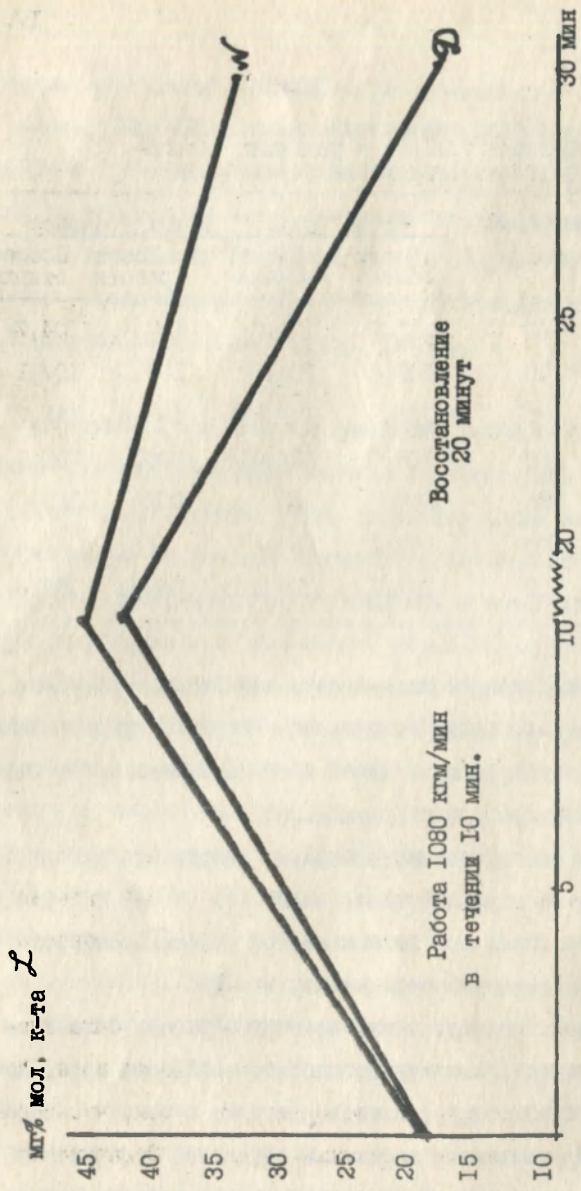


Рис. 2. Динамика концентрации молочной кислоты в смешанной крови после дозированной работы на велоэргометре в условиях пассивного отдыха (a) и при использовании локальных аэробоздействий (b).

Можно предположить, что динамика показателей нервно-мышечного аппарата в значительной мере обусловлена изменениями активности рефлекторных механизмов, связанных с перераспределением крови, а также определенными сдвигами в характере метаболических превращений.

При использовании баромассажа на предплечье в интервале между двумя нагрузками предельной интенсивности, работоспособность увеличивается в среднем на 13,63%. После пассивного отдыха работоспособность предплечья снизилась в среднем на 3,68%.

Таким образом, мощное воздействие на регионарное движение жидкостей в данной области, обусловленное локальными изменениями давления, приводит к включению сложного комплекса рефлекторных влияний, сопровождающихся местными и системными функциональными эффектами.

Изложенное позволяет заключить, что локальные баровоздействия можно использовать для анализа периферических сосудистых реакций, оценки устойчивости организма к перераспределению крови, для своеобразной "тренировки" периферических сосудов, а также в качестве средства, способствующего восстановлению и повышению работоспособности. Именно с возможностями метода связан интерес, проявляемый к нему физиологами, работающими в различных областях прикладной физиологии (физиологии спорта и труда, космическая физиология, клиническая физиология), и практическими работниками.

## ВЫВОДЫ:

1. Локальные баровоздействия (баромассаж в предрабочем и послерабочем периоде, декомпрессия во время мышечной работы) приводят к значительным изменениям показателей крови как в покое, так и к особенностям их динамики во время и после мышечной работы.

2. Исследования перераспределения крови во время воздействия декомпрессии (-100 мм рт.ст.) на одну ногу показали, что на 18-20-й минуте воздействия ЛОД объем циркулирующей крови заметно уменьшается при преимущественном снижении объема циркулирующих эритроцитов (по сравнению с уменьшением объема циркулирующей плазмы). В соответствии с этими сдвигами показатель гематокрита уменьшается.

3. В результате проведенных исследований влияния локальной декомпрессии одной ноги на перераспределение крови были выявлены существенные различия индивидуальной реактивности организма к указанному воздействию. При низкой устойчивости у испытуемых развиваются симптомы предобморочного состояния. Этому сопутствует выраженное уменьшение объема циркулирующей крови (в среднем на 13,2%) и особенно объема эритроцитов (на 18,7%). У лиц с высокой устойчивостью локальная декомпрессия не сопровождается отрицательными сдвигами. Изменения объема циркулирующей крови, циркулирующей плазмы и эритроцитов значительно менее выражены, чем при низкой устойчивости (различия статистически значимы). Однако детальным анализом позволяет предположить, что различная реактивность к воздействию определяется индивидуальной чувствительностью мозга к

перераспределению крови.

4. При декомпрессии предплечья в венозной и смешанной крови отмечаются разнонаправленные изменения количества форменных элементов крови и гемоглобина. В венозной крови содержание эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина увеличивается, в то время как в смешанной крови, наоборот, наблюдается уменьшение этих показателей.

Декомпрессия предплечья сопровождается однонаправленными изменениями биохимических показателей венозной и смешанной крови: умеренно увеличивается щелочной запас крови, уменьшается концентрация молочной кислоты и практически не меняется концентрация глюкозы.

5. Длительность работы до "отказа" на кистевом эргографе в условиях декомпрессии предплечья возрастает в среднем на 122%. При этом наблюдаются особенности динамики показателей смешанной и венозной крови по сравнению с изменениями, наблюдаемыми при работе в условиях нормального атмосферного давления. Эти отличия сводятся к тому, что при баровоздействиях повышается концентрация молочной кислоты значительно меньше, чем в контрольных опытах; менее выражено и снижение щелочного запаса крови; изменение форменных элементов крови в венозной крови более и в смешанной менее существенны.

6. Баромассаж после напряженной мышечной работы на велоэргометре приводит к усилению интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме. Так, возрастает темп восстановления эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина (по сравнению со сдвигами, наблюдаемыми в условиях пассив-

ного отдыха). Концентрация молочной кислоты уменьшается до исходного уровня (в отдельных случаях ниже исходного), в то время как ни в одном из контрольных опытов восстановления фоновых значений не наблюдалось.

7. Использование баромассажа одной ноги во время отдыха между двумя нагрузками (до отказа) сопровождалось не только местным, но и системным эффектом. Работоспособность ноги, подвергавшейся воздействию баромассажа, увеличивалась в среднем на 38,6%, не подвергавшейся воздействию - на 11%.

В контрольных опытах работоспособность снизилась в среднем на 17,7% правой ноги и на 15,4% - левой.

8. Баромассаж предплечья в интервале отдыха между нагрузками предельной интенсивности способствует повышению работоспособности (в среднем на 13,63%). После пассивного отдыха работоспособность снизилась в среднем на 3,68%.

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Снижение внешнего давления вокруг одной ноги можно рекомендовать в качестве теста для оценки реактивности организма к перераспределению крови.

2. Значительная декомпрессия (снижение давления более, чем на 100 мм рт.ст.) может привести к коллапсу. В связи с этим, длительность воздействия не должна превышать 15 мин.

3. Для стимулирования восстановительных процессов нижних конечностей целесообразно использование баромассажа (двукратное чередование медленного понижения в течении 5 ми-



нут давления в камере до -120 мм рт.ст. с последующим повышением до +50 мм рт.ст.).

4. Для оценки влияния баромассажа на состояние окислительно-восстановительных процессов после напряженных мышечных нагрузок рекомендуется анализировать динамику концентрации молочной кислоты и количества форменных элементов крови.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. О составе красной крови и некоторых показателях деятельности сердечно-сосудистой системы спортсменов в локально измененных условиях барометрического давления. В сб. "Проблемы использования гор в системе подготовки спортсменов высшей квалификации" Материалы Всесоюзного симпозиума. 3-4 сентября 1974 г. Алма-Ата, 1974, с.7-9 (соавторы: К.Б.Ахмедов, Ю.Л. Кислицын).

2. Некоторые особенности повышения работоспособности при баровоздействиях. В сб. Материалы научной конференции "Физиологические и клинические эффекты локального отрицательного давления". М., 1976, с.58-59 (соавторы: Л.А.Иоффе, Ю.Л. Кислицын).

3. Влияние баровоздействий на некоторые показатели крови в восстановительном периоде после работы на велоэргометре. В сб. Материалы научной конференции "Физиологические и клинические эффекты локального отрицательного давления" М., 1976. с. 59-61 (соавторы: Л.А.Иоффе, Ю.Л.Кислицын).

4. Динамика некоторых показателей крови под влиянием лекомпрессии вокруг верхней конечности. Итоговый сборник

молодых ученых ВНИИФК за 1974 г. М., 1976, с. 115.

5. Динамика некоторых показателей крови при работе на кистевом эргографе в декомпрессии. В сб. Материалы научной конференции "Физиологические и клинические эффекты локального отрицательного давления". М., 1976, с. 61-62 (соавторы: Л.А.Иоффе, Ю.Л.Кислицын).

6. Влияние баровоздействий на скоростно-силовую работу. В сб. Физиологическая и биохимическая характеристика скоростно-силовых и сложно-координационных спортивных упражнений". Тезисы докладов XIV Всесоюзной конференции по физиологии и биохимии спорта. Ереван, 5-7 октября 1976, с. 164.

7. Местные и системные механизмы повышения работоспособности при локальной декомпрессии. В сб. "Материалы итоговой конференции ВНИИФК за 1975 год". М., 1976, с. 149 (соавторы: Д.Л.Длигач, Л.А.Иоффе, Л.Е.Краморенко, Е.В.Кудрявцев, Д.Ф.Новрузов, В.А.Понамарев, Э.З. Рабинович, И.М.Эпштейн).

8. Использование баровоздействий для стимулирования процессов восстановления и повышения работоспособности. В сб. Проблемы восстановления работоспособности спортсменов после высоких тренировочных нагрузок". Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума (18-20 мая 1977 г., гор.Тбилиси). М., 1977, с. 4-5 (соавторы: Х.А.Азбакиева, А.Г.Литвин).

9. Динамика объема циркулирующей крови при локальной декомпрессии. В журнале "Теория и практика физической культуры" № 7, 1977, с. 27-31 (соавтор Л.А.Иоффе).

М а т е р и а л ы д и с с е р т а ц и и  
д о л о ж е н ы :

1. Всесоюзная научная конференция "физиологические и клинические эффекты локального отрицательного давления"  
Москва, 1976, 19-22 мая.
2. XIV Всесоюзная конференция по физиологии и биохимии спорта. Ереван, 5-7 октября 1976 г.
3. Всесоюзный симпозиум "Проблемы восстановления работоспособности спортсменов после высоких тренировочных нагрузок" Тбилиси, 1977, 18-20 мая.