

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

---

ФИЗИОЛОГИЯ  
ЧЕЛОВЕКА

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

5

---

МОСКВА · 1987

УДК 612.1 : 796.091.2

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

*Верхошанский Ю. В., Виру А. А.*

Адаптация в самом широком и общем смысле — приспособление человека к природным, производственным, бытовым и другим условиям, ведущее к морфофункциональному совершенствованию организма, повышению его жизнеспособности и неспецифической сопротивляемости [1—5]. Интерес к проблеме адаптации, обозначившийся в последнее время, привел к ряду важных достижений, имеющих несомненное теоретическое и практическое значение. Так, обрисована принципиальная схема адаптации организма, заключающаяся во взаимодействии специфических гомеостатических и общих неспецифических адаптационных реакций [2, 5—8], а также в переходе от срочной к долговременной адаптации через активацию генетического аппарата клетки и индукцию адаптивного протеиносинтеза [1, 2]. Получили развитие представления о механизмах срочной и долговременной адаптации, взаимосвязи и соотношении между процессами мобилизации энергетических и пластических ресурсов организма, о развертывании общего неспецифического механизма адаптации [2, 5, 7, 9—11]. Исследованы и особенности адаптации человека и животных к физической нагрузке [7, 12—15], описаны индивидуальные типы стратегии адаптации к длительным внешним воздействиям [5, 16].

Механизм адаптации к напряженной мышечной работе лежит в основе неуклонного повышения уровня спортивного мастерства в ходе многолетней тренировки [7, 12—15, 17—19]. Поэтому представление о нем имеет важное значение для дальнейшего развития теории физического воспитания и спортивной тренировки и, в частности, для разработки эффективных форм и методов массовой физической культуры, методических основ профессионально-прикладной физподготовки, физического развития школьников и юных спортсменов, практического решения проблем программирования и организации тренировки спортсменов высокой квалификации [1, 19].

К спортивной деятельности как модели неоднократно обращались специалисты, интересующиеся общими проблемами адаптации [2, 5, 7—10]. Однако в области спорта проблема долговременной адаптации еще по существу не исследована. В то же время рассмотрение вопросов долговременной адаптации к физическим нагрузкам в теоретическом плане [18], на уровне некоторых физиологических механизмов [2, 7, 14] и, наконец, в понятиях теории информации [20] принесли интересные результаты.

Ниже сделана попытка расширить существующие представления о долговременной адаптации организма к физической нагрузке в системе многолетней тренировки спортсменов и, в частности, рассмотреть ее количественно-временные характеристики на основе результатов наблюдения специфических функциональных перестроек организма в условиях спортивной деятельности, требующей преимущественно взрывных усилий. В качестве фактического материала используются данные изучения закономерностей функциональной специализации организма в ходе многолетней тренировки [19—21] и наблюдения тенденций в динамике состояния спортсменов в зависимости от содержания, объема и организации тренировочной нагрузки [22—27] на различных по длительности этапах (от 6 мес до 4 лет). В первом случае с помощью оригинальной

методики [20, 25, 27], оценивающей скоростно-силовые характеристики контрольного усилия, моделирующего режим работы соответствующих мышечных групп в условиях соревнований, были обследованы представительные группы спортсменов различной квалификации, во втором — периодически (ежемесячно или еженедельно) тестировали одних и тех же спортсменов.

На рис. 1 приведен пример многолетних наблюдений за одним спортсменом, иллюстрирующий типичную для рационально организованного тренировочного процесса динамику скоростно-силовых показателей (ССП): в каждом годовом цикле легко заметить волнообразные колебания, обусловленные как способом построения тренировочного процесса, так и адаптационными возможностями организма. Аналогичные ма-

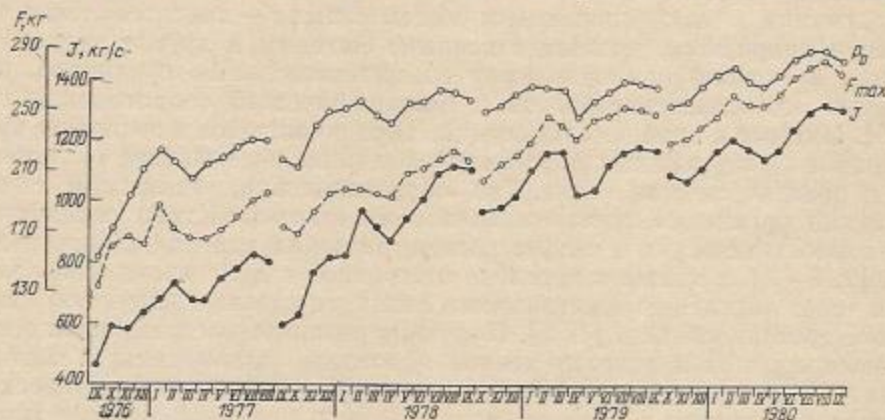


Рис. 1. Динамика уровня специальной скоростно-силовой подготовленности прыгуна тройным прыжком (мастер спорта).  $P_0$  — максимальная сила мышц,  $J$  — показатель способности к проявлению взрывного усилия,  $F_{max}$  — его максимум

териалы, полученные в разных видах спорта, свидетельствуют о том, что: а) в процессе спортивного совершенствования абсолютный и средний уровень ССП атлетов повышается из года в год, б) исходный уровень ССП в каждом годовом цикле ниже, чем в конце предыдущего года, но выше, чем в его начале, в) с ростом мастерства спортсменов величина прироста значений ССП в каждый год тренировки уменьшается [21, 22, 25, 28]. Установлено, что в ходе многолетней тренировки изменяется роль отдельных функциональных показателей в обеспечении специфической работоспособности спортсмена: для одних заметное совершенствование и высокая корреляция со спортивным результатом характерны на начальных этапах тренировки, для других — на этапе высшего спортивного мастерства. Причем обнаруживается определенная гетерохронность моментов начала ускоренного прироста различных функциональных показателей, обусловленная изменением в характере внешних взаимодействий организма и, следовательно, требований к обеспечению его специфической работоспособности [20, 21].

Исходя из фактического материала внешняя сторона адаптационного процесса, выраженная динамикой показателей специфической работоспособности спортсмена, схематично может быть представлена в виде двух сопряженных кривых (рис. 2). Кривая  $B$  отражает характерную тенденцию в изменении уровня специфической работоспособности спортсмена в рамках годового цикла, кривая  $A$  — тенденцию в динамике устойчивых долговременных адаптационных перестроек.

Таким образом, выявляются два разных по сущности адаптационных изменения. Одно из них — текущие изменения функциональных показателей ( $B$ ) в годовом цикле — носит временный, неустойчивый и обратимый характер. Другое ( $A$ ) характеризуется устойчивостью. Так как уже во время восстановительного периода после тренирующих нагрузок у людей наблюдается усиление протенинсинтеза [29], то можно не со-

мневаться, что и в основе этих неустойчивых изменений лежит усиление адаптивного синтеза белков. Показано также, что результаты кратковременных тренировочных этапов — в виде увеличения концентрации цитохрома *c* в скелетных мышцах [30] или возрастания функциональных и двигательных способностей организма [13, 31] — быстро исчезают при прекращении тренировки. Очевидно, что как устойчивые изменения работоспособности, так и текущие колебания функциональных показателей входят в категорию долговременной адаптации; однако между ними имеется существенное различие. В первом случае имеет место быстрое перераспределение пластического резерва организма, используемого для обновления физиологически ослабленных структур, а также

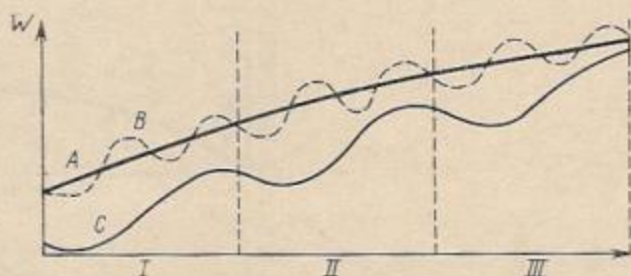


Рис. 2. Фрагмент многолетнего тренировочного процесса (объяснение в тексте). I—III — годовые циклы тренировки

для адаптивного синтеза структурных и энзимных белков, обеспечивающих временное увеличение способности клеток к наиболее активному функционированию. Существенная особенность этого процесса — временный характер изменений.

В то же время при многократном повторении, т. е. при систематичности воздействия в течение многих недель и месяцев, эти изменения подкрепляются и становятся более выраженными. Таким образом, вместо временного перераспределения пластического резерва организма происходит развитие устойчивых, закрепленных преобразований — долговременных адаптационных перестроек.

В основе временного перераспределения пластического резерва организма лежат компенсаторные механизмы, т. е. первичные реакции, направленные на поддержание необходимого уровня функционирования организма в неадекватных условиях в течение времени, достаточного для развития устойчивых форм адаптации. Компенсаторные механизмы — динамичные, срочно возникающие физиологические средства аварийного обеспечения организма в экстремальных условиях и постепенно затухающие по мере развития устойчивых долговременных адаптаций. Поскольку эти механизмы предшествуют последней, их можно рассматривать как явление преадаптации [4].

Таким образом, имеются все основания говорить о компенсаторной адаптации, которая выступает в качестве предпосылки и условия развития устойчивой долговременной адаптации (рис. 2, A). Последняя может носить прогрессивный характер, если функциональные перестройки организма в ходе компенсаторной адаптации оказываются достаточно существенными, чтобы заметно повлиять на установившийся характер внешних и внутренних отношений организма и перевести его на новый более высокий уровень специальной работоспособности.

Следует добавить, что сущность долговременной адаптации в спорте заключается не только в росте моторного потенциала, но и во все возрастающем умении спортсмена эффективно, т. е. более полноценно и рационально, использовать этот потенциал в пределах системы его внешних взаимодействий, складывающейся в условиях спортивной деятельности (рис. 2, C).

Как на компенсаторном, так и на устойчивом долговременном уровне адаптационный процесс не может продолжаться бесконечно. С каждым повторением влияние компенсаторной адаптации на уровень специальной работоспособности уменьшается и поэтому динамика последней (рис. 2, А) во времени описывается экспоненциальной функцией, типичной для развития биологических процессов. Это свидетельствует о том, что емкость общего адаптационного резерва организма имеет предел, определяемый, вероятно, генетическими предпосылками [19, 21].

В то же время компенсаторная адаптация также имеет свои пределы, о чем можно судить по наличию волн в динамике показателей специальной работоспособности спортсмена (рис. 2, В). Одна из несомненных причин возникновения этих волн лежит в периодизации подготовки.

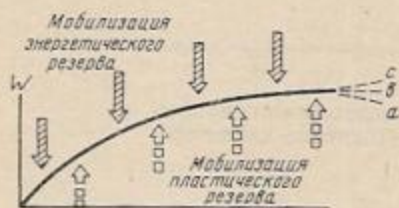


Рис. 3. Ход адаптационного процесса при умеренном объеме тренировочной нагрузки

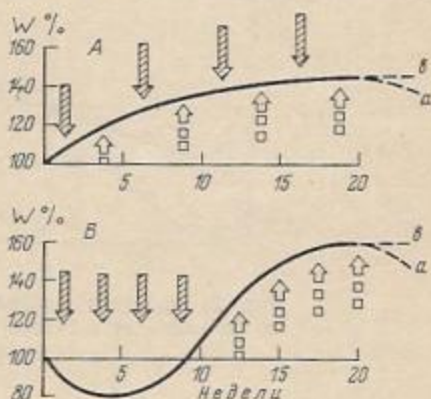


Рис. 4. Развитие компенсаторной адаптации при равномерно распределенном (А) и большом концентрированном (В) объеме тренировочных нагрузок

Однако есть все основания считать, что наиболее существенная причина в данном случае связана с исчерпанием так называемого текущего адаптационного резерва (ТАР) организма [19, 28], предположения о наличии которого высказывались и ранее [17, 32—34]. В свою очередь это непосредственно связано с интенсивностью использования и восстановления пластического резерва организма [35].

В связи с исключительной важностью понятия ТАР для рационального построения тренировки остановимся на нем подробнее и обратимся к ряду обобщенных схем, отражающих реальные тенденции в динамике показателей специальной работоспособности спортсменов в зависимости от задаваемых тренировочных воздействий. Если задается умеренная (по отношению к текущему состоянию спортсмена) тренировочная нагрузка (рис. 3), то для показателей специальной работоспособности характерен медленный, волнообразный, но неуклонный подъем.

Здесь имеет место умеренная активация механизма мобилизации энергетических и пластических ресурсов организма и адаптационный процесс сильно растянут во времени. Такая реакция типична для начинающих и спортсменов средней квалификации. В дальнейшей динамике специфических функциональных показателей возможны три тенденции: а) снижение (если снижается сила тренирующих воздействий), в) стабилизация (если используются так называемые поддерживающие нагрузки) и с) повышение (если сохраняется сила тренирующих воздействий).

При больших тренировочных нагрузках (что характерно для спортсменов высокой квалификации) наблюдается несколько иная картина. В зависимости от организации тренировочной нагрузки здесь принципиально возможны две стратегии компенсаторной адаптации.

При относительно равномерном распределении во времени объема нагрузки и возрастающей силе тренирующих воздействий, т. е. традиционном варианте организации тренировки спортсменов высокой квалификации, (рис. 4, А) обеспечиваются периодические кратковременные нарушения постоянства внутренней среды организма, активизирующие мобилизацию и использование энергетических и пластических ресурсов. При этом текущий расход энергетических ресурсов компенсируется с некоторым преобладанием восполнения их затрат. В отличие от первого случая (см. рис. 3) здесь адаптационный процесс протекает интенсивнее и для дальнейшей динамики специфических функциональных показателей возможны уже только две тенденции: а) снижение (даже если будут наращиваться объем и интенсивность нагрузки) и в) стабилизация (если будут использоваться поддерживающие нагрузки).

Другая стратегия адаптации характерна для случая, когда используется прием концентрации средств специальной физической подготовки на относительно непродолжительном отрезке времени (рис. 4, В). Здесь адаптационный процесс протекает еще интенсивнее и отличается длительным и глубоким нарушением гомеостаза организма, что внешне выражается в продолжительном и устойчивом снижении показателей специфической работоспособности. Затем после реализации объема нагрузки (первые 10 недель) и в результате мобилизации и использования пластических ресурсов организма следует ярко выраженный подъем функциональных показателей, значительно превышающий исходный уровень и уровень, достигаемый в первом варианте стратегии адаптации. В дальнейшем в динамике функциональных показателей возможны только две тенденции: а) снижение (если вновь применяется концентрированный объем нагрузки) и в) непродолжительная стабилизация (если применяются поддерживающие нагрузки). Такая форма организации тренировочного процесса разработана и апробирована в проблемной лаборатории Центрального института физической культуры для спортсменов высокой квалификации, способных переносить концентрированные нагрузки [19, 28].

Рассмотренные стратегии адаптации организма к большим нагрузкам характерны интенсивной мобилизацией его энергетических и пластических ресурсов. Однако такое состояние не может быть продолжительным. Накапливание в организме изношенных и пораженных структур требует повышенной мобилизации пластических ресурсов, а следовательно, снижения эффекта внешней работы. Тем самым нарушается состояние устойчивой неравновесности организма и среды и снижается общий эффект адаптации [2, 36]. Через определенное время организм восстанавливает свои функции до уровня, значительно превосходящего исходный, что практически означает восстановление его адаптационного потенциала и его готовность к новой встрече с экстремальными воздействиями.

Отсюда и берет начало гипотеза о текущем адаптационном резерве (ТАР), которым организм располагает на случай возникновения экстремальной ситуации, требующей от него предельного функционального напряжения. Емкость ТАР имеет определенный предел<sup>1</sup>, в исчерпании ТАР и заключена роль компенсаторной адаптации. Как свидетельствуют специальные исследования и спортивная практика [22, 24—26, 28], в условиях объема и интенсивности тренировочных нагрузок, освоенных в последние годы спортсменами высокой квалификации, исчерпание ТАР организма происходит в среднем за 18—22 нед. Дальнейшее наращивание нагрузок может привести к срыву адаптации и патологическим явлениям [28]. Следовательно, эффективной можно считать такую организацию тренировочного процесса, которая обеспечивает полноценную реализацию ТАР организма посредством тренировочной нагрузки в объёмно необходимом для этого объеме.

<sup>1</sup> Она зависит прежде всего от степени реализации общего адаптационного потенциала организма. С ростом мастерства спортсмена емкость ТАР уменьшается [19, 28].



Рис. 5. Структура процесса долговременной адаптации к напряженной мышечной работе

Таким образом, процесс долговременной адаптации к спортивной деятельности можно представить прежде всего как непрерывную циклическую смену событий, связанных с истощением и восстановлением ТАР организма. Исходящие отсюда морфофункциональные приобретения вносят определенные качественные и количественные изменения в комплекс внешних и внутренних отношений организма, обеспечивая повышение уровня специальной работоспособности спортсмена и прогресс его мастерства. Исходя из рассмотренных выше теоретических положений и экспериментальных данных, правомерно предположить, что этот процесс развивается как по вертикали, так и по горизонтали. Иными словами, приспособительные перестройки имеют конкретную уровневую структуру, функционирующую в рамках определенных отрезков (фаз) координаты времени (рис. 5).

Начинается адаптационный процесс с активации специфических гомеостатических реакций (первый уровень адаптации). Повторные сдвиги в константах внутренней среды организма и усиленные запросы энергетического и пластического обеспечения вызывают активацию неспецифических механизмов адаптации и переход к компенсаторной адаптации (второй уровень). Наконец, повторность компенсаторной адаптации приводит к стойкому морфофункциональному усовершенствованию клеточных структур (овеществлению функций). Такие «структурные следы», или «изменения от употребления» [по 10], — неперемное условие долговременной адаптации, закрепляющей организм на новом более высоком пределе дееспособности (третий уровень).

Таким образом, компенсаторная адаптация — это промежуточное звено между срочными и устойчивыми приспособительными реакциями, создающее объективно необходимые условия для последующей повторной активации специфических гомеостатических реакций и для временного распределения пластического резерва организма. Отсюда следует, что долговременная адаптация — это фазовый накопительный процесс, развивающийся за счет периодических «отчислений» в фонд стабилизированных устойчивых приспособительных перестроек морфофункциональных «излишков», приобретаемых организмом на уровнях гомеостатических и неспецифических реакций.

Исследования в ряде скоростно-силовых и циклических видов спорта [7, 14, 19, 20] подтверждают справедливость теоретических положений, использованных в приведенных выше схемах компенсаторной и долговременной адаптации. Их результаты и вытекающие из них принципиальные идеи и методические рекомендации, касающиеся программирования и организации тренировочного процесса, требуют специального рассмотрения. Здесь же важно отметить следующее.

Изучение закономерностей долговременной адаптации имеет серьезное практическое значение. Так, на основании результатов рассмотрен-

ных исследований была предпринята попытка управления ходом адаптации в условиях спортивной деятельности. Это сводилось к такой организации тренировочных нагрузок в годичном цикле, которая благоприятствовала реализации закономерностей долговременной и компенсаторной адаптации организма спортсмена к напряженной мышечной работе [19].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенная концепция базируется главным образом на количественно-временных характеристиках динамики специфических показателей работоспособности спортсмена и поэтому отражает сущность и тенденции развития долговременного адаптационного процесса только в самом общем виде. В действительности, изменение уровня специальной работоспособности обеспечивается обширным комплексом приспособительных перестроек, захватывающих все без исключения системы жизнеобеспечения организма [2, 7, 12, 13, 15]. Темп их многолетнего функционального совершенствования и моменты ускоренного развития могут быть различными. Подобная гетерохронность адаптационных перестроек определяется рядом причин: преимущественным значением тех или иных функциональных систем в обеспечении специфической направленности долговременной адаптации, различной их реактивностью (или адаптационной инертностью) и, наконец, изменением роли той или иной функциональной системы на различных этапах становления спортивного мастерства.

Заметим также, что долговременная адаптация в различных видах спорта имеет свою специфику, о которой еще мало известно. Поэтому предлагаемая концепция не выходит за рамки рабочей гипотезы и не претендует на завершенность и универсальность. Для окончательных заключений необходимы дальнейшие комплексные и целенаправленные исследования, актуальность и перспективность которых для углубления научных основ теории физического воспитания и спортивной тренировки очевидны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Меерсон Ф. З. Пластическое обеспечение функций организма. М.: Наука, 1967. 320 с.
2. Меерсон Ф. З. Общий механизм адаптации и профилактики. М.: Медицина, 1973. 360 с.
3. Панин Л. Е. Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978. 191 с.
4. Экологическая физиология человека. Адаптация человека к экстремальным условиям среды/Под ред. Кузнецова А. Г. М.: Наука, 1979. 704 с.
5. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1970. 191 с.
6. Selye H. Stress without Distress. Toronto: McClelland and Stewart, 1974. 171 p.
7. Вирю А. А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки. Л.: Наука, 1981. 156 с.
8. Кассиль Г. Н. Внутренняя среда организма. М.: Наука, 1983. 224 с.
9. Гаркави Л. Х., Квакуина Е. Б., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 1977. 120 с.
10. Меерсон Ф. З. Адаптация, стресс и профилактика. М.: Наука, 1981. 278 с.
11. Хайдарлиу С. Х. Функциональная биохимия адаптации. Кишинев: Штиинца, 1984. 272 с.
12. Яковлев Н. Н. Биохимия спорта. М.: Физкультура и спорт, 1974. 288 с.
13. Hollmann W., Heitinger T. Sportmedizin — Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart — N. Y.: Schattauer, 1978. 697 S.
14. Кассиль Г. Н., Вайсфельд И. Л., Маглина Э. Ш. и др. Гуморально-гормональные механизмы регуляции функций при спортивной деятельности. М.: Наука, 1978. 304 с.
15. Saltin B., Gollnick P. Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance//Handbook of Physiology: Skeletal Muscle. Ch. 19. N. Y. 1983. P. 555.
16. Пейсахов Н. М. Саморегуляция и типологические свойства нервной системы. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1974. 253 с.
17. Prokop L. Erfolg im Sport. Wien — München, 1959. Bd. 1. S. 173.
18. Воробьева Э. М., Воробьев А. Н. Проявление адаптации в спортивной тренировке как одна из форм биологического приспособления организма к условиям среды и развития//Теория и практика физ. культуры. 1977. № 12. С. 30.
19. Верхошанский Ю. В. Программирование и организация тренировочного процесса. М.: Физкультура и спорт, 1985. 175 с.



20. *Верхошанский Ю. В.* Основы специальной силовой подготовки в спорте. М.: Физкультура и спорт, 1977. 214 с.
21. *Верхошанский Ю. В.* Закономерности функциональной специализации организма в ходе становления спортивного мастерства//Теория и практика физ. культуры. 1970. № 6. С. 10.
22. *Верхошанский Ю. В., Мироненко И. Н., Антонова Т. М. и др.* Модель динамики состояния спортсмена в годичном цикле и ее роль в управлении тренировочным процессом//Теория и практика физ. культуры. 1982. № 1. С. 14.
23. *Семенов В. Г.* Экспериментальное обоснование средств специальной скоростно-силовой подготовки женщин-спринтеров: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Л.: ГДОИФК, 1971. 22 с.
24. *Антонова Т. М.* Управление специальной силовой подготовкой прыгунов в длину: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: ВНИИФК, 1983. 24 с.
25. *Мироненко И. Н.* Распределение основных средств специальной подготовки прыгунов тройным прыжком в годичном цикле: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: ГЦОЛИФК, 1983. 23 с.
26. *Левченко А. В.* Специальная силовая подготовка бегунов на короткие дистанции в годичном цикле: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: ГЦОЛИФК, 1982. 23 с.
27. *Хачатрян О. В.* Управление тренировочным процессом десятиборцев высокой квалификации на основе контроля уровня их скоростно-силовой подготовленности: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: ГЦОЛИФК, 1984. 23 с.
28. *Верхошанский Ю. В.* Долговременный отставленный тренировочный эффект силовых нагрузок//Теория и практика физ. культуры. 1983. № 5. С. 5.
29. *Millward D. J., Davies C. T. M., Halliday D. et al.* Effect of exercise on protein metabolism in humans as explored with stable isotopes//Federation Proc. 1982. V. 41. P. 2680.
30. *Booth F.* Effects of endurance exercise on cytochrome c turnover in skeletal muscle//Ann. N. Y. Acad. Sci. 1977. V. 301. P. 431.
31. *Fox E. L., Mathews D. K.* The physiological basis of physical education and athletics. Philadelphia et al.: Saunders Co, 1981. P. 282.
32. *Beckman E. L.* Aerospace Med. 1961. V. 32. № 11. P. 1031.
33. *Летунов С. П.* О некоторых путях повышения функциональных возможностей организма в процессе спортивной тренировки//Теория и практика физ. культуры. 1967. № 12. С. 34.
34. *Яковлев Н. Н.* Значение нарушений гомеостаза для эффективности процесса тренировки//Теория и практика физ. культуры. 1971. № 2. С. 23.
35. *Виру А. А.* Проблема увеличения пластического резерва организма в процессе тренировки//Теория и практика физ. культуры. 1980. № 2. С. 19.
36. *Бауэр Э. С.* Теоретическая биология. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1935. С. 206.

Тартуский государственный университет

Поступила в редакцию  
20.1.1986