

6. Уильямс, М. Эргогенные средства в системе спортивной подготовки / М. Уильямс. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 255 с.

7. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М.: Медицина, 1990. – С. 10–170.

8. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М.: Медицина, 1979. – С. 20–50.

9. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.

10. Душанин, С.А. Система многофакторной экспресс-диагностики функциональной подготовленности спортсменов при текущем и оперативном врачебно-педагогическом контроле: метод. рекомендации / С.А. Душанин. – Киев, 1986. – 21 с.

11. Карпман, В.Л. Исследование физической работоспособности у спортсменов / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – С. 20–25.

12. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине спортсменов / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков // Спортивная медицина. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – С. 21–154.

03.09.2013

УДК 612.13:615.837

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И РЕГИОНАРНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВИБРАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ

**А.А. Михеев, д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент,
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь**

Аннотация

Целью настоящего исследования явилось изучение воздействия дозированной вибрационной тренировки по методу стимуляции биологической активности на центральную и регионарную гемодинамику пловцов и определение характера изменений артериального и венозного кровообращения в голени. В задачи исследования входило изучение влияния дозированной вибрации на состояние периферического кровообращения и определение эффективности вибрационной тренировки по результатам сравнительных исследований вибрационных и традиционных упражнений.

THE STUDY OF REACTIONS OF THE BLOOD CIRCULATORY SYSTEM WITH VIBRATION TRAINING

Abstract

At present a great quantity of work is devoted to the problem of peripheral blood circulation in athletes, however questions on a change in local blood flow with

the use of vibration exercises are insufficiently illuminated. Insignificant changes in venous outflow. Proposed investigation shows that under the effect of vibration exercises changes in the indicators of venous outflow coincide in their own dynamics with traditional exercises, however, more profoundly according to the absolute values. The adequacy of the adaptive changes of peripheral blood flow during the use of the method of biological activity Stimulation is insured by its rational distribution. A decrease in blood flow is combined with a significant decrease in the tone of the arterioles and veins which creates the conditions for an eased and accelerated outflow of blood to the peripheral veins.

Введение

В настоящее время проблеме центральной гемодинамики и периферического кровообращения у спортсменов посвящено большое количество работ, однако вопросы изменения местного кровотока при применении вибрационных упражнений освещены недостаточно [1–4].

Методы и материалы

В исследованиях состояния центральной гемодинамики после проведения серии вибростимуляционных занятий приняли участие 14 спортсменов высокой квалификации (8 мужчин и 4 женщины). Средний возраст испытуемых мужчин составил $16,9 \pm 0,5$ лет, средняя масса тела – $65,5 \pm 2,5$ кг, средняя длина тела – $175,5 \pm 2,5$ см, средняя масса мышечной ткани – $37,9 \pm 1,5$ %, средняя масса жировой ткани – $15,4 \pm 2,6$ %, средний стаж занятий спортом – $7,5 \pm 0,5$ лет. Средний возраст испытуемых женщин составил $16,6 \pm 0,8$ лет, средняя масса тела – $55,1 \pm 1,6$ кг, средняя длина тела – $162,5 \pm 7,5$ см, средняя масса мышечной ткани – $36,8 \pm 2,3$ %, средняя масса жировой ткани – $16,8 \pm 1,5$ %, средний стаж занятий спортом – $8,5 \pm 1,5$ лет. Спортсмены выполняли вибрационные упражнения, объединенные в программу дозированной вибрационной тренировки. За две недели было проведено 6 занятий. Суммарная доза вибронагрузки за это время составила $97,5 \pm 14,5$ минут. Вибрационная нагрузка создавалась посредством выполнения физических упражнений в повторном режиме с опорой конечностями на вибрационные устройства, работающие с частотой 28 Гц и амплитудой 4 мм [5–7]. Для определения основных гемодинамических параметров использовался метод импедансной плетизмографии. Исследование проводилось с использованием комплекса «Импекард-3», в основе которого заложена базовая медицинская методика грудной тетраполярной реографии, основанная на регистрации колебаний живых тканей организма в ответ на переменные токи высокой частоты. Использование ЦГД организма в комплексе с другими методами дает возможность оценить резервные возможности спортсменов. Анализировались следующие показатели центральной гемодинамики:

1. ЧСС (уд/мин) – частота сердечных сокращений (количество ударов сердца за одну минуту).
2. АДс (мм рт. ст) – артериальное систолическое давление.

3. АДд (мм рт. ст) – артериальное диастолическое давление.

4. СОК (мл) – систолический объем крови, соответствует объему крови, перемещаемому левым желудочком сердца в аорту за одно сердечное сокращение, характеризует насосную функцию сердца.

5. МОК (л/мин) – количество крови, проходящее за одну минуту через поперечное сечение большого или малого круга кровообращения.

Для тестирования использовался специальный ступенчатый тест. Обследование спортсменов проводилось до и после выполнения программы вибрационной тренировки. В каждом из обследований фиксировались данные до и после выполнения ступенчатого теста (всего 4 пробы). Показатели регистрировались в положении лежа.

Для изучения воздействия вибротренинга на гемодинамику были проведены сравнительные исследования регионарного кровообращения нижних конечностей (голени) с применением и без применения вибрационных упражнений. В исследованиях приняли участие 10 пловцов высокой квалификации, из них 6 мастеров спорта и 4 кандидата в мастера спорта. Средний возраст испытуемых составил $20 \pm 1,5$ лет, средняя масса тела – $73,5 \pm 3,1$ кг, средняя длина тела – $177,5 \pm 1,4$ см, средняя масса мышечной ткани – $38,9 \pm 2,1$ %, средняя масса жировой ткани – $15,7 \pm 1,9$ %, средний стаж занятий спортом – $12,5 \pm 1,5$ лет. Избранные для исследования тренировочные протоколы с применением и без применения вибрации были идентичны и заключались в выполнении строго регламентированного упражнения в повторном режиме: приседания на двух ногах с амплитудой в коленных суставах $90-130^\circ$ в темпе 1 цикл движений за 1 секунду. Тренировочная серия состояла из 8 подходов длительностью 25–30 секунд каждый. Интервалы отдыха составляли 30 секунд. Сначала спортсмены выполняли тренировку без применения вибрации, а затем, после недельного отдыха, выполняли тренировку с применением вибрации. В обоих случаях исследование регионарного кровотока проводилось в состоянии мышечного покоя, в положении лежа.

Для исследования регионарного кровообращения использовался метод компьютерной реографии. Анализировались 15-секундные отрезки сигнала с определением в каждом автоматически обработанном кардиоцикле 5 основных реовазографических показателей. С целью повышения точности результатов по числу обработанных кардиокомплексов проводилось усреднение всех показателей. Функциональное состояние сосудов нижних конечностей оценивалось путем сравнения полученных средних значений показателей с диапазонами их нормальных величин. Для анализа реографической кривой использованы следующие временные и амплитудные характеристики.

1. РИ, Ом – реографический индекс. Отражает пульсовой приток объема крови и интенсивность артериального кровенаполнения голени (границы нормы $>0,06$ Ом).

2. ИЭ, отн. ед. – индекс эластичности. Данный показатель используется для оценки отличия амплитуды в конце систолы по сравнению с амплитудой систо-

лической волны и косвенно характеризует эластичность артерий исследуемой зоны (границы нормы $>0,40$).

3. ИПС, отн. ед. – индекс периферического сопротивления. Выражает отношение амплитуды на уровне инцизуры к амплитуде систолической волны. Зависит от состояния сократительных элементов сосудов. Косвенно отражает величину периферического сопротивления (границы нормы $0,20 < \text{ИПС} < 0,45$).

4. ВО, отн. ед. – индекс оттока. Определяется отношением амплитуды диастолической волны к амплитуде систолической волны. Данный показатель используется для оценки соотношения артериального и венозного кровотока. Косвенно характеризует состояние венозного оттока (границы нормы $0,20 < \text{ВО} < 0,50$).

Результаты и обсуждение

У пловцов-мужчин в состоянии покоя были зарегистрированы следующие значения показателей: ЧСС – $65,5 \pm 3,6$ уд/мин, ударный объем (УО) – $65,2 \pm 18,9$ мл, систолическое давление – $108,8 \pm 10,03$ мм рт. ст., диастолическое – $73,7 \pm 3,1$ мм рт. ст., минутный объем крови (МОК) – $4,80 \pm 0,65$ л/мин. У женщин в состоянии покоя ЧСС составила $73,2 \pm 4,2$ уд/мин, УО наблюдался в пределах $59,7 \pm 12,5$ мл, систолическое давление – $99,00 \pm 8,2$ мм рт. ст., диастолическое – $66,3 \pm 4,1$ мм рт. ст., МОК – $4,90 \pm 0,55$ л/мин. В результате применения вибрационных упражнений у пловцов-мужчин показатели систолического давления в спокойном состоянии (до тестирования) после серии вибрационных тренировок достоверно снизились на 5,9 %, а диастолического давления – на 11,6 % ($p < 0,05$). Такая же тенденция отмечена в показателях АД после выполнения тестирований. Систолическое давление после серии вибротренинга снизилось на 14,5 %, диастолическое – на 16,1 %. У женщин систолическое давление после серии вибротренинга снизилось на 7,8 %, диастолическое – на 12,8 %.

Показатели ЧСС в спокойном состоянии (до тестирования) в обеих группах не претерпели изменений. У мужчин по окончании серии вибротренинга показатели ЧСС после тестирования достоверно ($p < 0,05$) снизились с $121,4 \pm 3,6$ уд/мин до $110,0 \pm 4,8$ уд/мин, что указывает на экономизацию работы сердца. В группе женщин этот показатель недостоверно возрос. Показатели ударного объема (УО) в спокойном состоянии до тестирования в обеих группах достоверно ($p < 0,05$) возросли: у мужчин на 16 %, а у женщин – на 32 %. Показатель УО у мужчин после тестирования возрос на с $75,78 \pm 9,73$ до $109,91 \pm 15,31$ мл, а у женщин недостоверно уменьшился. Как следует из приведенных данных, систолический объем крови, перемещаемый левым желудочком сердца в аорту за одно сердечное сокращение, значительно увеличился, что говорит об улучшении насосной функции сердца у пловцов мужского и женского пола под влиянием вибротренинга.

Показатели минутного объема крови (МОК) в спокойном состоянии (до тестирования) в обеих группах достоверно возросли ($p < 0,05$). После вибротренинга значение этого показателя у пловцов-мужчин возросло на 33 %, а у женщин – на 2,2 % по сравнению с исходными значениями.

Анализ полученных данных свидетельствует, что в состоянии покоя исходные среднегрупповые реографические показатели артериального кровенаполне-

ния в голени (РИ) были несколько снижены ($0,038 \pm 0,020$ Ом), что, по нашему мнению, объясняется экономизацией местного кровоснабжения мышц у высококвалифицированных спортсменов. Такая направленность адаптационных изменений гемодинамики обусловлена лучшей мобилизацией механизмов утилизации кислорода в тренированных мышцах, что разгружает транспортную систему кровообращения и оптимизирует процесс приспособления к продолжительным физическим нагрузкам. Остальные показатели – индекс эластичности ($0,48 \pm 0,097$), индекс периферического сопротивления ($0,33 \pm 0,085$) и венозный отток ($0,42 \pm 0,129$) находились в пределах нормы.

Динамика показателей артериального кровенаполнения в серии упражнений с применением и без применения вибрации имела следующую направленность. В процессе выполнения традиционных физических упражнений без применения вибрации показатели артериального кровотока снижались по мере выполнения подходов от исходного значения $0,038 \pm 0,018$ Ом до $0,026 \pm 0,018$ Ом после восьмой серии упражнений ($p < 0,05$). Как видно, традиционные упражнения, выполненные по предложенной схеме, не вызывали значительных изменений в регионарном кровотоке. Динамика артериального кровенаполнения в серии упражнений с применением вибрации значительно отличалась от динамики артериального кровенаполнения при выполнении традиционных упражнений. В упражнениях с применением вибрационных воздействий по методу СБА показатели артериального кровотока достоверно возрастали от первого ($0,014 \pm 0,027$ Ом) до четвертого подхода ($0,034 \pm 0,034$ Ом), затем постепенно снижались до восьмого подхода ($0,017 \pm 0,035$ Ом), однако оставались достоверно выше ($p < 0,05$) исходных показателей ($0,011 \pm 0,033$ Ом). Таким образом, равномерное снижение артериального кровотока без применения СБА свидетельствовало о напряженности в деятельности регионарного кровообращения. После применения СБА интенсивность артериального кровенаполнения резко увеличилась к четвертому подходу (120 секунд вибрационных воздействий). Далее происходило его снижение, однако, в целом динамика РИ под действием вибрации свидетельствовала о рациональном перераспределении артериального кровотока в этом интервале тренировочной серии.

Динамика показателя эластичности артерий в серии упражнений с применением и без применения вибрации (по показателю индекса эластичности ИЭ) изменялась следующим образом. Обнаруживалась тенденция к достоверному ($p < 0,05$) снижению индекса эластичности от первого ($0,48 \pm 0,097$ отн. ед.) до пятого подхода ($0,24 \pm 0,099$ отн. ед.) в серии традиционных упражнений, после чего происходило такое же плавное увеличение ИЭ до исходного уровня ($0,43 \pm 0,122$ отн. ед.) к концу серии. То есть по показателю индекса эластичности серия традиционных упражнений не вызывала каких-либо достоверных изменений в периферическом кровообращении испытуемых. Динамика показателя эластичности артерий в серии упражнений с применением вибрации носила качественно иной характер, чем в упражнениях без вибрации. Так, показатель ИЭ достоверно ($p < 0,05$) возрастал от первого ($0,43 \pm 0,102$ отн. ед.) до четверто-

го ($0,52 \pm 0,140$ отн. ед.) подхода, после чего наблюдалась его стабилизация на достигнутом уровне вплоть до последней серии упражнений. В последующем значение ИЭ увеличилось (до $0,54 \pm 0,142$ отн. ед), что достоверно превышало исходный уровень ($0,43 \pm 0,102$ отн. ед.). Таким образом, можно полагать, что без применения СБА отмечался спазм артериальных сосудов. Напротив, при воздействии СБА эластичность сосудов по сравнению с исходным уровнем достоверно улучшалась ($p < 0,05$).

При выполнении упражнений с применением и без применения вибрации отмечались различия и в динамике показателя периферического сопротивления (ИПС). В традиционном упражнении по мере выполнения подходов от первого к шестому значение ИПС уменьшалось от $0,33 \pm 0,085$ до $0,25 \pm 0,078$ отн. ед. и достигало своего исходного значения после выполнения последнего подхода ($0,35 \pm 0,085$ отн. ед.). Следовательно, традиционные упражнения не вызывали каких-либо достоверных изменений в гемодинамике по показателю индекса периферического сопротивления. Под воздействием СБА изменения индекса периферического сопротивления кардинально отличались от таковых в традиционном упражнении как по своей динамике, так и по абсолютным значениям. В процессе выполнения подходов происходило постоянное и равномерное снижение ИПС от $0,27 \pm 0,091$ отн. ед. в начале серии до $0,13 \pm 0,091$ отн. ед. в конце тренировки ($p < 0,05$). Следует отметить, что посттренировочное значение ИПС в серии с применением вибрации по абсолютной величине было втрое ниже, чем в упражнениях без применения вибрации. Можно полагать, что под воздействием дозированных вибрационных упражнений улучшаются условия микроциркуляции. Это проявилось в достоверном снижении тонуса артериол по сравнению с исходным уровнем в серии СБА и достоверно более низком тонусе артериол при применении упражнений СБА по сравнению с показателями ИПС в упражнениях без воздействия вибрации.

Несколько иной характер носило изменение в сериях упражнений с применением и без применения вибрации показателя венозного оттока (ВО). При выполнении традиционных физических упражнений средние значения показателя венозного оттока изменялись волнообразно с тенденцией к снижению от первого до четвертого подхода ($0,41 \pm 0,092$ отн. ед.). Далее наблюдалось систематическое их возрастание до максимума в шестом подходе ($0,47 \pm 0,098$ отн. ед.) и последующее снижение вплоть до окончания серии ($0,35 \pm 0,095$ отн. ед.) с приближением к исходным показателям ($0,42 \pm 0,129$ отн. ед.). Очевидно, традиционные упражнения, выполненные по предложенной схеме, вызывали незначительные изменения в венозном оттоке.

Под воздействием вибрационных упражнений изменения показателей венозного оттока совпадали по своей динамике с традиционными упражнениями, однако были гораздо глубже по абсолютным значениям. Изменения показателей венозного оттока носило также волнообразный характер. От подхода к подходу происходило постоянное снижение ВО от $0,42 \pm 0,115$ отн. ед. в начале

серии до $0,21 \pm 0,120$ отн. ед. в конце тренировки ($p < 0,05$). То есть посттренировочное значение ВО в серии с применением вибрации по абсолютной величине было гораздо ниже такого же значения в упражнениях без применения вибрации.

Таким образом, под воздействием дозированных вибрационных упражнений достоверно улучшался венозный отток по сравнению с исходным уровнем ($p < 0,05$). Показатели ВО в серии СБА также были достоверно ниже показателей, зафиксированных при выполнении упражнений без воздействия вибрации.

Выводы

Применение вибрационной тренировки у пловцов мужского и женского пола сопровождалось оптимизацией центральной гемодинамики. Достоверно снижались систолическое и диастолическое давление, уменьшалась ЧСС в покое. Увеличение минутного объема крови после нагрузки происходило в равной степени за счет повышения ЧСС и УО, т. е. за счет инотропного и хронотропного механизмов.

Выполнение физической нагрузки без вибрации (в соответствии с предложенной схемой тренировки) не вызывало выраженных изменений периферической гемодинамики. После выполнения вибрационных упражнений выявлялись значительные изменения показателей периферической гемодинамики: отмечалось снижение сосудистого тонуса (вен и артериол) в нижних конечностях, снижение артериального кровоснабжения при сравнительно неизменной эластичности сосудистой стенки. Снижение тонуса артериол и вен и, вследствие этого, снижение артериального кровоснабжения, очевидно, происходило за счет высокой чувствительности к действию локальной вибрации отделов симпатической нервной системы, регулирующих тонус периферических сосудов.

В целом, основываясь на результатах исследования, можно утверждать, что позитивные изменения в состоянии регионарной гемодинамики были связаны именно с применением дозированных вибрационных упражнений по методу СБА. Под влиянием вибрационных упражнений по методу СБА произошла перестройка периферического звена кровообращения с выработкой специфических сосудистых реакций, создающих условия для облегченного и ускоренного оттока крови в периферические вены, что в целом свидетельствует об улучшении условий микроциркуляции.

Список использованных источников

1. Озолинь, П.П. Адаптация сосудистой системы к спортивным нагрузкам / П.П. Озолинь. – Рига, 1984. – 134 с.
2. Пушкарь, Ю.Т. Справочник по функциональной диагностике / Ю.Т. Пушкарь. – М., 1970. – С. 207–248.
3. Роженцов, В.В. Утомление при занятиях физической культурой и спортом: проблемы, методы исследования: монография / В.В. Роженцов, М.М. Полевщиков. – М.: Советский спорт, 2006. – 280 с.

4. Романов, С.Н. Биологическое действие механических колебаний / С.Н. Романов. – Л.: Наука, 1983. – 208 с.

5. Михеев, А.А. Изучение динамики ЧСС под влиянием комбинированных вибрационных и традиционных упражнений у спортсменов с разными морфологическими характеристиками / А.А. Михеев // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. / редкол.: А.И. Бондарь (гл. ред.) [и др.]. – Вып. 7. – Минск, 2007. – С. 133–136.

6. Михеев, А.А. Теория вибрационной тренировки (биологическое обоснование дозированного вибротренинга): монография / А.А. Михеев. – Минск: БГУФК, 2007. – 596 с.

7. Михеев, А.А. Лонгitudные вибрационные воздействия как естественно-биологическая основа метода стимуляции биологической активности организма / А.А. Михеев // Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма начала III тысячелетия: Материалы I Междунар. науч.-практич. конф., Мозырь, 13–14 апр. 2006 г. – Мозырь, 2006. – С. 107–108.

03.09.2013

УДК [796.01:577.1]+796.922.093.642

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОМЕОСТАЗА, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У БИАТЛОНИСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АДАПТАЦИОННОЙ РЕАКЦИИ

**А.И. Нехвядович, канд. пед. наук, доцент,
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь**

Аннотация

Представлены данные частоты встречаемости различных неспецифических адаптационных реакций по лейкоцитарной формуле, состояние гомеостаза, энергетического метаболизма и уровня физической работоспособности биатлонистов высокой квалификации в зависимости от типа адаптационной реакции.

SPECIAL FEATURES OF CHANGE OF INDICATORS OF HOMEOSTASIS, POWER METABOLISM AND PHYSICAL WORKING CAPACITY OF BIATHLONISTS DEPENDING ON THE TYPE OF ADAPTIC REACTION

Abstract

The given frequencies of occurrence of various nonspecific adaptic reactions under the leukocytic formula, a condition of homeostasis, power metabolism and level of physical working capacity of biathlonists of high qualification depending on type of adaptic reaction are presented.