

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СМОЛЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ СПОРТА»

Кафедра биологических дисциплин

П.А. Терехов, Т.М. Брук

СПОРТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

в историческом и профессиональном аспектах:
учебное пособие (для самостоятельной работы)

Смоленск
2024

УДК 612.766.1:796.0

ББК 75.03

Т 35

*Издание подготовлено на кафедре биологических дисциплин
Смоленского государственного университета спорта*

Рецензенты:

доктор биологических наук Ю.А. Гордеев

доктор педагогических наук, доцент К.Н. Ефременков

Рекомендовано методическим советом ФГБОУ ВО «СГУС»

Т 35 Терехов П.А., Брук Т.М. Спортивная физиология в историческом и профессиональном аспектах: учебное пособие (для самостоятельной работы) / П.А. Терехов, Т.М. Брук. – Смоленск: ФГБОУ ВО «СГУС», 2024. – 149 с.

В учебном пособии в историческом и профессиональном анализе изложена основополагающая информация об основных разделах спортивной физиологии, представлена физиологическая характеристика физических упражнений, различных зон мощности, состояний организма при спортивной деятельности, утомлении, восстановительных процессах, а также основ двигательных навыков, развития физических качеств, механизмов адаптации в процессе спортивной тренировки, развития состояния тренированности и спортивной тренировки.

Предназначено для студентов, магистрантов, аспирантов вузов физической культуры для самостоятельной работы по дисциплинам «Физиология человека», «Физиология спорта», «Спортивная медицина», «Мониторинг физического состояния» и направлениям подготовки 49.04.03 «Спорт», профиль «Спортивная подготовка. Тренерско-преподавательская деятельность в области физической культуры и спорта»; 49.03.01 «Физическая культура», профиль «Спортивная подготовка в избранном виде спорта», «Менеджмент в физической культуре и спорте», «Физкультурное образование»; 49.03.02 «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)», профиль «Физическая реабилитация», 49.03.03 «Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм», профиль «Спортивно-оздоровительный туризм». Пособие снабжено комплектом мультимедийных иллюстраций.

ISBN 978-5-94578-212-9

© П.А. Терехов, Т.М. Брук, 2024

© ФГБОУ ВО «СГУС», 2024

Оглавление

Список условных обозначений.....	5
1. Физиология спорта как наука о физическом воспитании	6
1.1. Предмет и метод физиологии спорта	6
1.2. Роль отечественных исследователей в развитии физиологии спорта.....	7
1.3. Мышечная деятельность – необходимое условие жизнедеятельности человека в современном мире.....	11
2. Физиологическая характеристика физических упражнений.....	15
2.1. Физиологическое обоснование классификации физических упражнений.....	15
2.2. Физиологическая классификация физических упражнений.....	17
3. Физиологическая характеристика различных зон мощности по В.С. Фарфелю.....	20
3.1. Физиологическое обоснование классификации физических упражнений.....	20
3.2. Физиологическая характеристика упражнений максимальной мощности.....	21
3.3. Физиологическая характеристика упражнений субмаксимальной мощности.....	25
3.4. Физиологическая характеристика упражнений большой мощности.....	26
3.5. Физиологическая характеристика упражнений умеренной мощности... ..	28
3.6. Физиологическая характеристика упражнений переменной мощности	31
4. Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности.....	33
4.1. Физиологическая характеристика вработывания.....	33
4.2. Физиологическое значение разминки.....	36
4.3. Физиологическая характеристика предстартовых изменений.....	38
5. Физиологическая характеристика утомления.....	39
5.1. Гуморально-локалистические теории утомления.....	39
5.2. Роль ЦНС в развитии утомления.....	42
5.3. Виды утомления.....	46
6. Физиологическая характеристика восстановительных процессов.....	47
6.1. Механизм восстановительных процессов.....	47
6.2. Закономерности восстановительных процессов.....	51
6.3. Критерии готовности к повторной работе.....	54
6.4. Средства, ускоряющие восстановление работоспособности.....	55
6.5. Эффективность применения избранных средств восстановления.....	63
7. Физиологические основы двигательных навыков.....	63
7.1. Роль ЦНС в координации движений.....	63
7.2. Механизм произвольных движений по И.П. Павлову.....	65
7.3. Динамический стереотип – физиологическая основа двигательного навыка.....	67

7.4. Условия образования двигательного навыка.....	68
7.5. Роль процессов торможения в освоении новых движений.....	69
7.6. Фазы формирования двигательного навыка.....	71
7.7. Роль 1-й и 2-й сигнальных систем.....	73
7.8. Новое в построении движений по П.К. Анохину и К.В. Судакову.....	73
8. Физиологические механизмы развития физических качеств.....	79
8.1. Общая характеристика физических качеств.....	79
8.2. Физиологическая характеристика мышечной силы.....	80
8.3. Физиологическая характеристика быстроты (скоростных способностей).....	93
8.4. Физиологическая характеристика выносливости.....	94
8.5. Физиологическая характеристика ловкости или координации движений.....	100
8.6. Физиологическая характеристика гибкости или суставной подвижности.....	103
9. Физиологические механизмы адаптации в процессе спортивной тренировки.....	106
9.1. Понятие об адаптации и общем адаптационном синдроме.....	106
9.2. Фазы адаптации организма к физическим нагрузкам.....	110
9.3. Дезадаптация организма к физическим нагрузкам.....	112
9.4. Понятие о функциональных резервах организма и их классификация...	113
10. Физиологическая характеристика тренированности организма.....	118
10.1. Физиологический механизм развития состояния тренированности....	118
10.2. Физиологические показатели тренированности в покое и при мышечной работе (стандартного и предельного характера).....	120
10.3. Механизм и причины возникновения, формы проявления и способы предупреждения состояния перетренированности.....	124
11. Физиологические основы спортивной тренировки.....	127
11.1. Физиологическая характеристика тренировки.....	127
11.2. Анализ величины тренировочной нагрузки.....	128
11.3. Физиологическое обоснование принципов спортивной тренировки....	130
11.4. Физиологическая характеристика периодизации спортивной тренировки.....	135
11.5. Физиологическое понимание спортивной формы.....	136
11.6. Физиологическое обоснование методов тренировки.....	138
Литература.....	141

Список условных обозначений

WADA – всемирное антидопинговое агентство;
АД – артериальное давление;
АКТГ – адренокортикотропный гормон;
АПК – аппаратно-программный комплекс;
АРД – акцептор результата действия;
АТФ – аденозинтрифосфорная кислота;
ВНД – высшая нервная деятельность;
ГГС – гипоталамо-гипофизарная система;
ГД – глубина дыхания;
ДАД, мм. рт. ст. – диастолическое артериальное давление;
ДК, усл. ед. – дыхательный коэффициент;
ДО – дыхательный объем;
И.П. – исходное положение;
ИВС – избранный вид спорта;
ИГТ – интервальная гипоксическая тренировка;
КБП – кора больших полушарий;
КОС – кислотно-основное состояние;
КРС – кардиореспираторная система;
КРТ – кардиореспираторный тест;
КрФ – креатинфосфат;
ЛВ, л/мин – легочная вентиляция;
МВЛ, л/мин – максимальной вентиляции легких;
МОД, л/мин – минутный объем дыхания;
МОК, л/мин – минутный объем кровообращения;
МПК, л/мин – максимальное потребление кислорода;
МЦР – микроциркуляторное русло, обменного звена кровеносных сосудов, участвующих в регуляции двигательного акта;
ПАНО, ммоль/л – порог анаэробного обмена;
рН – водородный показатель – мера кислотности водных растворов;
РУСАДА – российское антидопинговое агентство;
САД, мм. рт. ст. – систолическое артериальное давление;
САС – симпатoadреналовая система;
СВ – специальная выносливость;
Система СИ – (фр. *Système international d'unités*, SI) – система единиц физических величин, современный вариант метрической системы;
СОК, мл – систолический объем крови;
ССС – сердечно-сосудистая система;
СТГ – соматотропный гормон (соматотропин);
ТТГ – тиреотропный гормон;
ФВ – физическое воспитание;
ФВД – функция внешнего дыхания;
ФК и С – физическая культура и спорт;
ФМБА России – Федеральное медико-биологическое агентство России;
ФОК – физкультурно-оздоровительный комплекс;
ФС – функциональное состояние;
ЦНС – центральная нервная система;
ЧД, цикл/мин – частота дыхания;
ЧСС, уд/мин – частота сердечных сокращений.

1. Физиология спорта как наука о физическом воспитании

1.1. Предмет и метод физиологии спорта

Как и всякая наука, физиология спорта имеет свой предмет, т.е. определенную область изучения. В настоящее время спортивные рекорды повышаются в геометрической прогрессии с исключительной крутизной нарастания. Трудно представить вид спорта, в котором бы рекорд был постоянным. Одной из причин этого бурного роста является использование данных науки в целях физического совершенствования и воспитания. Сейчас нельзя представить себе преподавателя, тренера или спортсмена, не применяющие эмпирические научные достижения. Среди классических наук, на которые базируется физическое воспитание, практическое значение занимает физиология спорта.

Предметом данной дисциплины является изучение воздействия на организм атлета избранной мышечной деятельности. Физиология спорта является составной частью общей физиологии человека. Данная учебная дисциплина изучает физиологические механизмы, которые происходят в процессе занятий избранным видом спорта, оценивает функциональные сдвиги в работающих мышцах, системе вегетативного обеспечения, уровне нейронального метаболизма.

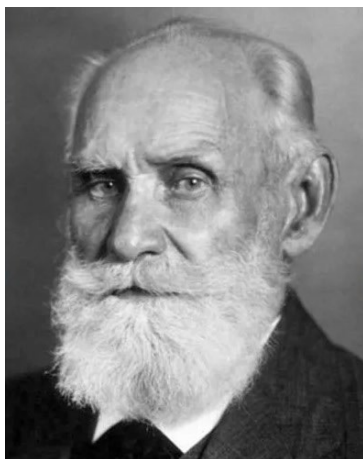
Физиология спорта – наука экспериментальная. Основным методом ее – это эксперимент (от греч. слова «experimentum» - опытная проба). Необходимо получить эмпирический факт. «Факт – это воздух ученого-экспериментатора» – говорил И.П. Павлов (1849-1936). Физиология спорта применяет и методы познания действительности на основе привлечения других отраслей знаний: биомеханики, биохимии, биофизики, кибернетики и др.

Спортивная физиология внедряет данные из учебно-тренировочной практики, обобщает её накопившейся ретроспективный опыт. Достоверная информация анализируется также физиологами, врачами функциональной диагностики и обосновывается с позиции фундаментальной и прикладной науки. Физиология спорта не только констатирует факты, но и играет прогнозирующую роль (спортивная ориентация/селекция/отбор одаренных детей). Данная дисциплина нужна и для различных областей спортивной деятельности: клубов, фитнес центров, ФОК, индустрии развлечений и активного отдыха и др.

В настоящее время необходимо осуществлять поиск скрытых функциональных резервов в подготовке спортсменов высокого класса. Профессиональный отбор – один из подобных способов решения этой проблемы. В фундаментальной науке, а также в следующих видах искусства (живопись, музыка, графика, литература, хореография, музыка и др.) выработан алгоритм качественного его анализа, в спорте этот вопрос еще недостаточно структурирован. Поэтому на текущий момент ученые сконцентрировали свои знания в области научного обоснования спортивного прогнозирования.

1.2. Роль отечественных исследователей в развитии физиологии спорта

Работы по физиологии спорта в России и за рубежом были начаты еще во второй половине XIX века. Однако спортивная физиология как наука сформировалась в 40-50-х годах XX века.



Иван Петрович Павлов (1849-1936) – первый отечественный лауреат Нобелевской премии, за работу по физиологии пищеварения, 1904 г.

Большую роль в ее развитии сыграли фактические данные и идейные установки отечественной школы физиологии. Это, в частности, физиологические закономерности И.П. Павлова (1849-1936) о целостности организма и единства его с окружающей средой, а также идея об изменчивости функциональных свойств под влиянием выполняемой работы и учения об общих закономерностях реагирования возбудимых систем организма Н.Е. Введенского (1852-1922).



Николай Евгеньевич Введенский (1852-1922) русский физиолог, основоположник учения об общих закономерностях реагирования возбудимых систем организма

Необходимо отметить и других отечественных ученых:

– 1886 г. И.О. Розанов «Исследование влияния упражнений на силу»;

– 1889 г. С.С. Груздев и Я.М. Пассовер «Влияние академической гребли на физиологические константы и функции»;

– 1894-98 гг. Ю.В. Блажевич, В.А. Курдюмов «Исследование влияния велосипедной езды на организм человека».

Такие ученые, как И.П. Павлов, И.М. Сеченов, Н.Е. Введенский, А.А. Ухтомский и др. не работали в области физиологии физических упражнений, но занимались вопросами мышечной деятельности организма человека, чем внесли большой вклад в физиологию спорта.



Алексей Алексеевич Ухтомский (1875-1942) – создал учение о доминанте, поведение человека и животных направлено на удовлетворение преобладающей потребности



Леон Абгарович Орбели (1882-1958) – советский физиолог, генерал-полковник медицинской службы, один из создателей эволюционной физиологии

Необходимо отметить профессора Л.А. Орбели – первого заведующего кафедрой физиологии Государственного института физического образования имени П.Ф. Лесгафта (1919-1927 г.), образованного Декретом СНК от 22.10.19 г., лично визированный В.И. Лениным, на основании курсов Высшей подготовки по физическому образованию. Авторские исследования о развитии координационных механизмов двигательной деятельности и об адаптационно-трофической роли симпатической нервной системы сыграли важную роль в формировании физиологии спорта.

Одним из основоположников советской физиологии спорта является А.Н. Крестовников (1885-1955), заведующий кафедрой физиологии в Ленинградском институте физкультуры. Он внес большой вклад в изучение вопроса о физиологической структуре образования двигательного навыка, о физиологических основах спортивной тренировки. Его монографии «Физиология спорта» и «Очерки по физиологии физических упражнений» до сих пор являются ценными руководствами в спортивной физиологии.

Не маловажный вклад в развитие физиологии спорта внес В.С. Фарфель (1904-1979).



Алексей Николаевич Крестовников (1885-1955) – основоположник нового раздела физиологической науки в России – физиологии физических упражнений и спорта



Владимир Соломонович Фарфель (1904-1979) написал монографию «Управление движениями в спорте», разработал классификацию физических упражнений (1970) по зонам относительной мощности

Много сделали для развития физиологии спорта зарубежные ученые:

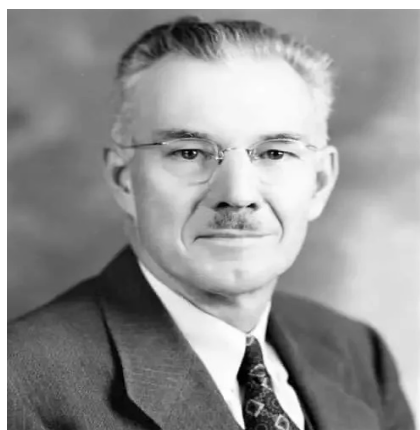
– американские: R.A. Granit (1900-1991); Jack Wilmore (1938-2014), David Costill (1940-year of birth), авторы книги «Физиология спорта и двигательной деятельности», 1977 г.);

R.G. Coleman (1893-1966) впервые в мире осуществил комплексные эксперименты в области физиологии спорта, опубликовав монографию «Психология лёгкой атлетики» (1928).

– английские: Francis Arthur Bainbridge (1874-1921), Haldan Keffer Hartline (1903-1983), Archibald Vivian Hill (1886-1977), получивший в 1923 г. Нобелевскую премию за работы по энергетике мышечной деятельности;

– скандинавские: Alfred Lingard (1849-1938), Per-Olof Astrand (1922-2015), Erna Ingeborg Christensen (1906-1967);

– итальянские: Angelo Mosso (1846-1910); Rodolfo Margaria (1901-1983), и другие.



Роберт Гриффит Колеман (1893-1966) – профессор Американского университета штата Иллинойс, возглавлял первую открытую Атлетическую лабораторию исследований спорта в США (1925)

Какие проблемы изучает физиология спорта XXI века? Это, прежде всего, вопросы выносливости, повышения физической работоспособности (изучение условий, в которых необходимо показать оптимальный спортивный результат для конкретного по важности соревнования), адаптации в условиях двигательной гипоксии, акселерации (ускоренного развития) молодежи, ориентации и селекции одаренных детей на раннем этапе онтогенеза.

1.3. Мышечная деятельность – необходимое условие жизнедеятельности человека в современном мире

Эта необходимость сформирована всем ходом эволюционного развития животного мира. Исторически, чтобы человеку достать пищу, ему необходимо было проделывать огромную мышечную работу: охотиться, строить, обрабатывать поля, применять специальные средства и т.д.

Академик А.И. Берг (1893-1979) еще в 1970 году доказал, что еще 100 лет назад на долю физического труда приходилось 90%, а в настоящее время всего – 10%. Поэтому на текущий момент проблема решения **гиподинамии** (уменьшения двигательной активности урбанизированного человека) приобретает особую актуальность. Существующая система автоматизации производственных процессов также приводит к уменьшению двигательного компонента в жизни человека (многие профессии связаны с 6-8 часовым выполнением рабочих операций сидя за письменным столом, за машиной, компьютером и т.д.).



Аксель Иванович Берг (1893-1979) основоположник отечественной школы биотехнических систем и технологий, а также биологической кибернетики, изучавшей закономерности саморегулирования физиологических функций в норме

При гиподинамии снижается интенсивность обмена веществ, нарушаются функции центральной нервной системы, кровообращения и дыхания, желез внутренней секреции, страдает опорно-двигательный аппарат. Если же мышцы бездействуют - ухудшается их питание, уменьшаются объем и сила, снижаются эластичность и упругость, они становятся слабыми, дряблыми. Ограничения в движениях, пассивный образ жизни приводят к различным пред- и патологическим изменениям в организме человека.

Так в исследовании В.В. Вострокнутова (2022) в результате последствия пандемии «COVID-19» и широкоформатного внедрения в учебный процесс дистанционных технологии обучения у студентов достоверно выросли жалобы на болевые ощущения в области головы, суставов, спины, отмечен повышенный уровень стресса и дискомфорта, склонность к апатии, ухудшение остроты зрения, рост индекса хронического утомления.

Исследования физиологов показали, что даже кратковременная гиподинамия отражается как на двигательных, так и на вегетативных функциях.

Так, Т.Р. Зулькарнаев еще в 2014 году выявил наличие морфологических и функциональных изменений во внутренних органах экспериментальных крыс, степень развития которых напрямую зависела от длительности принудительной адинамии. Со стороны сердечной мышцы автором отмечены дизрегуляция кровообращения, проявляющиеся увеличением просвета посткапиллярных венул и капилляров, диагностировались кровоизлияния значительного объема, образовывались клетки, подвергнутые кариолизису, кариопикнозу и кариорексису. В ряде случаев выделились характерные черты микроинфаркта миокарда. В клетках печени обнаружались центры кровоизлияния, были полнокровны и стремительно расширены внутريدольковые синусоидные капилляры, отмечалась периваскулярная отечность. В легочной ткани также обнаружилось чрезмерное полнокровие. В надпочечниках к тому же обнаружены признаки кровоизлияния в соединительно-тканную капсулу органа. Лишь умеренные физические нагрузки, по мнению автора, считаются благоприятными для профилактики гиподинамических проявлений.

С.А. Салехов (2016) представил схему влияния гиподинамии на развитие соматопсихических изменений в организме человека.

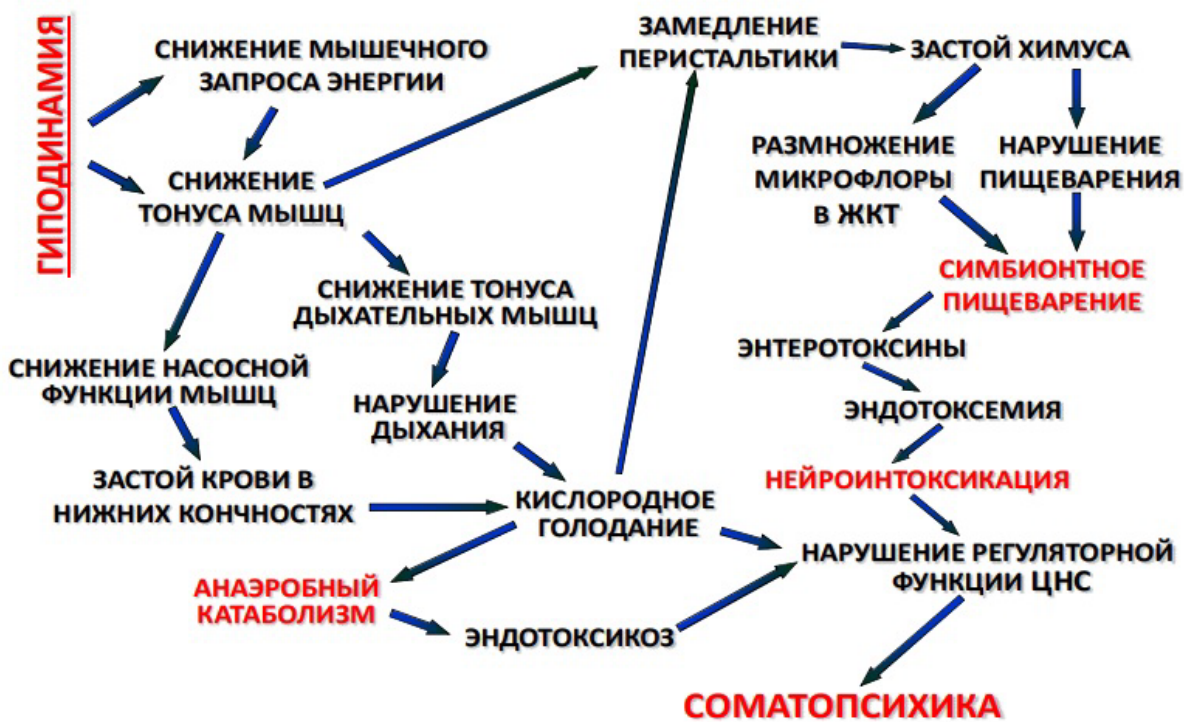


Рисунок 1 – Влияние гиподинамии на развитие соматопсихических изменений в организме человека (С.А. Салехов, 2016)

Важнейшей проблемой современного стиля и образа жизни человека стала проблема воздействия гиподинамии, в том числе и **в космических экспериментах.**

Так И.А. Ничипорук (2011), И.В. Рукавишников (2017), И.М. Ульянкин (2017), обнаружили у космонавтов, которые в течение 20-30-дневного исследования были в состоянии полного функционального покоя в сердечно-сосудистой, дыхательной системах дегенеративные изменения, особенно это выражено было у людей старше 50 лет. При ограничении движений происходит не только атрофия мышц, но и снижение потенциальных возможностей вегетативных функций человека. Эти изменения происходят оттого, что существует проприоцептивная сигнализация, т.е. нормальная работа внутренних органов зависит от импульсов, приходящих от мышц и сухожилий, эти импульсы стимулируют активность вегетативной системы.

Более того, у космонавтов, в ходе проведения полетных испытаний отмечались существенные сдвиги в липидном, холестеринном обмене веществ, что значительно увеличивало степень риска осложнений сердечно-сосудистой патологии в отставленные сроки после окончания миссий (Е.А. Маркина, 2021).

В настоящее время идет интенсификация тренировочного процесса. Так, в большинстве видов спорта в настоящий момент тренировки проходят 2-3 раза ежедневно, в течение 6-го дневного микроцикла, что чревато возникновением состояния перенапряжения организма, которое может

привести к **синдрому перетренированности** (от англ. overtraining syndrome) и требует углубленного медико-биологического сопровождения атлета.

Так, в 2010 году француз Nicolas Pietrangeli и американец John Isner провели самый продолжительный матч в течение 3-х дней в истории мирового большого тенниса по правилам Уимблдона (Англия), с чистым временем нахождения атлетов на корте более 11 часов, что привело к перетренированности организма спортсменов.

В.А. Бадтиева (2018), выделила следующие этапы синдрома перетренированности в спорте.

Таблица 1 – Стадии образования синдрома перетренированности (В.А. Бадтиева, 2018)

Эффект, training	Суперкомпенсация после адекватного восстановления			Регресс функциональных возможностей		
				Перегрузка (англ. overreaching - OR)		Перетренированность, overtraining
Эффект влияния	Утомление, fatigue	Выраженное утомление, exhaustion	Кумуляция утомления, overloading	Функциональная перегрузка, англ. functional overreaching - FOR	Органическая перегрузка, англ. nonfunctional overreaching - NFOR	
Работа	Возрастает			Кратковременно снижается	На том же уровне или снижается	Длительно снижается
Восстановление (t)	Часы	Часы-дни	Дни	Дни-недели	Недели-месяцы	Месяцы

Выше перечисленные примеры объективно доказывают системообразующую потребность человека в движении, пользе избранной физической работы в повседневной практике. На этот случай И.М. Сеченов (1829-1905) выдвинул следующее фундаментальное открытие: в независимости от вида деятельности современного общества, ее внешним проявлением служит моторная координация человека. Автор сказал так «Смеется ли ребенок при виде игрушки, улыбается ли Гарибальди, когда его гонят за излишнюю любовь к Родине, дрожит ли девушка при мысли о любви, создает ли Ньютон мировые законы и пишет их на бумаге – везде окончательным фактором является мышечное движение».



Иван Михайлович Сеченов (1829-1905) – создатель физиологической школы, создал учение о рефлексах головного мозга, осуществив тем самым переворот в биологической науке

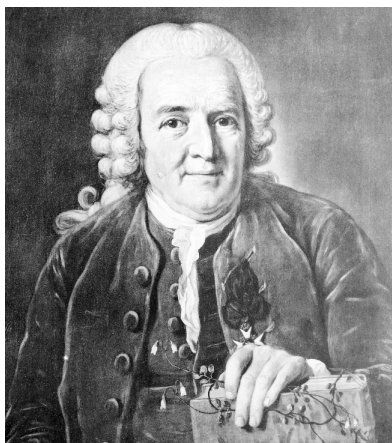
2. Физиологическая характеристика физических упражнений

2.1. Физиологическое обоснование классификации физических упражнений

Спортивная деятельность характеризуется выполнением большого числа физических упражнений. Тренировка, главным образом, связана с решением разнообразных двигательных задач, совершенствованием физического развития, формированием двигательных навыков. В соревновательной деятельности физические упражнения направлены на достижение оптимального результата.

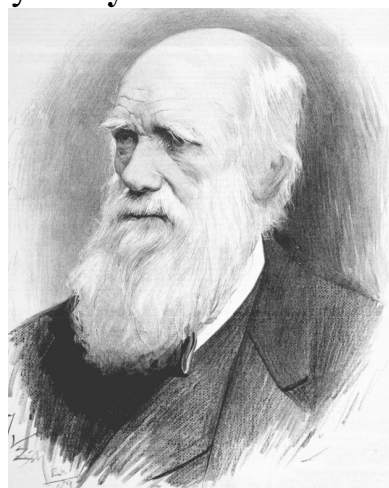
Каждое физическое упражнение характеризуется особой структурой двигательных действий, соответствующими параметрами движений (силовыми, временными и пространственными), режимами работы мышц, механизмами обеспечения энергией и т.д. В настоящее время существует огромное количество физических упражнений и представляется необходимость их классификации. В её основе лежат наиболее общие характеристики данных движений. К числу таких характеристик относятся структура двигательного навыка, сила и мощность мышечных сокращений, режимы работы мышц, механизмы обеспечения энергией, значимость достижений от уровня развития физических качеств и т.д. Необходимость подобной классификации связана с различием функциональных изменений в организме спортсмена при выполнении разнообразных физических упражнений. В науке, технике, в любых других областях знаний вопросы классификации имеют огромное значение. Научно обоснованные, правильно классифицированные понятия дают возможность учесть последовательность, определенную преемственность, степень сложности той или иной системы. Создание научной классификации дело трудное. В свое время была предпринята попытка классифицировать

растения, животных. Первым это сделал Карл Линней (1707-1778), разделивший растения и животных на виды, подвиды, семейства и т. д.



Карл Линней (1707-1778) – шведский естествоиспытатель, создавший систему классификации растительного и животного мира

Эта первая классификация была создана по формальным, внешним признакам. Только в 1859 году Чарльз Дарвин в своем труде «Происхождение видов» впервые дал частичную **научно-обоснованную** классификацию.



Чарльз Роберт Дарвин (1809-1882) – английский путешественник и натуралист, является основателем многих биологических теорий, главными из которых являются теория о происхождении человека на Земле и гипотеза об эволюции

И в спорте вопросы классификации играют очень важную роль. В спорте очень трудно создать научную систематизацию физических упражнений и, хотя ученые и стремились ее сделать, в настоящее время еще не существует единой, общепринятой научной классификации.

Каждое отдельное физическое упражнение отличается от других. Однако если давать физиологическую характеристику в отдельности, пришлось бы дать несколько сотен интерпретаций, в которых некоторые были бы очень сходны

между собой. Поэтому ученые попытались найти те структурные общности, которые были бы одинаковыми для целого ряда спортивных движений.

Возникновение физиологической классификации локомоторной активности человека стратегически целесообразно, поскольку без нее есть вероятность запутаться в огромном количестве двигательных актов. В спорте существует своя систематизация, которая складывалась на протяжении многих лет. Принципы, которые закладывались в ее основу, были часто формальными.

Так, к группе водного спорта относятся и гребля, и плавание, и прыжки в воду, и парусный спорт, т.е. локомоции, связанные с водой. Такой термин как легкая атлетика тоже является формальным и включает в себя совсем не схожие упражнения: бег, метания, ходьбу и прыжки.

Пределно понятно, что для физиологической дифференциации исходить от таких исторически сгруппированных в спортивной истории упражнений нельзя. Для нее необходимы четкие признаки, функциональные общности, которые характерны для различных спортивных упражнений.

Физиологическое объединение двигательных действий должно служить целям педагогического воздействия. Во-первых, классификация требуется для преподавания спортивной физиологии. Во-вторых, помогает тренерам, врачам, т.к. способствует выяснению влияния отдельных аспектов двигательной активности на организменном уровне. В-третьих, решает теоретические и методические задачи физической культуры, т.к. способствует формированию общепринятых комплексных приемов обучения и организации оздоровительной тренировки для целых групп населения.

2.2. Физиологическая классификация физических упражнений

В настоящее время физиологическая классификация предусматривает деление физических упражнений, в качестве системообразующего фактора которых отбирается один лимитирующий признак (**аналитические классификации**):

К последней группе относят следующие **маркеры**:

- критерий исторически образовавшихся систем ФВ (туризм; игры; гимнастика; спорт);
- анатомический признак (мышцы брюшного пресса, ног, рук, спины и т. д.);
- биомеханическая организация движений (ациклические, циклические, смешанные локомоции);
- способ реакции организма атлета на внешние условия (нестандартные (единоборства, спортивные игры, кроссы) и стандартные движения);
- исключительное доминирование в развитии физических качеств (гибкости, силы, выносливости, быстроты, ловкости);
- механическая работа скелетных мышц (статическая (удержание снаряда, груза, исходной позы) и динамическая (перемещение в пространстве/времени));

- расчетная мощность в относительных единицах (движения большой, субмаксимальной, максимальной, умеренной и переменной зоны);
- уровень построения движений по Н.А. Бернштейну (1896-1966) от А до Е (тонуса и осанки, мышечно-суставных увязок, пространства, действий, смысловой координации);



Николай Александрович Бернштейн (1896-1966) – советский психофизиолог, педагог, создатель нового направления исследований - физиологии активности

- степень распределения двигательных усилий (небаллистические (плавание, ходьба) и баллистические локомоции (прыжки, метания);
- сложность моторной координации (движения перекрестные, поочередные, симметричные/односторонние, асинхронные);
- характер вработываемости отдельных групп мышц: локальные или местные (менее 1/3), региональные (от 1/3 до 1/2) и глобальные (более 1/2 задействованной мышечной МТ) движения. К первым относятся стрельба из лука, пистолета, арбалета, определенные гимнастические действия; ко вторым акты, выполняемые с помощью пояса верхних конечностей, туловища, спины; к третьим длительные дистанции бега, езды на велосипеде, гребли, лыжных гонок;
- критерий взаимодействия мышц с внешним сопротивлением (отрицательная работа (уступающий); положительная работа (преодолевающий), нулевая работа (статический) режимы;
- доминирующий энергетический источник энергии (анаэробно-алактатный или креатинфосфокиназный, анаэробно-лактатный или гликолитический и аэробный или окисление пищевых веществ);
- уровень энергозатрат: с высокими затратами по потреблению кислорода более 4-6 литров в минуту (плавание, бег, лыжные гонки); средними 2-4 л/мин (спортивные игры); и низкими – менее 2 л/мин (борьба, бокс, фигурное катание);
- вид локомоций: естественные (бег, ходьба); со скольжением (коньки, лыжи); с использованием рычажных передач (гребля, велоспорт); в иной среде (плавание, парусный спорт);

– хронометраж физической нагрузки: дистанции определенного объема работы в циклических видах и временного диапазона (бокс, хоккей, борьба, футбол и др.);

– режим интенсивности нагрузки: максимальный (90-100%) – предельное развитие силы и скорости, соревновательный уровень; тяжелый (80-90%) – рост мышечной массы, развитие взрывной силы; средний (70-80%) – развитие аэробных способностей, рост ударного объема сердца; легкий (60-70%) – рост общей выносливости, сжигание жира; очень легкий (50-60%) – разминка, зарядка, восстановление;

– признак объема избранной нагрузки: малые (не вызывающие наглядного физиологического эффекта); восстанавливающие (недостаточные для поддержания достигнутого уровня, но ускоряющие процессы восстановления после выполнения тренирующей нагрузки); тренирующие; поддерживающие (недостаточные для изменений, но исключают обратное развитие тренированности); чрезмерно большие.

Также в практике спорта выделяют **синтетические классификации** физических упражнений, в качестве системообразующего фактора которых отбирается несколько лимитирующих признаков:

– большое значение имеет рабочая поза (исходное положение), из которого начинается выполнение упражнений. Рабочая поза – это фон, на базе которого строится само упражнение, от этого зависит выполнение упражнений. Позы (исходные положения) бывают простые и сложные и, если простые построены на базе, безусловно-рефлекторной, деятельности, то сложные позы – на деятельности условных рефлексов. По занимаемой исходной позе, в которой выполняется упражнение: лежа (стрельба, плавание); сидя (конный спорт и др.); стоя (борьба, бокс, тяжелая атлетика, фехтование и др.); с опорой на руки (упоры, стойки, висы).

– по стандартным (стереотипным) и ситуационным (нестандартным) локомоциям. Стереотипные акты подразделяются по критерию количественной (в метрах, килограммах, секундах) и качественной принадлежности (в баллах), в синхронном плавании, гимнастике, фигурном катании. Движение количественного значения разделяются на циклические и ациклические. Циклические виды подразделяются на пять зон относительной мощности. Ациклические виды делятся на композиционные (многоборья и сложно-координационные движения) и одномоментные (скоростно-силовые и преимущественно силовые). Противоборства разделены на единоборства (прямые и опосредованные), а спортивные игры – зональные и смешанные.

– классификация физических упражнений по спортивной специализации: соревновательные; специально-подготовительные; обще-подготовительные.

3. Физиологическая характеристика различных зон мощности по В.С. Фарфелю

3.1. Физиологическое обоснование классификации физических упражнений

Все циклические упражнения разделяются по своей интенсивности на четыре большие группы - зоны относительной мощности (В.С. Фарфель, 1937). Критериями подразделения являются объем работы, выполненный спортсменом в единицу времени. Физиологическими маркерами мощности физических упражнений являются относительные энерготраты (в единицу времени или на единицу выполненной работы) и кислородный запрос.

Упражнения каждой из этих групп имеют свою функциональную характеристику. В связи с этим анализ циклических локомоций проводится применительно к этим четырем группам, характеризующих движения умеренной, большой, субмаксимальной и максимальной мощности. Кроме того, впоследствии авторы (В.Г. Тристан, 2003; А.С. Чинкин, 2016) отдельно выделили **переменную** мощность.

В 30-х годах XX века сэр Аргибалд Вивиен Хилл (1886-1977) начертил кривую зависимости между скоростью и продолжительностью выполненных двигательных циклических актов по данным мировых спортивных рекордов.

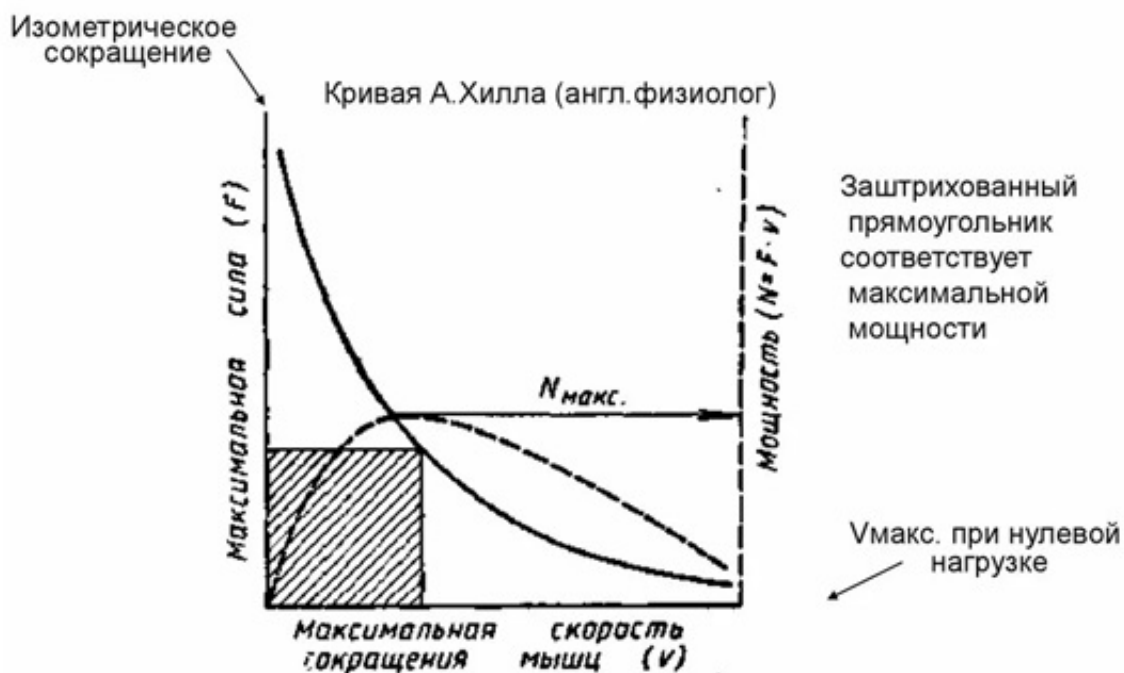


Рисунок 2 – Зависимость между силой и скоростью сокращения (кривая А.В. Хилла)

В 1937 году В.С. Фарфель рассмотрел эту кривую, отложив на осях ординат основания десятичных логарифмов, и получил так называемую экспотенциальную кривую.

На этой кривой видно 4 перегиба, что свидетельствовало о том, что физические и физиологические факторы, лимитирующие скорость и продолжительность движений в этих районах не совсем одинаковы. В связи с этим, функциональный анализ циклической мышечной деятельности проводится применительно к этим зонам кривой, характеризующим упражнения от максимальной до умеренной интенсивности.

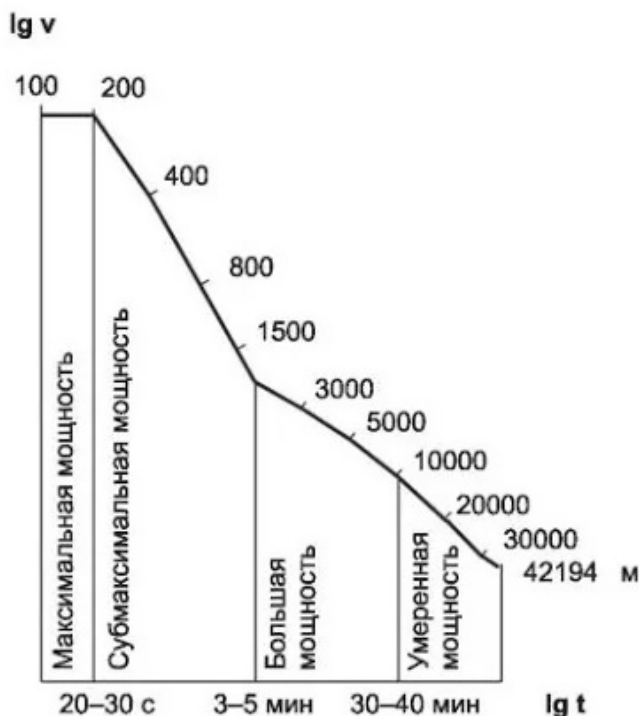


Рисунок 3 – Экспоненциальная кривая десятичных логарифмов (кривая В.С. Фарфеля), характеризующих упражнения от максимальной до умеренной мощности

3.2. Физиологическая характеристика упражнений максимальной мощности

Упражнениями максимальной интенсивности называются циклические двигательные акты, выполняемые продолжительностью до 20-30 секунд в предельном темпе. В этих упражнениях достигается наибольшая скорость выполнения движений, так в легкоатлетическом беге, например, скорость бега достигает, 10 м/сек. К этим локомоциям относятся спринтерские дистанции – легкоатлетический бег на 200 м и 100 м, плавание на 50 и 25 м, езда на велосипеде (трек) и некоторые другие упражнения.

Физиологические особенности. Для этого вида циклических упражнений характерны огромные энергозатраты в единицу времени до 4 ккал/сек. Наблюдается огромный кислородный запрос – до 9 литров на 10-20 секунд работы. В пересчете на одну минуту этот показатель составляет 35-40 литров. Исследования показывают (D. Joуse, 2014; Л.В. Капилевич, 2016), что при упражнениях максимальной мощности кислородный запрос

удовлетворяется лишь на 5-10%. При беге на 100 и 200 м потребляется лишь 0,5-1,0 л кислорода. Поэтому возникает огромный кислородный долг, составляющий 90-95% от O_2 -запроса, суммарный же кислородный долг – до 8 литров. Ликвидация кислородного долга затягивается на 20-40 минут.

Большой O_2 -долг образуется по следующим причинам:

– кратковременность работы и максимальные энергозатраты в единицу времени. Так как эти упражнения очень непродолжительны, то не наступает полноценного периода вработываемости организма. Даже если бы вработывание наступало, то и тогда потребление O_2 за минуту было бы только 4-5 литров, а при этой работе требуется 35-40 литров. Из этого следует, что в энергетическом обеспечении мышечной деятельности преобладают анаэробные (бескислородные) реакции;

– ограниченные возможности основных вегетативных систем организма. Максимально возможное потребление O_2 – 4-5 литров, а запрос – 40 литров. При упражнениях максимальной интенсивности изменения вегетативных функций не максимальные, а субмаксимальные (околопредельные).

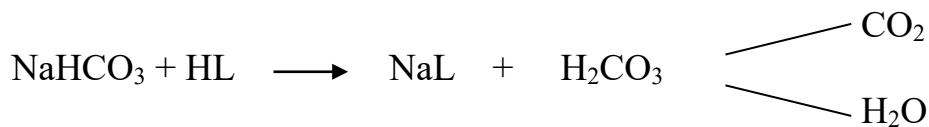
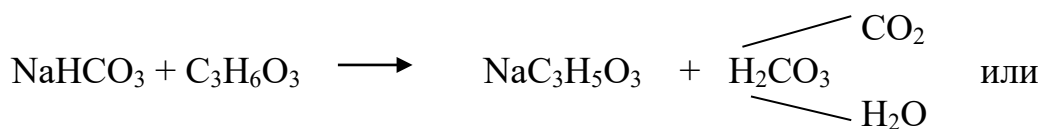
Частота сердечных сокращений может достигнуть своих предельных величин – 200-220 ударов, однако остальные ведущие маркеры ССС ниже предельных сдвигов. Так, систолический объем сердца в среднем 100-110 мл, минутный объем крови 20 литров в минуту, хотя предельные изменения составляют соответственно 220 мл и 35 л/мин.

Аналогичная закономерность наблюдается в работе дыхательной системы. Легочная вентиляция достигает 100-120 литров воздуха в минуту (максимальные сдвиги – 200 л/мин), потребление кислорода 2-3 литра в минуту.

При упражнениях максимальной зоны доминируют анаэробные процессы, связанные с ростом содержания молочной кислоты ($C_3H_6O_3$, lactic acid) в крови. Непосредственно (S. Lee, 2023), на 1-минуте периода восстановления после спринтерского бега на дистанции 100 метров ее концентрация находится на уровне 181 мг %, на 6-й минуте – 103 мг %, на 21-ой – 60 мг %, на 30-й – 31 мг % (в покое содержание молочной кислоты 10-15 мг%).

Выход молочной кислоты говорит о том, что в мышцах она не окисляется, поскольку недостаточно кислорода. Известно (О.Н. Малах, 2010), что всего в организме 2 л кислорода (в легких 500 мл, в крови 1160 мл, в гемоглобине 360 мл, в межтканевой жидкости 250 мл). Поэтому основное окисление происходит после работы, напрямую в восстановительном периоде.

Показателем усиления анаэробных реакций является увеличение дыхательного коэффициента (ДК, усл. ед.) или респираторного эквивалента (RQ, усл. ед.) Известно (А.В. Ромашов, 2015), что ДК – это отношение объема выдыхаемого углекислого газа к объему потребленного кислорода ($ДК = VCO_2 / VO_2$).



В состоянии относительного покоя данный маркер равен 0,85-1,0. После работы максимальной интенсивности увеличивается и достигает 2,0 условных единиц. Повышение ДК объясняется вытеснением углекислого газа из буферных веществ крови. Одним из буферных веществ является бикарбонат натрия (NaHCO_3). При соединении бикарбоната натрия с молочной кислотой происходит выделение углекислого газа, отсюда и происходит увеличение дыхательного коэффициента.

Следующая особенность упражнений максимальной мощности – это утомление. При всем том, что продолжительность работы максимальной мощности 20-30 секунд, в конце упражнений работоспособность спортсменов понижается. Локомоции подобного рода характеризуются мощными, быстрыми сокращениями и расслаблениями вовлеченных мышц, от которых исходит интенсивная проприоцептивная импульсация к соответствующим нервным центрам принятия решения. Нервные клетки имеют специфические пределы функциональной подвижности. В случае интенсивных упражнений, мощная проприоцептивная импульсация может превысить их пределы лабильности. Вследствие этого понижается энергетический потенциал нервных клеток, происходит расстройство динамического стереотипа и результат – снижение скорости бега.

Таким образом, одной из причин утомления при подобной мышечной работе является изменение в ЦНС. Исходя из этого функциональные возможности вегетативных органов в упражнениях максимальной мощности, не играют определяющей роли и в принципе квалифицированным спринтером, может быть человек с пороком сердца (R. Tiwari, 2021; A.D. Santos de Araujo, 2022).

На финише упражнений максимальной мощности может возникнуть нежелательное явление, получившее наименование «гравитационного шока». Первым это явление изучил болгарский физиолог, профессор Драгомир Матеев (1902-1971). Сущность данного состояния в организме возникает при резкой остановке спортсмена на дистанции, при котором он может упасть и потерять сознание. При этом систолическое артериальное давление снижается со 190 до 90-80 мм рт. ст., а диастолическое повышается, таким образом пульсовое давление уменьшается. При горизонтальном положении атлета сознание вновь возвратиться к нему, но если он сразу встанет, то вновь может потерять сознание. После внезапной остановки спортсмена снижается моторно-висцеральная регуляция миокарда, т. е. расслабление и сокращение мышц,

обеспечивающих транспортную функцию крови.



Проф. Драгомир Матеев (1902-1971) – физиолог, член-корреспондент на Болгарской академии наук (БАН), генеральный секретарь болгарского Олимпийского комитета (1964-1971)

При этом периферические сосуды остаются расширенными (вазодилатирующий эффект), поэтому кровь как бы «стекает» в мелкие капилляры пояса нижних конечностей и наступает резкая анемия сосудов головного мозга. В горизонтальном же положении кровь движется по всем сосудам равномерно и сознание возвращается. Для того чтобы гравитационный шок не наступил, необходимо после финиша несколько метров пробежать в спокойном темпе.

Таким образом, к основным причинам утомления в зоне максимальной мощности относятся:

– нервные двигательные центры, иннервирующие мышцы, функционируют на пределе своих возможностей, а от них в ЦНС направляется мощная проприорецептивная импульсация, следовательно, как эфферентный, так и афферентный компонент функциональной системы действуют с максимальным напряжением;

– при работе максимальной мощности в двигательных нервных центрах в высоком темпе чередуется смена процессов возбуждения и торможения, в результате уменьшаются запасы АТФ и КрФ в работающих мышцах, накапливается содержание молочной кислоты, что приводит к снижению пропускной способности нервно-мышечных синапсов и работоспособности этих мышц.

Полное восстановление текущего функционального состояния организма атлета происходит в среднем за 30 минут, с доминированием двигательных (7-10 минут), по сравнению с вегетативными (25-30 минут) функциями.

3.3. Физиологическая характеристика упражнений субмаксимальной мощности

Циклические двигательные акты продолжительностью от 45 секунд до 3-5 минут, выполняемые в высоком темпе, называются упражнениями субмаксимальной (околопредельной) мощности. К этим локомоциям принадлежат: л/а бег в диапазоне 400-2000 м (средние дистанции), плавание от 100 до 400 м, гребля в пределах 500-1000 м, бег на коньках в границах 1500-3000 м, велогонки 1000, 2000 и 3000 м и другие виды спорта. Атлеты развивают при этом мощность от 230 до 280 ватт. Скорость продвижения при данной работе несколько ниже, чем в упражнениях максимальной мощности.

Физиологические особенности. Расход энергии при этой работе доходит до 0,5-1,0 ккал в секунду, поэтому суммарный расход энергии составляет 150 ккал.

Кислородный запрос при прохождении средних дистанций зависит от продолжительности работы. Так, при беге на 400 метров кислородный запрос составляет 25 л в пересчете на одну минуту, а при беге на 1500 метров – 8,5 л. Вместе со снижением кислородного запроса по мере увеличения длины дистанции наблюдается резкое падение скорости бега. Кислородный запрос при этой зоне не ограничивается, т.к. кислородное потребление здесь достигает 3,5-5 л/мин, исходя из этого, образуется кислородный долг. O₂-долг составляет 60-90% от запроса и доходит до 20 литров (суммарный долг). Эта величина наибольшая, ни при какой другой работе такого кислородного долга нет. Известно, что кислородный долг есть показатель анаэробной производительности организма, поэтому можно сказать, что при данной работе развивается наибольшая анаэробная производительность организма.

Высокий темп движений при работе субмаксимальной мощности вызывает быстрое утомление корковых и других нервных центров, что ограничивает длительность выполнения упражнения в таком темпе относительно небольшим временем. Поэтому характерной особенностью работы субмаксимальной мощности является то, что деятельность сердечно-сосудистой, дыхательной и выделительной систем организма не успевает за короткий срок выполнения упражнения достигнуть предельных величин, или же эти сдвиги возникают только в самом конце работы.

ЧСС достигает своего максимума уже к концу 1-й минуты работы, поэтому при работе субмаксимальной мощности этот показатель нередко достигает 200 и более ударов в минуту.

Систолический или ударный объем сердца (СОК, мл) при этой работе не успевает возрасти до предельно возможных величин, он доходит до 120–130 мл, поэтому и минутный объем сердца также не достигает своей наивысшей границы и составляет 25-30 литров в минуту.

Кровяное давление изменяется весьма значительно. Так, максимальное давление увеличивается на 40-70 мм. рт. ст. и фиксируется, следовательно,

на уровне 160-190 мм. рт. ст. Иногда сразу же после работы отмечается уменьшение размеров сердца. Это происходит в результате повышенного тонуса мышцы сердца и уменьшения венозного притока, при выключении «мышечного насоса».

Большие сдвиги наблюдаются в биохимическом составе крови (максимальный рост до 250 мг% концентрации молочной кислоты в крови (в состоянии покоя норма составляет от 10 до 20 мг%). Исследования биохимика Н.И. Волкова (2011) показывают, что у выдающихся спортсменов (бегунов на средние дистанции) концентрация молочной кислоты в крови на финише доходила до 360 мг%.

Молочная кислота, находящаяся в крови, нейтрализуется бикарбонатами крови, поэтому щелочной резерв ее снижается до 40-60% от исходной величины, т.е. уменьшается на 25-35 мл CO_2 . Известно, что в покое щелочной резерв крови составляет 50-70 мл CO_2 . После упражнений субмаксимальной мощности отмечается повышение сахара в крови. Содержание солей молочной кислоты в моче возрастает до 230 мг%.

При выполнении работы субмаксимальной мощности на 10-15% повышается содержание гемоглобина крови. Наблюдается миогенный лейкоцитоз (увеличение количества лейкоцитов до 12-18 тысяч (в норме – 6-8 тыс), за счет увеличения числа нейтрофилов и уменьшения количества лимфоцитов.

Возникающее при выполнении упражнений субмаксимальной мощности утомление организма имеет следующие причины:

– работа субмаксимальной мощности идет на пределе выносливости ЦНС и двигательного анализатора. Относительно высокий темп движений угнетающе действует на деятельность нервных центров, поэтому происходит дискоординация работы двигательных и вегетативных функций и темп работы снижается;

– работа субмаксимальной мощности происходит при максимально возможном кислородном долге – 20 литров, за это время функциональные системы организма не успевают развить свою деятельность, и мышечная работа осуществляется при доминировании анаэробных условий. Лишь к концу бега на 1500 м происходит вработывание функций дыхания и кровообращения. Ликвидация кислородного долга продолжается 1-2 часа после работы (или финиша).

3.4. Физиологическая характеристика упражнений большой мощности

Упражнениями большой мощности называются двигательные циклические акты, выполняемые в высоком темпе, продолжительностью не более 30-40 минут. К этим упражнениям относятся плавание на 1500 и 800 метров, л/а бег на 10000, 5000, 3000 метров, бег на коньках в рамках 5000-10000 метров и т.д. Спортсмены развивают при этом мощность 150-200 ватт.

Физиологические сдвиги. Если при упражнениях максимальной

и субмаксимальной интенсивности сдвиги вегетативных функций не достигают максимальных величин, то при упражнениях большой мощности изменения

в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной систем достигают предельных величин. Эта особенность данной зоны мощности объясняется тем, что продолжительность упражнений достаточна для полной вработываемости организма. ЧСС в диапазоне 200-220 уд/мин, САД – 190-200 мм. рт. ст., СОК – 180-190 мл, МОК – 33-35 и более литров в минуту.

Из показателей дыхательной системы необходимо отметить потребление кислорода – 3,5-6,0 литров, легочную вентиляцию – 140-160 литров в минуту. Кстати, более показательным является МПК в пересчете на 1 кг веса. Величина у высококвалифицированных спортсменов составляет 60-80 мл/кг. Исследуя одного из сильнейших средневикив мира, рекордсмена мира американца Jima Ryana (1992 г.), получили результат 80 мл/кг, в то время как еще в 1938 году у мирового рекордсмена в беге на 1 и 2 мили Anthony Resha (США) этот показатель составлял 81 мл/кг. Отсюда зарубежными учеными был сделан вывод (М. McGuigan, 2017; А. L. Woods, 2017), что современная тренировка бегуна не более эффективна, для развития аэробных возможностей, чем 70 лет назад. Большую роль играет анаэробная производительность организма и техника бега спортсмена.

Большое значение имеет кислородный пульс (O_2 -пульс, мл/удар). У высококвалифицированных спортсменов данный маркер доходит до 25-30 мл/удар. При упражнениях большой интенсивности развивается так называемое «мнимое» или «ложное» устойчивое состояние по кислородному потреблению. Этот термин впервые введен в науку английским физиологом сэром Арчибалдом Вивиеном Хиллом.



Арчибалд Вивиен Хилл (1886-1977) – английский физиолог, один из основоположников биофизики и исследования операций. Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине в 1922 году (совместно с Отто Мейергофом (1884-1951)) за труды в области термодинамики мышечной деятельности

Сущность этого состояния заключается в том, что после 3-4 минут вработывания, потребление кислорода устанавливается на высоком устойчивом уровне, т. е. характеризуется устойчивыми цифрами. Но подобная устойчивость по данным потребления кислорода не является истинной устойчивостью, ибо она обусловлена не тем, что организму не требуется больше кислорода, а тем, что в результате ограниченных возможностей вегетативных систем организм не в состоянии потреблять большее количество кислорода. Так, кислородный запрос при этой работе составляет 7-8 литров, а потребление идет на уровне 4,5-5 литров. Таким образом, устойчивые цифры являются предельными цифрами потребления кислорода, а запрос организма при этих упражнениях намного превышает величины кислородного потребления. Поэтому наблюдающаяся устойчивость называется мнимой или ложной.

При работе большой мощности возникает кислородный долг – 12-15 литров O_2 , что составляет 10-15% от суммарного кислородного запроса.

Упражнения большой мощности характеризуются высокими суммарными энерготратами. Если в единицу времени расходуется 0,4-0,5 ккал/с, то за всю работу расход нередко доходит до 750 ккал.

Отмеченные физиологические особенности налагают определенный отпечаток на развитие утомления при этих упражнениях. Важную роль в развитии утомления при подобных упражнениях имеет то обстоятельство, что при высоком темпе работы снабжение нервных клеток, рабочих органов кислородом, питательными веществами, а также удаление продуктов распада (в силу ограниченных возможностей функций организма) происходит не полностью. Имеет место кислородный долг, а т. к. работа продолжается в течение значительного времени, энергии анаэробных (бескислородных) реакций недостаточно для осуществления мышечной деятельности в высоком темпе.

Таким образом, значительные изменения внутренней среды организма, нарушение процессов обмена веществ, приводит к снижению энергетического потенциала нервных клеток, что вызывает снижение мышечной работоспособности. Кроме того, максимальные сдвиги вегетативных функций вызывают запредельное торможение в ЦНС.

3.5. Физиологическая характеристика упражнений умеренной мощности

К упражнениям умеренной мощности относятся виды циклической мышечной деятельности, в диапазоне 30-40 минут, часов и даже суток. Прежде всего – это сверхдлинные дистанции в велоспорте (на шоссе 50, 100 и 200 км), гребле (свыше 10 км), легкой атлетике (свыше 10 км), плавании (марафонские заплывы) и др.

Физиологические сдвиги. Соответственно невысокому темпу, а средняя скорость при марафонском беге 4,7-5 м/сек (в спринтерском беге 10 м/сек), энерготраты в единицу времени невелики и составляют в среднем около 0,3 ккал в секунду (15-18 ккал в минуту). Однако суммарные энерготраты

на всю работу огромны и могут достигать нескольких тысяч ккал (иногда до 10 000). Это происходит потому, что упражнения умеренной мощности продолжаются значительное время (велогонки на 200 км длятся более 5 часов).

Функциональные сдвиги вегетативных функций при реализации движений умеренной (экономной) мощности сравнительно невысоки. ЧСС в пределах 110-145 уд/мин, САД – 145-165 мм. рт. ст., СОК и МОК соответственно 110-120 мл и 12-15 литров в минуту. Величина легочной вентиляции находится на уровне 50-60 литров воздуха в минуту, потребление кислорода около 3-3,5 литров O_2 . Эти невысокие сдвиги возникают в организме в результате того, что работа продолжается длительное время в умеренном темпе. Невысокие сдвиги в организме дают возможность выступать в соревнованиях людям с какими-либо отклонениями или даже с болезнями сердечно-сосудистой системы.

В зарубежной литературе описан один любопытный случай. Американец Clarence Harrison Demar 7 раз был победителем Бостонского марафона, хотя у него был выраженный атеросклероз, он всю жизнь интенсивно тренировался (бегал ежедневно до 20 км) и дожил до 70 лет. После смерти при вскрытии оказалось, что у него был атеросклероз в очень тяжелой форме, которая для других людей оказалась бы роковой. Стенки сосудов, питающих его сердце, были сплошь покрыты жировыми отложениями. И, хотя его сердце было нормальных размеров, сосуды оказались почти в 3 раза шире обычных. Ученые считают, что это увеличение просвета сосудов произошло в результате постоянной тренировки и компенсировало его сердечную недостаточность.

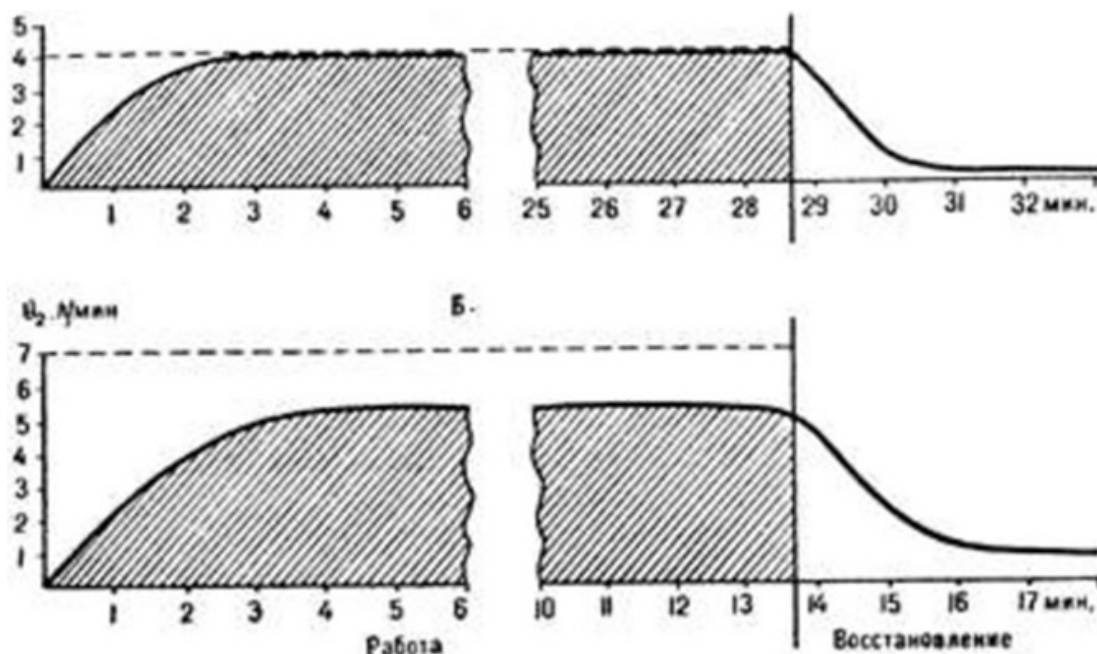


Рисунок 4 – Потребление кислорода (заштрихованная площадь) и кислородный долг при работе, истинным (верхний рисунок) и кажущимся (нижний рисунок) устойчивым состоянием

При упражнениях умеренной мощности развивается так называемое **истинное устойчивое состояние «steady state»**. Это состояние характеризуется тем, что потребление O_2 соответствует O_2 запросу. Так как кислородный запрос при этих упражнениях невелик и равняется 3-3,5 литрам в минуту, то в процессе работы после периода вработывания потребление кислорода устанавливается на устойчивом уровне. Причем, эта стабильность не мнимая, как при упражнениях большой интенсивности, а истинная, т. к. в данном случае кислородный запрос соответствует кислородному потреблению.

Кислородный долг возникает лишь при стартовом/финишном ускорениях и в периоды спурта в середине дистанции (общий O_2 – долг составляет около 5 литров).

Научные исследования, выполненные в России и за рубежом, показали, что в ходе выполнения подобных упражнений наблюдается снижение углеводов крови, т.е. возникает **гипогликемия** (Н.В. Шераш, 2022). Известно, что содержание сахара в крови в состоянии покоя 100-120 мг%. При упражнениях умеренной интенсивности, особенно при марафонских дистанциях, может наблюдаться снижение сахара в крови до 50-60 мг%. Понижение уровня сахара в крови следует рассматривать как результат ухудшения регуляции углеводного обмена организма.

О том, что в результате длительной работы происходят серьезные изменения в регуляции всех видов обмена, в том числе и углеводного, свидетельствуют изменения дыхательного коэффициента. На финише упражнений умеренной интенсивности ДК бывает обычно ниже на 0,1 - 0,2 усл. ед., чем в состоянии покоя, и составляет 0,7-0,8. Это снижение объясняется тем, что при длительных упражнениях расходуется в качестве источника энергии не только углеводы, но и жиры и белки. Для окисления же этих веществ, требуется больше кислорода, чем для окисления углеводов, т. к. в молекуле жира кислорода меньше, чем в молекуле углевода. Исходя из вышеперечисленного и уменьшается дыхательный коэффициент «respiratory quotient».

Следует учитывать, что при тренировках с доминированием аэробных процессов метаболизма, вопреки наличию устойчивому состоянию (ложного или истинного), ведущие функциональные параметры изменяются медленно, поскольку подвергаются т.н. «дрейфу» (Ю.В. Корягина, 2014; С.С. Артемьева, 2023). Амплитуда которого, напрямую зависит от интенсивности работы – чем выше мощность в относительных величинах упражнения, тем быстрее скорость образования указанного явления, и наоборот.

«Дрейф» напрямую сопряжен с накапливающимся процессом двигательного утомления. Об этом констатирует непрерывное увеличение электрокимографической активности как свидетельство включения новых функциональных единиц для компенсации усилий мышечного сокращения и уменьшения их сократительной функции.

К примеру, в течение разгара этого периода равномерно снижается МОК, но одновременно растет ЧСС, что благоприятствует поддержанию МОК практически стабильным, однако при менее выгодном для организма в экономичном плане режиме работы миокарда.

При увеличении вентиляции легких и мобилизации симпатoadреналовой системы (САС), вопреки выбросу поверхностного тепла при испарении, возрастает температура тела спортсмена.

К субъективным критериям указанных сдвигов относится эмоциональное ощущение постоянного роста тяжести перенесенной нагрузки по мере выполнения избранного упражнения.

Возникающее при реализации упражнений умеренной зоны действия утомление организма имеет следующие причины:

- запредельное торможение в ЦНС, которое приводит к расстройству координации деятельности двигательного аппарата, вегетативных функций, а также моторно-висцеральных рефлексов;

- нарушение водно-солевого обмена, снижение содержания сахара в крови. Чтобы избежать этого, в практике спорта применяют прием углеводов на дистанции «углеводистые подкармливания». С этой целью спортсменам предлагают различной концентрации раствор глюкозы (чаще 50% раствор), подкисленный ягодными соками или лимонной кислотой, соком черной смородины. Такой раствор дают спортсменам на различных этапах дистанции в лыжных гонках, плавании, в легкоатлетическом беге.

Целесообразно применять углеводное питание также до старта. Но здесь следует учесть, что принимать углеводную пищу необходимо в определенные сроки – или непосредственно перед стартом, или не менее чем за 2 часа до старта. Это связано с тем, что печень синтезирует гликоген из сахара, поступающего в пищеварительный тракт. Если спортсмен получит углеводы за полтора часа до начала старта, то к началу бега будет продолжаться синтезирующая функция печени и уровень сахара в крови понизится. Поэтому из крови сахар используется на работу мышц, а печень занята синтезирующей работой. Если же глюкоза была принята за два часа до начала выступления, то основная масса принятого сахара успевает синтезироваться, и гипогликемия в начале бега не наступает.

Упражнения умеренной интенсивности очень утомительны и восстановительный период после них заканчивается через несколько часов или даже суток.

3.6. Физиологическая характеристика упражнений переменной мощности

Спортивные игры и все единоборства относятся к упражнениям переменной мощности. Этим локомоциям присущ ряд специфических особенностей, которые делают возможным выделять их в специальную группу. К ним относятся все виды единоборств, спортивные игры, лыжные гонки и т. д.

Физиологические сдвиги. Переменный характер деятельности

организма. В процессе игры, спортивного поединка интенсивность упражнений бывает то большой, то максимальной, то умеренной, то работа сменяется кратковременным отдыхом. Подобные изменения интенсивной мышечной деятельности происходят непрерывно, что определяется необходимостью быстро реагировать на действия противника, партнера, на изменяющиеся условия игры. Особенностью является также и то, что в спортивных играх боксе **преобладают движения ациклического характера**, и встречаются упражнения в основном скоростно-силового порядка, например, удары по мячу, броски, ударные и защитные движения боксера. Другой особенностью рассматриваемых упражнений является **высокая эмоциональная напряженность** спортивной борьбы. Единоборство с противником, желание победить в коллективной борьбе вызывает яркие эмоции, которые налагают своеобразный отпечаток на деятельность всех систем организма. При упражнениях переменной интенсивности под влиянием тренировки образуется специфический изменчивый динамический стереотип нервных реакций, обеспечивающее быстрое переключение различных уровней моторно-висцеральной деятельности с низкого на высокий и наоборот.

Большое значение в спортивных играх имеет способность нервной системы к **экстраполяции** «extrapolation», т. е. к предвосхищению последующих событий. Она позволяет своевременно отвечать на новые раздражители окружающей среды, адекватно возникшей ситуации вырабатывать структурные взаимодействия, приемы тактического плана выступления, как на базе безусловных (врожденных), так и условных (приобретенных) адаптивных реакций. Способность спортсменов к экстраполяции зависит от предшествующего опыта, ранее образованного фонда условных рефлексов. Атлет в процессе поединка постоянно экстраполирует, читает возможные действия соперника, партнера, время выполнения приема, направления и скорость движения спортивного снаряда (шайбы, мяча, и т.д.). Умение, к экстраполяции образуется в результате систематической тренировки, при использовании всего арсенала двигательного опыта, запаса тактических приемов. В условиях монотонности экстраполяционные возможности развиваются слабее.

Экстраполяция имеет специфический диапазон своего воздействия и проявляется только в границах определенного вида спортивной деятельности. Так, способности предугадывать события, в процессе игры в хоккей, ограничены для результативной экстраполяции в баскетболе или футболе. В спортивных играх важную роль в развитии экстраполяции имеет так называемый эфферентный синтез. В процессе игры спортсмен анализирует и обобщает обширную информацию. Например, в футболе спортсмен получает сведения о расположении игроков на поле, возникающей игровой ситуации, перемещениях мяча и т. д. При этом все это осуществляется «в цейтноте», т. е. при значительном дефиците времени. Этот многогранный, системный процесс реализуется посредством взаимного сочетания всех отделов головного мозга.

Исходная масса тела атлета после соревновательных испытаний уменьшается от 1 до 3 кг. Главными в функциональном плане для организма с целью успешного выполнения этих упражнений являются центральная нервная система (ЦНС), опорно-двигательная система (ОДС), сенсорные системы (СС).

4. Физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности

4.1. Физиологическая характеристика вработывания

Человек при осуществлении любой деятельности достигает высокой работоспособности не сразу, а постепенно. В течение первых минут работы его работоспособность ниже, чем в последующем. Ему необходимо, как говорят, втянуться в работу, «приспособиться», «настроиться» и т.д. Этот период постепенного вхождения в работу организма получил наименование вработывания. С этим процессом мы встречаемся повседневно, в любых сферах человеческой деятельности как физической, так и умственной. Время вработывания зависит от ряда причин: от интенсивности работы, от тренированности, возраста, от характера нагрузки и т.д.

Вработывание, как процесс обладает рядом свойств:

– **относительная замедленность** усиления вегетативных функций, инертность их развертывания, что в решающей мере определяется течением гуморальной и нервной регуляции этих констант в этом периоде.

– **неодновременность (гетерохронность)** в мобилизации отдельных параметров организма. Вработывание двигательной функции происходит быстрее, чем функционирование вегетативной системы. С разной скоростью ранжируются базовые маркеры деятельности ВНС, содержания метаболитических эквивалентов в крови и мышцах. К примеру, значения ЧСС прогрессируют быстрее, чем АД и расчетный сердечный выброс, вентиляция легких развивается скорее, чем кислородное потребление.

– **прямая зависимость между мощностью произведенной работы и быстротой перестройки физиологических функций:** чем энергичнее выполняется упражнение, тем быстрее фиксируется мобилизация индикаторов ФС организма, непосредственно задействованных с его проведением. Исходя из этого, время периода вработывания находится в обратной взаимосвязи от энергетики упражнения.

– скорость вработывания происходит при исполнении одного и того же двигательного действия тем быстрее, **чем выше уровень профессиональной подготовки (тренированности)** атлета.

К каким физиологическим последствиям приводит постепенное развертывание функций? Прежде всего, образуется кислородный долг, т. к. имеется несоответствие между кислородным запросом и кислородным потреблением. Это несоответствие может исчезнуть или увеличиться (если работа высокой интенсивности). Это приводит к тому, что работа

обеспечивается маловыгодными анаэробными реакциями.

Чем объяснить неодинаковую быстроту вработывания двигательного аппарата и вегетативных функций? Это объясняется следующими основными причинами. Во-первых, особенностью регуляции деятельности скелетных мышц и внутренних органов. Известно, что деятельность скелетных мышц осуществляется за счет импульсов, идущих непосредственно от двигательной зоны КБП, т.е. существует прямой путь от гигантских пирамидных клеток коры к периферии. Регуляция же вегетативных функций происходит через систему подкорковых образований (так, в продолговатом мозгу располагаются основные жизненно важные центры). Следовательно, импульсы возбуждения, идущие на мышцы, проходят более короткий путь, чем к вегетативным органам. Во-вторых, нервные центры подкорковых образований (вегетативные центры) обладают большей инертностью (меньшей лабильностью) чем центры движения. Эти причины имеют следствием известное несоответствие в деятельности двигательных и вегетативных функций. В то время, когда мышцы работают уже в полную мощность, внутренние органы лишь втягиваются в работу.

Факторы, влияющие на скорость вработывания. На скорость протекания процессов вработывания оказывают влияние разнообразные факторы:

– к числу наиболее важного фактора следует отнести интенсивность (мощность) мышечной работы: чем активнее производится двигательная работа, тем быстрее происходит активизация вегетативных функций организма, напрямую задействованных с ее реализацией;

– важным фактором, определяющим скорость протекания процессов вработывания, является тренированность человека к данному виду мышечной работы. Тренированность - понятие комплексное, включающее в себя различные аспекты деятельности организма и взаимодействия отдельных функциональных систем. Одной из важнейших сторон тренированности следует считать наличие выработанных в процессе предварительных тренировок условных рефлексов, позволяющих ускорять процессы вработывания;

– следующим фактором, определяющим скорость протекания процессов вработывания, является возраст. Чем моложе организм, тем интенсивнее протекают в нем процессы вработывания. Дети и подростки быстрее вработываются, чем взрослые, пожилые люди медленнее;

– важное значение для скорости протекания процессов вработывания имеет тип ВНД. Спортсмены с высокой подвижностью нервных процессов вработываются быстрее, т.к. в их ЦНС быстрее протекают рефлекторные реакции, необходимые для повышения физической работоспособности;

– физическая работоспособность человека непостоянная на протяжении суток. Имеются подъемы и спады работоспособности в соответствии с суточными биоритмами. В соответствии с подобными колебаниями

физической работоспособности меняется и скорость вработывания организма. В вечерние и ночные часы вработывание протекает медленно, наивысшая скорость вработывания отмечается в период с 10 до 12 и 16 до 18 часов;

– значительное влияние на скорость процессов вработывания оказывают климатические условия. Отклонения от оптимальных для обитания человека температуры и влажности, а также парциального давления кислорода и углекислого газа существенно снижают скорость протекания процессов вработывания;

– оказывает на протекание вработывания в начальный период физической нагрузки и текущее состояние организма (предстартовое состояние, этап последствия напряженной физической нагрузки, перенесенные заболевания и т. д.).

В случае значительного несоответствия в деятельности внутренних органов и двигательного аппарата может наступить состояние, получившее название «мертвой точки». Связь периода вработывания с явлением «мертвой точки» подтверждается данными исследований английского физиолога Герберта Спенсера Гассера (1888-1963).



Герберт Спенсер Гассер (1888-1963) – американский физиолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине в 1944 году «за открытия, имеющие отношение к высокодифференцированным функциям отдельных нервных волокон»

Автором было показано, что если спортсмен постепенно, в медленном темпе начинал работу, то временного ухудшения работоспособности не наступало. Наоборот, при внезапном и резком начале работы «мертвая точка» проявлялась очень резко. В этот период заметно снижается работоспособность, спортсмен отказывается продолжать работу, резко учащается пульс и т. д. Состояние «мертвой точки» возникает не обязательно, а лишь при выполнении непривычной по объему и характеру работы. Так, спортсмен тренируется в беге на 800 м, а выступает на дистанции 5000 метров. В этих условиях «мертвая точка» может иметь место.

Из субъективных ощущений для «мертвой точки» наиболее характерна тяжесть в мышцах ног, чувство удушья и нежелание продолжать работу.

Из объективных данных заслуживают внимания изменения газообмена, дыхания, кровообращения, выделения и изменения в состоянии ЦНС. В период «мертвой точки» отмечается учащение дыхания, снижение глубины его (дыхание становится поверхностным). Реакция крови смещается в кислую сторону (ацидоз), что проявляется в снижении рН с 7,36 до 7,32-7,34. В момент «мертвой точки», отмечается падение насыщения крови кислородом (падает $HbO_2\%$).

По мере продолжения работы состояние «мертвой точки» проходит и наступает так называемое «**второе, комфортное дыхание**», которое характеризуется увеличением деятельности функций кровообращения и дыхания. Усиливается потовое выделение. Физиологическая основа этого механизма базируется на феномене (А.А. Ухтомский) усвоения лабильности ритма. Данный феномен обусловлен способностью нервных центров (НЦ) воспринимать повышенный уровень частоты стимуляции раздражения. Избежать наступления «мертвой точки» помогает разминка.

4.2. Физиологическое значение разминки

Впервые учение о разминке было разработано советскими учеными (Н.Г. Озолин «Разминка спортсмена», 1967 и др.). В чем сущность разминки, для чего она необходима?



Николай Георгиевич Озолин (1906-2000) – профессор, доктор наук, заслуженный мастер спорта, заслуженный тренер СССР, трехкратный рекордсмен Европы, 10-кратный рекордсмен страны сразу в двух видах легкоатлетических соревнований – в тройном прыжке и прыжках с шестом

Разминка представляет собой целый комплекс обще-специальных упражнений (движений), которые совершаются перед основной тренировкой или очередным соревнованием, содействующих ускоренному восстановлению вработываемости и потенцированию работоспособности.

В настоящее время идет борьба за снижение, за сокращение периода вработывания. Так вот разминка, прежде всего, сокращает период вработывания. Под её влиянием повышается возбудимость различных нервных образований (клеток коры больших полушарий), повышается их лабильность, уменьшается инертность нервных процессов, увеличивается скорость распространения возбуждения. Малопроизводительная анаэробная фаза энергообеспечения передвигается на период разминки. В момент разминки устанавливаются нужные взаимоотношения между теплообразованием и теплоотдачей. Появление потоотделения (разминка до пота) свидетельствует об активизации механизма терморегуляции.

Характер разминки (ее продолжительность, интенсивность) зависит от продолжительности/интенсивности предстоящей работы, от особенностей высшей нервной деятельности. Однако в среднем ее длительность составляет 20-30 минут.

В процессе разминки устанавливаются оптимальные взаимоотношения между дыханием и движением, происходит налаживание моторно-висцеральных взаимоотношений (между двигательным аппаратом и вегетативными функциями).

Существует общая и специальная разминка. **Общая** – неспецифична, одинакова для всех видов спорта, не должна вызывать утомления, используются упражнения общефизической подготовки.

Выполнение упражнений, напоминающих по структуре и интенсивности основную работу (**специальная разминка**), обеспечивает формирование двигательной доминанты, характерной для данных упражнений.

Физиологическое значение разминки. В результате разминки происходит **настройка центральной нервной системы** на предстоящую работу. Эта настройка может обеспечиваться условно-рефлекторным путем. Так, в опытах с обманом, когда бегуна заставляли бежать 400 метров, а останавливали после первых 100 метров, то наблюдали сдвиги в вегетативных функциях, характерные для преодоления 400 метровой дистанции. Слово вызывало соответствующий настрой в работе.

При проведении опытов с гипнозом, обследуемому при подъеме гири внушалось, что он поднимает не гирю, а корзину с цветами и наоборот. В каждом случае вегетативные изменения соответствовали не действительной работе, а внушенной. Это свидетельствует о том, что внушение предстоящей работы также может вызвать перестройку функций.

В некоторых видах спорта необходимо обеспечить сочетание дыхания с движением (плавание, гребля), т.е. обеспечить моторно-дыхательные, моторно-респираторные отношения. Это также достигается разминкой.

Второе значение разминки **профилактическое**. При разминке повышается температура мышц до 38-39°, а это приводит к изменению упруго-вязких свойств мышц, вязкость мышц снижается, что увеличивает способность их к растягиванию. Поэтому после хорошей разминки возможность получения травм значительно уменьшается. Мышцы спортсмена обретают способность быстрее сокращаться и расслабляться, т. е. осуществлять большее количество движений в единицу времени.

Разминка улучшает кровоснабжение работающих мышц. При выполнении разминочных упражнений открываются артериовенозные анастомозы (мостики от крупных артерий до крупных вен) и кровь движется по анастомозам, минуя капилляры, обеспечивая тем самым более быстрый возврат крови к сердцу.

Между разминкой и работой следует соблюдать оптимальный интервал времени. 10-15 минут – много, т. к. следы разминки начинают угасать и влияние разминки пропадает. 1-2 минуты – мало, т. к. основная работа будет выполняться на фоне резко выраженных изменений функций, вызванных разминкой. Оптимальный интервал составляет 3-5 минут.

Третье назначение разминки – **регулирование стартового состояния**. Боязнь проиграть, не оправдать надежды товарищей и подвести коллектив вызывает яркие эмоциональные переживания. Нередко излишнее волнение, нервозность на старте мешает спортсмену показать высокий результат, хотя он и находится в прекрасной спортивной форме.

4.3. Физиологическая характеристика предстартовых изменений

Предстартовая готовность характеризуется оптимальным соотношением процессов возбуждения и торможения в ЦНС. Возбуждение концентрируется только в тех нервных центрах, которые необходимы для успешного выполнения данного упражнения (двигательные центры, центры сердечно-сосудистой и дыхательной систем, терморегуляции и обмена веществ). В остальных нервных центрах локализуется торможение (центры пищеварения, мочеобразования и т.д.).

Состояние предстартовой готовности характеризуется повышением возбудимости и лабильности нервно-мышечного аппарата. Повышается сократительная способность скелетных мышц. Активизируются дыхание и деятельность сердца, происходит перераспределение кровотока между наиболее активными в данном упражнении мышцами и органами брюшной полости. Отмечается расширение подкожных кровеносных сосудов. Физическая работоспособность при таком состоянии повышается.

Предстартовая лихорадка характеризуется нарушением оптимального соотношения процессов возбуждения и торможения в ЦНС с преобладанием процессов возбуждения. Наблюдается чрезмерное возбуждение двигательных нервных центров, чрезмерное повышение тонуса симпатического отдела вегетативного отдела нервной системы, выделение излишнего количества

адреналина и норадреналина в крови, чрезмерное повышение возбудимости и тонуса скелетных мышц, возможно появление мышечной дрожи, отсутствует необходимое перераспределение кровотока, сужение подкожных кровеносных сосудов, ухудшением теплоотдачи. Физическая работоспособность снижена.

Предстартовая апатия также характеризуется нарушением оптимального соотношения процессов возбуждения и торможения в ЦНС с преобладанием процессов торможения. Наблюдается преобладание процессов торможения в двигательных нервных центрах, снижение тонуса симпатического отдела вегетативного отдела нервной системы, уменьшенное количество адреналина и норадреналина в крови, снижение возбудимости и лабильности нервно-мышечного аппарата, недостаточное усиление работы сердца и внешнего дыхания, снижение тонуса и работоспособности скелетных мышц, отсутствует необходимое перераспределение кровотока. Физическая работоспособность снижена.

Состояния предстартовой лихорадки и апатии могут переходить друг в друга. Предстартовые состояния во многом зависят от тренированности человека (есть ли у него опыт выполнения данных упражнений). У нетренированного человека нет готовой функциональной системы, обеспечивающей успешную подготовку организма к выполнению данного упражнения. Поэтому для таких людей характерным является переход стресс реакции перед физической работой в состояние предстартовой лихорадки или апатии. Стресс-реакция сама по себе приводит к неэкономным и неэффективным реакциям всех систем организма.

У тренированных людей имеется готовая функциональная система успешного реагирования на данное упражнение, на данный раздражитель, поэтому уже в предстартовый период за счет условных рефлексов происходят оптимальные изменения в органах и системах, эффективное перераспределение кровотока, повышение работоспособности скелетных мышц.

Характер предстартового периода во многом зависит от возраста, пола, текущего состояния, значимости упражнений (уровня соревнований) и, особенно, от типа ВНД. Оперативный покой доминирует у сангвиников и флегматиков, предстартовая лихорадка - холериков, предстартовая апатия - меланхоликов.

5. Физиологическая характеристика утомления

5.1. Гуморально-локалистические теории утомления

Проблемы утомления волновали человечество с давних времен. Как отдалить наступление утомления, как повысить работоспособность, какие факторы необходимы для этого? **Утомление** – нормальное физиологическое состояние (ФС) организма, вызванное физической или интеллектуальной деятельностью, с временным уменьшением общей работоспособности и возникновением симптомов усталости. Главный компонент данного

процесса – это **снижение эффективности и экономичности** работы. Утомление сигнализирует о приближении биохимических и функциональных изменений в организме к верхней границе нормы, автоматически снижает работоспособность, т.е. интенсивность работы, чем охраняет организм от чрезмерных изменений. Для разрешения проблемы утомления проводилось огромное количество исследований, обосновывалось множество теорий, каждый исследователь предлагал свой вариант причин утомления.

Все многообразие объяснений причин утомления, в конечном счете, можно свести к **трем теориям**, которые носят название гуморально-локалистических, свое название они получили потому, что все авторы этих теорий, считали:

- утомление возникает в работающем органе (локальный, местный характер утомления);
- утомление связывалось с изменениями в гуморальной системе организма.

Теория **истощения**, впервые описавшая немецким ученым М. Шиффом (1823-1896). Сторонники этой теории объясняли утомление истощением питательных веществ, источников энергии в рабочих органах в результате напряженной мышечной деятельности. После работы, в период отдыха, происходит восстановление питательных веществ в мышце, и она снова может возобновить работу. Применяя образное выражение академика А.А. Ухтомского, в теории истощения работающая мышца уподоблялась печи, у которой исчерпался запас дров. Однако эксперименты показали (А.А. Зверев, 2016 и др.), что значительное утомление мышцы наступает раньше, чем в действительности исчерпываются в ней запасы углеводов. Так, в мышцах, доведенных до крайнего утомления, было обнаружено около 50% гликогена.



Мориц Шифф (1823-1896) – немецкий физиолог, «утомление возникает из-за нехватки энергетических запасов - гликогена, жира»

Другая теория, теория **задушения** М. Ферворна (1863-1921) основана на том, что утомление связано с нарушением процессов окисления. Сторонники этой теории утверждали, что утомление мышцы при работе вызывается

нарастающей недостаточностью притока кислорода. По выражению А.А. Ухтомского: «Дрова есть, но они подмочены и не горят». Эта теория также несостоятельна. Известно, что мышца может работать и в бескислородной среде. Сокращение мышцы без доступа кислорода происходит за счет анаэробных процессов расщепления аденозинтрифосфорной кислоты, креатинфосфата и распада гликогена до молочной кислоты. Опытами показано (А.А. Терентьев, 2019 и др.), что мышца, помещенная в атмосферу чистого азота, продолжает некоторое время сокращаться. Но утомление мышцы, работающей в бескислородной среде, наступает все же быстрее, чем в обычных условиях.



Макс Ферворн (1863-1921) – немецкий физиолог и биолог, связывал утомление с нарушением процессов окисления

Третья теория – теория **засорения** Эдуарда Ф.В. Пфлюгера (1829-1910) основана на том, что утомление наступает в результате засорения крови продуктами распада. Разновидность этой теории является теория отравления организма ядами утомления – кенотоксинами.



Эдуард Фридрих Вильгельм Пфлюгер (1829-1910) – немецкий физиолог, утомление обусловлено накоплением в мышце продуктов обмена

В роли главного засоряющего, отравлявшего организм вещества выступала молочная кислота. Эту теорию как будто подтверждал следующий опыт. В кровь бодрой, нормальной собаки вводилась кровь утомленной собаки. После такого переливания бодрая собака при работе очень быстро утомлялась. Из этого делали вывод, что вместе с кровью утомленной собаки вводили в кровь бодрой собаки какие-то продукты, вещества утомления (Н.Е. Шалабот, 2008; Ю.С. Луцкай, 2023).

С другой стороны, молочную кислоту нельзя считать отравляющим веществом. Это один из источников энергии. Все эти теории не вскрывают истинных причин утомления и, хотя полностью их отвергать бессмысленно, нельзя их считать целиком, исчерпывающе объясняющими причины утомления организма, наступающего в процессе работы. Утомление – нормальный физиологический процесс, главная задача которого предотвращение повреждения или истощения организма в целом.

5.2. Роль ЦНС в развитии утомления

Академик А.А. Ухтомский (1875-1942), обобщив все многочисленные теории утомления, сделал заключение: «История физиологического учения об утомлении представляет из себя, ряд попыток дать определение, что такое утомление, каково содержание этого понятия и где его границы. Большинство этих попыток в своей абстрактности дают так мало реального, что преподносить их в качестве ответа житейски заинтересованному человеку значит, приблизительно, давать камень вместо яйца».

Согласно современным взглядам, основная, ведущая роль в развитии утомления принадлежит **центральной нервной системе**. Отец русской физиологии И.М. Сеченов (1829-1905) высказал: «Источник ощущения усталости помещают обыкновенно в работающие мышцы, я же локализую его исключительно в ЦНС». Рассмотрим кривую одиночного сокращения свежей и утомленной мышцы лягушки, изолированной от целостного организма. Следует оговориться, что даже глубокое знание природы утомления изолированной мышцы не разъясняет целиком природу утомления целостного организма, но подобный анализ дает возможность установить изменения отдельных свойств мышцы в процессе утомления:

– в утомленной мышце увеличивается скрытый, или латентный, период сокращения. Это свидетельствует о понижении возбудимости мышцы, об уменьшении скорости проведения возбуждения. Спортсменам подобное явление хорошо известно. Многие из вас замечали, что в период утомления снижается скорость двигательной реакции, уменьшается быстрота движений. Утомленный спортсмен на какие-то доли секунды не успевает к мячу, в боксерском поединке не успевает принять нужную защиту и дорого расплачивается за это.

– кривая сокращения утомленной мышцы характеризуется также тем, что уменьшается амплитуда сокращения. А это говорит об уменьшении

сократительной способности утомленной мышцы (белок актин и миозин) и о снижении, как следствие, результата в спорте: штангист поднимает меньший вес, прыгун показывает результат ниже своих возможностей.

– в утомленной мышце удлиняется фаза расслабления, а само расслабление становится менее полным и развивается контрактура. Поэтому утомленный спортсмен не успевает отдыхать между попытками. Удлинение периода расслабления утомленной мышцы есть результат ухудшения ее упруго-вязких свойств. Известно, что чем вязкость больше, тем, при иных одинаковых условиях, с меньшей скоростью и полнотой происходит не только сокращение, но и расслабление.

Еще раз оговоримся, что даже самое тщательное изучение процесса утомления изолированной мышцы не может дать выводов, которые могли бы объяснить причины и механизм утомления целостного организма. Однако такой подход дает возможность показать наиболее выразительно характерные признаки утомления.

Выдающийся отечественный физиолог Н.Е. Введенский (1852-1922), изучая физиологические процессы, протекающие в нервно-мышечном препарате, обнаружил различную утомляемость отдельных его звеньев.

Вспомним, что нервно-мышечный препарат состоит из нерва, мышцы и нервно-мышечной пластинки, т.е. места перехода первого импульса с нерва на мышцу (мионевральный синапс). Оказалось, что наибольшей утомляемостью обладает нервно-мышечная пластинка. Меньшей – мышечные волокна и самой малой утомляемостью обладает нерв. Н.Е. Введенский даже говорил об относительной не утомляемости нервного проводника. Неодинаковую утомляемость различных звеньев нервно-мышечного препарата автор связывал с различной их лабильностью. Из курса нормальной физиологии известно, что наибольшей лабильностью обладает нерв. Поэтому его можно раздражать с очень большой частотой, и он в течение длительного времени будет способен проводить возбуждения, т.е. продолжительное время сохранять оптимальное функциональное состояние.

Так как нервно-мышечная пластинка (мионевральный синапс) менее лабильна, то при тетанизации ее с большой частотой, функциональное состояние ее ухудшается, и уровень работоспособности этого образования понижается. Н.Е. Введенским также было показано, что большой утомляемостью отличаются нервные клетки. В качестве примера можно привести опыт с использованием пальцевого эргографа.

Работая на эргографе, доводят мышцы работающего пальца до полного утомления, палец уже не может больше поднять груз. Если в этот момент крайнего утомления приложить к тому месту руки, где проходит нерв, иннервирующий мышцы работающего пальца, электроды и раздражать нерв в том же ритме, в котором палец сгибался до утомления, то работоспособность пальца восстанавливается, а утомление как будто исчезает. Чем это можно объяснить? Дело в том, что участок нервной системы, посылающий импульсы

к мышцам работающего пальца «утомился» в первую очередь, в то время как двигательный нерв и мышца, в силу их меньшей утомляемости (большей лабильности) еще способны продолжать работу, еще находятся в оптимальном состоянии. Поэтому искусственно раздражая нерв и мышцу, мы заставляем их продолжать работу.

Основная роль в развитии утомления принадлежит ЦНС. Чем можно подтвердить правомочность такого утверждения?

Во-первых, если в процессе работы оказывать какое-то влияние на ЦНС, можно повлиять и на состояние утомления человека. Известно, что под влиянием различных положительных эмоций работа выполняется лучше. Бодрое настроение можно вызвать веселой песней, маршем (солдаты в строю), т.е. какими-то раздражениями из внешней среды, через ЦНС, действующими на организм человека.

Во-вторых, влияние на афферентные (чувствительные) нервные пути, изменяющее состояние ЦНС, способствует повышению работоспособности. Это подтверждается действием раздражителей на кожные рецепторы, слизистую оболочку носа (вдыхание аммиака), холодовые процедуры.

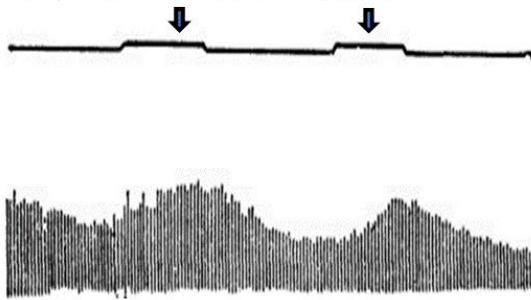
Исследованиями показано, что после выполнения произвольной работы на эргографе, эта же работа может выполняться и непроизвольно, при помощи электрического раздражения нерва, иннервирующего работающие мышцы. Однако непроизвольная деятельность (вызванная электрической стимуляцией) более утомительна, чем деятельность произвольная.



**Орбели Леон
Абгарович**

Феномен Орбели–Гинецинского

стимуляция симпатического нерва



сокращения мышцы лягушки

Эффект повышения работоспособности утомленной скелетной мышцы под влиянием стимуляции идущих к ней симпатических нервов



**Гинецинский
Александр
Григорьевич**

Рисунок 5 – Феномен Орбели-Гинецинского был открыт в 1923 г.

Центральная нервная система имеет определяющую роль не только в развитии утомления, но также и в снятии его. Интересные данные в этом

отношении были получены в работах А.Г. Гинецинского (1895-1962), выполнившего свои исследования еще в студенческие годы под руководством академика Л.А. Орбели (1882-1958).

Опыты А.Г. Гинецинского состояли в том, что посредством ритмических раздражений икроножную мышцу лягушки доводили до полного утомления. Когда мышечные сокращения, вследствие наступления утомления уменьшились, к раздражению двигательного нерва присоединялось раздражение симпатического нерва. При этом сокращение утомленной мышцы восстанавливалось. Таким образом, раздражение симпатических нервов приводило к повышению работоспособности утомленной мышцы. Это явление получило в физиологии название **феномена или эффекта Орбели-Гинецинского**.

Объясняется этот феномен тем, что раздражение симпатического нерва приводит к улучшению питания утомленной мышцы, увеличению образования АТФ, усилению окислительных процессов, повышению обмена веществ в мышцах, электропроводности мышцы и ее упруго-вязких свойств. Влияние подобного рода на процессы обмена веществ получили наименование **трофических**.

Приведенные опыты подтверждают наличие адаптационно-трофической роли симпатической нервной системы в организме. Но кроме этого опыт подтверждает положение о центрально-нервном механизме развития утомления.

И.П. Павлов (1849-1936) утверждал, что утомление есть один из автоматических внутренних возбудителей тормозного процесса. Таким образом, по автору, утомление есть одна из причин, следствием которой является возникновение в нервных клетках тормозного процесса. Торможение в данном случае носит охранительный характер, предотвращая чрезмерное истощение нервных клеток.

Для понимания природы утомления представляют интерес работы И.П. Павлова (2018); А.И. Вишнякова (2019); Т.В. Ласукова (2020), сущность которых состояла в том, что у подопытных животных (на примере собак) были сформированы условные рефлексы (УР) на безусловном пищевом подкреплении. После выработки условных рефлексов собаки выполняли мышечную работу – возили тележку различного веса. Спустя 12-15 минут после работы проводилось повторное испытание условных рефлексов. В этих опытах было обнаружено, что после небольшой мышечной работы наблюдается повышение возбудимости коры больших полушарий. Об этом свидетельствует увеличение условно-рефлекторных ответов и растормаживание ранее прочных дифференцировок. После же большой, утомительной работы картина была иная. Имело место падение величины условных рефлексов, углубление дифференцировок и усиление запаздывающего торможения. Эти данные говорят о том, что возбудимость коры головного мозга понижалась, преобладающими становились процессы торможения.

О роли коры больших полушарий в развитии утомления свидетельствуют многочисленные факты. Наблюдения, проведенные в клиниках, также указывают на роль коры в процессах развития утомления. Например, И.Х. Вахитов (2015), Н.В. Мамылина (2023), у больных с ампутированными конечностями воображаемая работа отсутствующей конечностью вызывает усталость со всеми признаками утомления. Описан случай с участником экспедиции в Африке (Е.П. Лемешевская, 2023), которому приснился сон о продолжении похода. Путешественник проснулся с ощущением большой усталости и долго не мог отдохнуть, еще одному спортсмену приснилось, что он участвовал в соревнованиях в беге на 60 км. Трое суток этот спортсмен не мог «восстановиться». Все приведенные примеры говорят о том, что в период тренировок, сборов необходимо отключаться так, чтобы не снилась работа.

В опытах, по выяснению роли ЦНС. в процессах развития утомления была доказана возможность выработки условных рефлексов на различных стадиях работы, что невозможно без участия КБП.

В других опытах (Ю.В. Корягина, 2014; С.С. Артемьева, 2023), за час до работы обследуемым, давали бромистый натрий, который усиливает тормозные процессы. В этом случае продолжительность статических усилий снижалась на 10-15%, т.е. наблюдалось более быстрое утомление, но восстановительные процессы улучшались, что говорит о влиянии ЦНС на развитие утомления.

Где же в ЦНС раньше развивается утомление? Известно, что существует 3 вида нервных волокон: двигательные, проприоцептивные и симпатические. Было показано что, если вызывать рефлекторное сокращение икроножной мышцы лягушки посредством раздражения центрального конца перерезанного малоберцового нерва и довести мышцу до полного утомления, а в период крайнего утомления перейти к раздражению большеберцового нерва, который также вызывает сокращение икроножной мышцы, то можно вновь получить сокращение этой мышцы. Вывод – утомление локализуется не в эфферентной (двигательном) звене, а в афферентном звене рефлекторной дуги. Эфферентный аппарат является менее утомимым (М. Joyner, 2015; М.М. Тумко, 2018; О.А. Ведясова, 2021).

Если сравнивать скорость наступления развития утомления при осуществлении условно- и безусловно-рефлекторной деятельности, то в первом случае утомление наступает быстрее.

5.3. Виды утомления

Виды утомления при выполнении физических упражнений разнообразны, как и сами физические упражнения:

– по формам проявления утомление делят на скрытое (компенсированное) и явное (некомпенсированное). При скрытом утомлении суммарные изменения в организме не достигают значительных величин. Эффективность физической

работы при таком утомлении можно поддерживать путем усиления работы других органов (других мышц) и систем (при утомлении во время бега длина шага будет компенсироваться частотой). При явном утомлении изменения в организме столь велики, что компенсировать их не удастся. Не смотря на волевые усилия спортсмена, эффективность физической работы снижается.

– по количеству мышц, в которых развивается утомление можно выделить локальное утомление - в этом случае утомление охватывает менее одной третьей части всех мышечных групп. Региональное – утомление охватывает от одной третьей части до половины всех мышечных групп. Глобальное - утомление охватывает более половины всех мышечных групп.

– утомление может быть подразделено по ведущей функциональной системе, вносящей основной вклад в развитие утомления (сенсорное, мышечное, связанное с вегетативными и двигательными нервными центрами, с нервно-мышечными синапсами).

6. Физиологическая характеристика восстановительных процессов

6.1. Механизм восстановительных процессов

После прекращения мышечной работы в организме происходит совокупность изменений, которые, во-первых, устраняют неблагоприятные изменения, возникающие в организме во время работы (восстановление гомеостаза), во-вторых, восстанавливают затраченные энергетические, пластические и регуляторные ресурсы, и, в-третьих, приводят организм к состоянию, которое было до начала мышечной работы. Все эти изменения в совокупности называются восстановлением, а период времени, в течение которого происходят эти изменения, восстановительным периодом. Иногда этот период называют периодом последствий мышечной работы.

Физиологическими механизмами, лежащими в основе восстановления мышечной деятельности, являются следовые процессы и явления в ЦНС.

При любых раздражениях, внешних или внутренних, в ЦНС, в коре больших полушарий остаются определенные следы, как последствие ранее нанесенного раздражения. Запоминание, память - тоже основаны на следовых процессах деятельности мозга. Эти следы в виде изменения обмена веществ, в форме сложных биохимических реакций в нервных клетках могут затем всплыть, оживиться и поэтому очень важно научиться управлять ими, ибо это обеспечивает совершенствование деятельности организма.

По вопросам следовых реакций имеется много исследовательского материала. Так, еще Н.Е. Введенский (1852-1922), говоря о своих представлениях, о «**физиологическом интервале**», указывал, что характер ответной реакции ткани, величина повторной деятельности ткани детерминированы от того, на какую часть следовых процессов, периода последствия придется повторный импульс или раздражение.

Установлено, что существует несколько фаз изменения возбудимости.

1. Фаза **абсолютной рефрактерности** или не возбудимости;
2. Фаза **относительной рефрактерности**, в которой возбудимость ткани постепенно восстанавливается, ответная реакция будет иметь место, но её выраженность незначительна;
3. Фаза **экзальтации** или усиленной возбудимости. На этой стадии ответная реакция будет выше первоначальной, той, которая наблюдалась перед работой.

Если же повторный раздражитель действует еще через больший интервал отдыха, то величина ответной реакции опять несколько уменьшится, т.к. после экзальтации фазы возбудимость ткани опять несколько снижается. В силу таких изменений возбудимости ткани было сформулировано понятие об оптимуме и пессимуме силы и частоты раздражения.

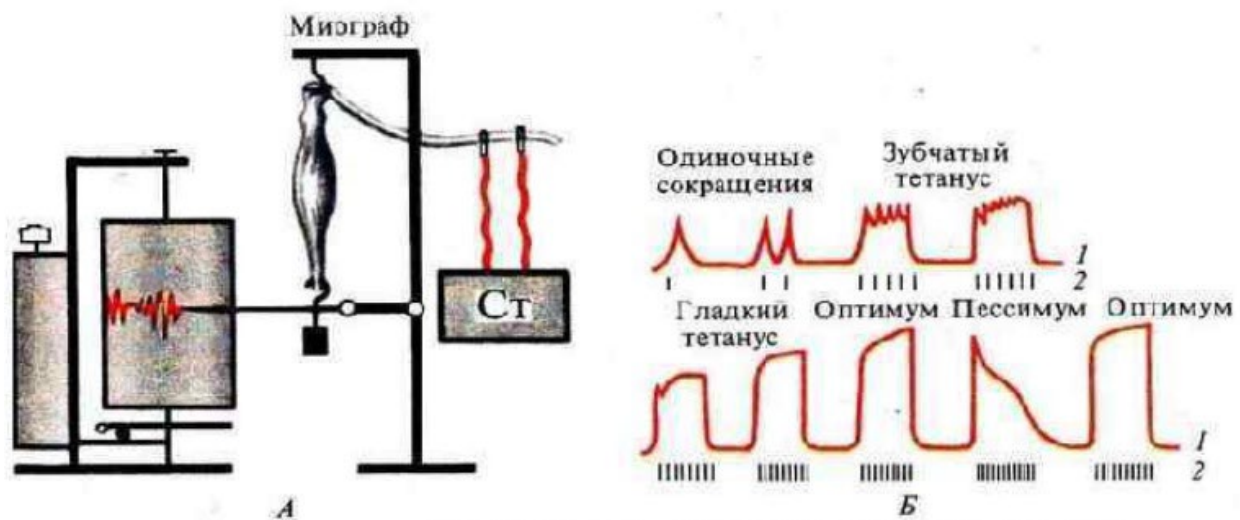


Рисунок 6 – Оптимум и пессимум по Н.Е. Введенскому (1886)

Примечание: А – схема регистрации; Б – кривые мышечных сокращений при различной частоте раздражений

Оптимальной силой и частотой будет та сила и частота раздражения, при которых наблюдается увеличение ответной реакции. Такая реакция имеет место в том случае, если импульсы возбуждения попадают на фазу экзальтации.

Явление **пессимума** физиологически отмечается, когда раздражение приходится на фазу абсолютной или относительной рефрактерности. Отметим, что по мере изменения функционального состояния реагирующей на раздражение ткани, время (момент) наступления оптимума или пессимума может изменяться.

Для понимания физиологического механизма восстановительных процессов определенное значение имеет учение А.А. Ухтомского (1875-1942) о доминанте. Одно из свойств доминанты – **инертность**. Это значит, что возникший доминантный очаг не исчезает сразу, некоторое время в нервных клетках данного нервного центра сохраняется возбуждение, т.е. имеет место

постепенное затухание доминанты (пример с летящей кометой, оставляющий яркий, постепенно затухающий след – «хвост» кометы).

В учении И.П. Павлова об условных рефлексах (в частности, о запаздывающих рефлексах, о рефлексах на время), в его «теории о последовательной индукции» также имеются сведения о механизме восстановительных процессов. Автор вел речь об оставлении следов в виде состояния пониженной возбудимости.



Георгий Владимирович Фольборт (1838-1889) выявил факт образования отрицательных (тормозных) рефлексов и значение следовых реакций в формировании основных проявлений высшей нервной деятельности, в частности - второй сигнальной системы

Трофическое направление в изучении восстановительных процессов было продолжено учеником И.П. Павлова, киевским профессором Георгием Владимировичем Фольбортом (1838-1889). Им создано учение о физиологии процессов истощения и восстановления, установлены основные закономерности этих процессов, которое вскоре стали известны как «Правила Фольборта»:

– трудоспособность органа или системы органов не считается его гомеостатическим свойством, а регистрируется в каждом временном диапазоне степени, на территории которой изменяется функциональный баланс действий восстановления и истощения;

– в системных органах во время их напряженной или продолжительной работы происходят функциональные (материальные) сдвиги, приводящие к уменьшению потенциала их функции, что отражается в возникновении механизмов утомления;

– морфофункциональная адаптация, происходящая в организме во время его активной деятельности, являются базовым возбудителем компенсаторных процессов, приводящих к ускоренному восстановлению дееспособности внутренних органов;

– быстрота реакции, с которой при моторной деятельности в организме наблюдаются существенные изменения, считается главным фактором,

лимитирующим силу этих сдвигов в качестве раздражителя процессов восстановления.

Дальнейшими исследованиями было показано, что и восстановление работоспособности скелетной мускулатуры также носит **фазный** характер. Кроме того, отмечен факт большей эффективности короткого интервала отдыха, чем чрезмерно длинного.

При анализе периода восстановления следует выделять 2 процесса:

- восстановление до исходного уровня (восстановление в буквальном смысле слова);

- упроченное восстановление, т. е. период, в котором наблюдается готовность организма к повторной напряженной работе.

Длительно выполняемые истощающие нагрузки могут привести к развитию 2-х состояний организма:

- состояние повышенной работоспособности. Это состояние возникает тогда, когда повторная нагрузка попадает на период упроченного восстановления.

- состояние истощения, возникающее как следствие применения повторных нагрузок, а период неполного восстановления.

Говоря о восстановительных процессах, отметим роль торможения. Известно, что процессы торможения при выполнении мышечной работы ведут к ее прекращению. Однако показано, что этим роль тормозных процессов не исчерпывается, они приводят одновременно к усилению восстановительных процессов в организме.

Правда, эти представления о роли тормозных процессов в период реституции носят больше схематизированный характер и не отражают истинных механизмов, восстановления организма после работы.

Биохимические исследования показали, что при расходовании гликогена, его восстановление протекает не до базовых величин, а имеет место **суперкомпенсация** (сверхвосстановление). Суперкомпенсация гликогена более значительна при интенсивной, кратковременной мышечной деятельности и, наоборот. Для восстановления гликогена имеет значение не только интенсивность и продолжительность работы, но и продолжительность отдыха между попытками. Наибольшая величина суперкомпенсаций наблюдается при очень интенсивных упражнениях и при небольших по времени отрезках отдыха. Такую суперкомпенсацию объясняют анаэробным характером восстановления и напряженным фосфорилированием.

Недостатком работ А. Хилла (1886-1977) было то, что он время ликвидации кислородного долга считал временем восстановления всего организма, другими словами ликвидацию кислородного долга принимал за критерий восстановления работоспособности организма. На самом деле, время восстановления кислородного долга не является временем восстановления организма, т.к. даже при полной ликвидации задолженности по кислороду, восстановление работоспособности не достигает 100%. Роль

основного регулятора восстановительных процессов А. Хилл отводил молочной кислоте, которая, влияя, якобы, гуморальным путем на дыхательный центр, регулирует восстановление работоспособности.

В настоящее время показано, что **основным регулятором протекания процессов восстановления является ЦНС**. В процессе мышечной деятельности ведущим механизмом, определяющим изменение функций, является механизм моторно-висцеральных рефлексов, т. е. рефлексов, устанавливающих определенные взаимоотношения между моторной частью (проприорецепторами мышц и сухожилий) и внутренними органами организма.

Когда работа оканчивается, т. е. когда проприоцептивная импульсация прекращается, то ведущим механизмом, определяющим взаимодействие функций, будет не механизм моторно-висцеральных рефлексов, а висцеро-висцеральные рефлексы (рефлекс с интерорецепторов), которые обуславливают изменение деятельности функций организма после работы. Кроме этого, было отмечено, что если при мышечной деятельности имеет место усиление тонуса симпатического нерва, то в восстановительном периоде, тонус симпатического нерва понижается, и повышается тонус блуждающего нерва. Значительную роль в восстановлении мышечной работоспособности играет парасимпатический отдел гипоталамуса, влияние которой заметно возрастает при исчезновении моторно-висцеральной импульсации.

6.2. Закономерности восстановительных процессов

Физиологические механизмы восстановления имеют **фазный** характер. Всего выделяют четыре основные фазы, каждая из которых характеризуется своими особенностями.

Первая фаза наступает сразу после окончания физической работы. Эта фаза характеризуется как фаза пониженной работоспособности (быстрого восстановления). Происходит быстрая ликвидация кислородного долга и восстановление показателей гомеостаза, физическая работоспособность снижена.

Во вторую фазу физическая работоспособность практически не отличается от уровня перед началом работы, поэтому данная фаза называется фазой исходной работоспособности (замедленного восстановления). Однако многие системы организма еще не достигают состояния, которое было до начала мышечной работы.

В третью фазу физическая работоспособность становится выше уровня, отмеченного перед началом физической работы. Эта фаза называется фазой повышенной работоспособности (сверхвосстановления, суперкомпенсации). Организм восстанавливается с некоторым превышением исходного уровня. Данная особенность является физиологической основой роста тренированности. Кроме того, полного возврата к исходному состоянию систем организма в этой фазе также не наблюдается.

Затем физическая работоспособность и показатели важнейших систем организма постепенно возвращаются к исходному уровню. Наступает четвертая фаза восстановительного периода – фаза постепенного возвращения к исходному уровню (длительного (позднего) восстановления).

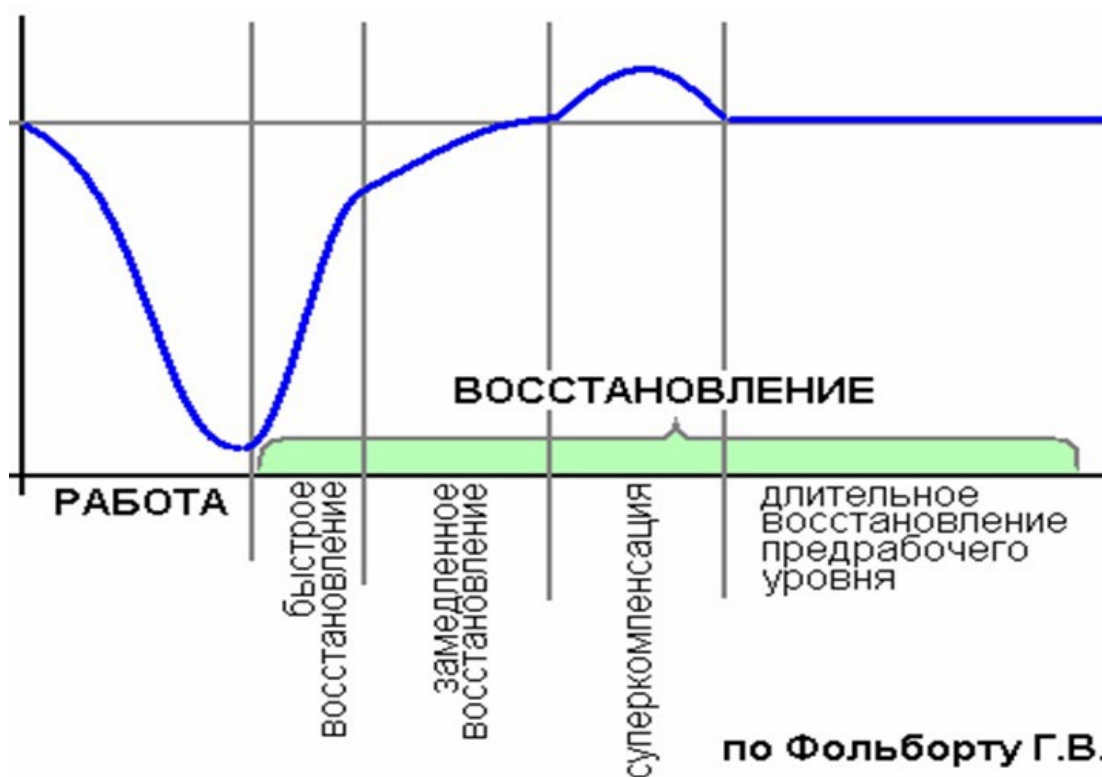


Рисунок 7 – Физиологические сдвиги аэробной работоспособности в тесте до отказа и в период восстановления

Второй закономерностью восстановительных процессов является различная скорость их протекания – **неравномерность**. Это значит, что процессы восстановления на организменном уровне протекают с различной скоростью. Для большинства систем организма в начале периода скорость процессов восстановления высокая и восстановление происходит быстро, затем медленно. Такая динамика характерна для показателей внешнего дыхания, кровообращения, двигательного аппарата.

Третьей закономерностью восстановительных процессов является **гетерохронность их протекания**. Данная закономерность означает, что различные системы организма восстанавливаются в неодинаковые временные сроки. Быстро восстанавливаются показатели гомеостаза (газовый состав крови, реакция внутренней среды - рН, осмотическое давление плазмы крови, температура тела), что имеет исключительно важное значение для организма. Медленнее восстанавливаются энергетические ресурсы организма. Причем, энергетические ресурсы организма восстанавливаются также гетерохронно. Первыми восстанавливаются запасы АТФ и КрФ в мышцах, затем запасы гликогена в мышцах и печени, позднее восстанавливаются запасы жирных

кислот. Долго протекают процессы синтеза белковых структур, распавшихся в результате напряженной мышечной работы. Очень медленно восстанавливается исходное соотношение форменных элементов крови.

Четвертая закономерность восстановительных процессов заключается в том, что они имеют **избирательный характер**, т. е. характер восстановительного периода (особенно временные сроки восстановления различных функций, выраженность фазы повышенной работоспособности) зависит от характера мышечной работы. Всегда восстанавливаются раньше функции и органы, которые получили при работе меньшую нагрузку. Эта закономерность имеет принципиальное значение при планировании физических нагрузок в рамках отдельных микроциклов и мезоциклов спортивной тренировки.

Пятая закономерность восстановительных процессов заключается в **аэробном характере энергообеспечения** деятельности всех органов и систем. После прекращения мышечной работы величина кислородного запроса резко снижается, а продуктивность работы кислородтранспортной системы остается высокой. Поэтому кислорода, доставляемого к тканям, оказывается достаточным и для обеспечения текущих потребностей клеток, и для обеспечения хода восстановительных процессов.

Период восстановления зависит от следующих ведущих **маркеров**:

- характер мышечной работы - продолжительность и интенсивность, механизм энергообеспечения, количество активных мышечных групп и т. д. Учитывая большое количество видов физических упражнений, можно предположить, что для каждого физического упражнения характерен свой процесс восстановления;

- тренированность человека к данному виду мышечной работы. Тренированный человек значительно быстрее восстанавливается после физической нагрузки. Поэтому одним из важнейших критериев тренированности спортсмена может служить продолжительность периода восстановления после выполнения физических упражнений;

- следующим фактором, является возраст. Дети и подростки быстрее восстанавливаются после физической работы, чем взрослые;

- важное значение для скорости протекания процессов восстановления имеет тип (ВНД) высшей нервной деятельности. Атлеты с высокой подвижностью нервных процессов восстанавливаются быстрее, т.к. роль ЦНС в осуществлении процессов восстановления очень велика;

- в соответствии с суточными колебаниями физической работоспособности меняется и скорость восстановления работоспособности после физических упражнений. Наивысшая скорость восстановления физической работоспособности отмечается в период с 10:00 до 12:00 и 16:00 до 18:00 часов;

- значительное влияние на скорость процессов восстановления оказывают климатические условия;

– оказывает на протекание процессов восстановления и текущее состояние организма.

Большое значение при восстановлении имеет ликвидация кислородной задолженности. Кислородный долг состоит из различных частей (фракций).

Первая часть кислородного долга связана с восстановлением запасов кислорода в мышцах и в крови (обеспечивая его связь с миоглобином и гемоглобином). Суммарно эта часть кислородного долга составляет не более 1 литра. По времени это восстановление не превышает 10-15 секунд.

Вторая часть кислородного долга (алактатная фракция, АТФ и КрФ). Величина этой фракции – от 2 до 5 литров кислорода. Продолжительность периода восстановления запасов АТФ и КрФ не превышает 10-12 минут.

Третья часть O₂-долга, т. е. лактатная его фракция - это суммарная величина кислорода, необходимого для утилизации молочной кислоты, накопившейся во всем организме. Величина этой фракции – от 5 до 20 литров кислорода. Продолжительность этих процессов может быть более 3 часов. Ликвидация кислородного долга носит неравномерный характер. Вначале эта ликвидация происходит быстро, а затем медленно.

Большое значение для практики спорта имеет скорость нейтрализации молочной кислоты. В организме существуют несколько механизмов ликвидации молочной кислоты. Главный из них - окисление молочной кислоты до углекислого газа и воды в медленных мышечных волокнах. Таким образом, ликвидируется до 70% всей молочной кислоты. Поэтому после напряженной физической работы целесообразно выполнять легкую оздоровительную работу. При такой нагрузке в сокращениях преимущественно участвуют медленные мышечные волокна. Некоторая часть молочной кислоты окисляется клетками миокарда. Далее часть её используется для синтеза других веществ. В печени синтезируются гликоген (до 15% всей молочной кислоты) и белки (до 7-8%). Некоторая часть (2-3%) молочной кислоты выводится из организма с потом и мочой.

6.3. Критерии готовности к повторной работе

Очень важным для практики спорта является вопрос определения критериев готовности к повторной работе. Какие показатели можно использовать в качестве этих критериев? Восстановление МПК, мышечной работоспособности, частоты сердечных сокращений, легочной вентиляции и т.д.? А.В. Хилл (1886-1977) в свое время считал, что критерием работоспособности организма служит время ликвидации кислородного долга. Однако более поздними работами было установлено, что иногда кислородный долг еще не восстановился, а работоспособность уже составляет 100 %, и выше (бег на 100 м, например). Некоторые исследователи считают критерием готовности к повторной работе является **результат самой работы**. Если, например, в тренировке бегун пробегает отрезки по 400 м повторно через определенные промежутки времени и результат повторных попыток ниже

первого результата, то повторная работа (забеги) осуществляется на фоне недовосстановления. Согласно авторам, другим работ (С.И. Картышева, 2012; Л.В. Капилевич, 2016; Н.В. Мамылина, 2023), критерием готовности к повторной работе можно считать восстановление **показателей сердечно-сосудистой системы** (частоту пульса, кровяного артериального давления и др.). Например, в упражнениях максимальной интенсивности восстановление максимального артериального давления почти совпадает по времени с восстановлением работоспособности.

Исследования, проведенные сотрудниками кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО «СГУС», свидетельствуют, что наиболее полно отражающими восстановление работоспособности при работе максимальной интенсивности является не пульс, а **максимальное потребление кислорода и минутный объем дыхания** (Н.В. Осипова, 2008; Ф.Б. Литвин, 2018; Т.М. Брук, 2019; П.А. Терехов, 2021).

6.4. Средства, ускоряющие восстановление работоспособности

Системообразующим средством, ускоряющим восстановление работоспособности, является тренировка, а самым эффективным средством экстренного стимулирования работоспособности – естественное эмоциональное возбуждение.

Все вышеназванные средства не могут заменить даже частично тренировочный процесс. Только при правильной тренировочной работе, при умелом сочетании работы и отдыха, при соблюдении основных принципов тренировки, может быть в значительной мере повышена работоспособность.

Большое место в ускорении процессов восстановления занимает так называемый «активный отдых», т.е. отдых, сопровождающийся движениями.

Научное обоснование «активного отдыха» дано в трудах И.М. Сеченова. Ученого, занимала мысль: при каком темпе и величине нагрузки более длительно сохранится работоспособность. Опыты И.М. Сеченов проводил на себе. Мышечная работа заключалась в ритмических движениях руки, поднимающей груз. Ученым установлено, что наиболее действенным оказался не временный полный покой работающей руки, а покой ее даже более кратковременный, но связанный с работой другой руки, т.е. во время отдыха уставшей руки работала другая рука. Автор объяснил это тонизирующим воздействием на центральную нервную систему чувственных импульсов, возникающих в работающей руке. Это предположение подтвердилось тем, что аналогичный стимулирующий результат получался и тогда, когда вместо движений другой рукой производилось ее электрическое раздражение.

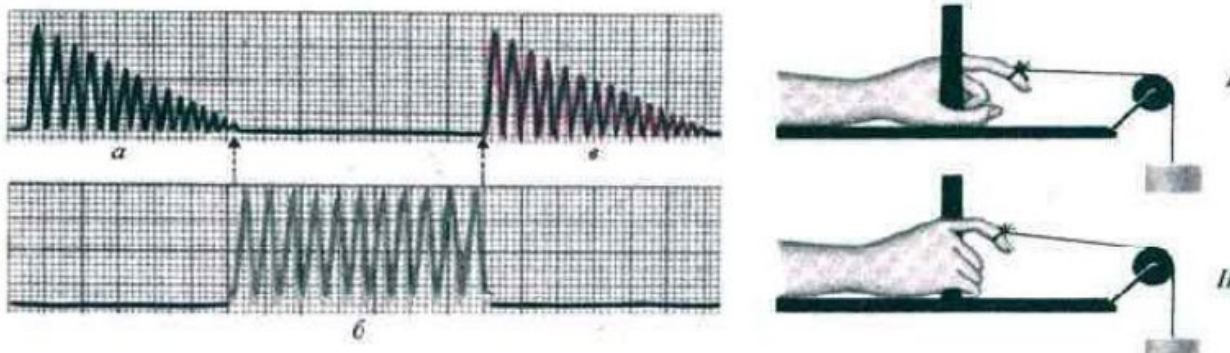


Рисунок 8 – Работа и утомление («активный отдых» И.М. Сеченов, 1903)

Примечание: I – эргограмма мышц левой руки; II – эргограмма правой руки; а – утомление мышц левой руки; в – восстановление её работоспособности после «активного отдыха» - работы правой руки (б)

Физиологический механизм «активного отдыха» заключается в следующем. В коре больших полушарий в утомленных клетках возникает торможение, носящее охранительный характер. Если в работу включаются другие мышцы, то в коре создаются новые очаги возбуждения, а это усиливает (по механизму одновременной отрицательной индукции) торможение в центрах утомленной конечности и быстрее снимает утомление, ибо при более глубоком торможении процессы восстановления протекают наиболее полно и быстро.

Говоря об активном отдыхе, отметим еще, что его влияние зависит не только от степени утомления, но и от возраста, от уровня тренированности. У молодых людей влияние активного отдыха выражено сильно, у пожилых – мало. У более тренированных спортсменов эффект активного отдыха также выше, чем у менее тренированных. Важным фактором повышения работоспособности, является сочетание работы различных групп мышц. Если работают одни и те же мышцы, то это быстрее приводит к утомлению. Работа с переключением менее утомительна, чем однообразная работа. Даже самые легкие статические усилия (поза «сидя»), но однообразные, нельзя долго поддерживать. Попеременное чередование деятельности разных мышечных групп позволяет выполнять работу более продолжительно. Особенно важно учитывать согласованную работу мышц-сгибателей и разгибателей.

В настоящее время в качестве «активного отдыха» используются самые разнообразные виды мышечной деятельности. В первую очередь это использование физических упражнений из ИВС или смежных видов спорта. Для ускорения хода восстановительных процессов подобные упражнения должны быть непродолжительными и противоположными по энергетической направленности (по сравнению с упражнениями, вызвавшими утомления на тренировочных занятиях). Рациональное планирование тренировочной работы предусматривает применение таких упражнений для ускорения восстановления на протяжении нескольких занятий после напряженной тренировки. Кроме

того, рекомендуется проведение занятий на природе, различные виды переключения с одного вида работы на другой и т.д.

Восстановительные средства традиционно подразделяют на три группы: педагогические, психологические и медико-биологические.

К I первой группе относят (А.А. Терентьев, 2019; Н.В. Шераш, 2022): расчет избранной нагрузки при построении процесса подготовки; соотношение упражнений адаптивным возможностям атлетов; соответствие подготовки многолетнему этапу педагогического процесса; конструктивная вариабельность нагрузки при различных условиях деятельности; требование учета занятий в микроциклах восстановительной направленности; моторные переключения программ в отдельных занятиях и микроциклах; адаптивная разминка; функциональное значение заключительной части тренировки; режим труда и двигательной работы; условия для отдыха и тренировок; комбинирование учебы (работы) и спорта; регулярность времени планирования работы и отдыха; пропорциональное применение коллективных и индивидуальных форм труда; анализ индивидуальных способностей атлетов, запрет тренировок и соревнований при диагностике ОРВИ, хронических болезней, спортивных травм.

II группа средств (А.С. Чинкин, 2016; Н.В. Мамылина, 2023), подразделяется на три компонента: психотерапия (внушенный сон, мышечная релаксация, специальные дыхательные упражнения, аутогенная тренировка, гипнотическое внушение, музыка и светомузыка); психопрофилактика (психорегулирующая тренировка индивидуальная, коллективная, хорошие отношения в семье, друзьями, окружающими, тренером, партнером); и психогигиена (разнообразие досуга, комфортабельные условия быта, снижение отрицательных эмоций, достаточная материальная обеспеченность). Основой физиологической эффекта психологических средств является влияние второй сигнальной системы на различные нервные центры. Благодаря действию раздражителей (в виде слова, различных представлений) возможно снижение эмоционального напряжения, мышечного тонуса, активизации обменных процессов, ускорение хода восстановления в целом.

К III первой группе относят (С.С. Артемьева, 2023):

– гигиенический блок, состоящий из рационального и стабильного регламента дня, регулярного отдыха и сна, учета спортивного оборудования и одежды, условиям и целям подготовки к главным соревнованиям, технического состояния спортивных сооружений;

– физический раздел включает общий, сегментарный, частичный, вибро-, пневмо-, гидро-, точечный, массаж; парную баню и суховоздушную сауну; различные гидропроцедуры в виде игольчатого, дождевого, струевого, циркулярного, каскадного, шотландского душей; контрастных, пресных, жемчужных, кислородных, вибрационных, углекислых, ароматических, гальванических, ванн; следующих технических процедур с помощью миостимуляции, аэроионизации, электропунктуры, электрофореза,

индуктотермии, диатермии; световой диагностики на базе инфракрасного, ультрафиолетового и облучения видимой спектральной части электромагнитных волн; ультразвука и фонофореза;

– питательный компонент, состоящий из сбалансированного и адекватного по характеру избранных нагрузок, погодным и климатическим зонам условиям качественного продовольственного сырья;

– фармакологическое взаимодействие, включающее доступные (разрешенные WADA и РУСАДА) вещества, ускоряющие процессы восстановления, повышающие гомеостаз организма в условиях спортивного стресса, субстанции, стимулирующие кроветворную функцию, минеральные вещества и витаминные комплексы, животные и растительные адаптогены, обезболивающие, противовоспалительные и согревающие препараты.

Медико-биологические средства, вызывая раздражение многочисленных рецепторов, способствуют протеканию в организме рефлекторных реакций, благодаря которым ускоряются восстановительные процессы.

Часто в спортивной среде ведутся разговоры о допингах. Допинги (англ. doping, от англ. dore – применять наркотики) – это такие химические вещества, которые снимают охранительное торможение, этот необходимый уровень деятельности ЦНС, и работа двигательного аппарата идет сверх уровня естественной работоспособности. Работа выполняется на износ. Поэтому международные организации спортивной медицины запрещают применение допингов и тех участников, которые их применяют, снимают с соревнований и дисквалифицируют.

В настоящее время большое значение отводят (А.В. Жолинский, 2019, ФМБА России) современным не допинговым лекарственным средствам и методам коррекции функционального состояния спортсменов, а именно:

– лекарственный препарат «Селанк» (от 0,15% до 3,0%, раствора для назального спрея), представляющий аналог синтетического (эндогенного) тафтсина, который характеризуется нейроспецифическим влиянием на эмоциональные участки мозга (диэнцефалон, гипоталамус, корковые сенсорные зоны);

– комплекс витаминов «Цитофлафин», производится на основе раствора для внутривенного введения в кровотоки, либо в таблетизированном формате. В состав лекарственного средства входят: рибоксин (инозин), янтарная кислота, рибофлавин мононуклеотид, никотинамид, а также дополнительные вспомогательные вещества. Для практики спорта рекомендуется следующая модель поэтапного его применения: на протяжении 10 дней внутривенным способом по каплям вводим жидкость, состоящую из препарата и 5 % глюкозного раствора (концентрации 10,0 к 100,0 мл). Далее в течение 25 суток необходимо принимать «Цитофлафин» в таблетизированном формате по 2 порции 2 раза в день за полчаса до еды, не раскусывая, запивая сладковатым чаем в диапазоне 7-10 часов. Курсовое назначение препарата заключается в профилактике симптомов дезадаптационных нарушений.

– порошок «Неотон» производится во флаконах для внутривенных инъекций, капельного и струйного способа введения. Функциональное назначение препарата заключается в его кардиопротекторном воздействии за счёт стабилизирующего эффекта мембраны кардиомиоцитов на фоне ишемии. У атлетов обнаружено повышение активности парасимпатического звена управления сердечным ритмом, отражающее ускорение восстановительных процессов после избранных нагрузок;

– рецептурный препарат «Реамберин», применяется исключительно на спортсменах парентеральным путем объемом 400 мл в течение недели в исследовательских целях на базе дневного стационара, состоит из меглюмина и янтарной кислоты. У атлетов с начальными признаками перенапряжения и хронического переутомления снижает интенсивность кардиального и астеноневротического расстройств. Согласно Запрещенному списку WADA из раздела M2 следует, что абсолютно запрещены к использованию в/в инъекции и/или инфузии более 100 мл их объема на протяжении 12-часового временного отрезка, кроме случаев дневного лечения в стационаре, хирургических вмешательств или в ходе клинической диагностики. Следует помнить, что суммарный объем вводимого раствора или фармацевтической субстанции, расходуемого для внедрения в организм, вне условий стационара (больницы) не должен преобладать 100 мл.



Рисунок 9 – Процедура неинвазивной нейростимуляции

– метод неинвазивного возбуждения головного мозга на основе микрополяризации (tDCS) и магнитной (TMS) стимуляции, с целью образования конкурентного (искусственного) центра доминантной его активизации, с целью ускоренной вработываемости функциональных систем, ответственных за формирование программы ответных действий.



Рисунок 10 – Процедура локальной криостимуляции

– методика местной (участковой) криостимуляции в диапазоне 6-минутного воздействия (до -160°C) холода, позволяющего расширить мобилизационный резерв изометрической (максимальной) силы после длительных нагрузок, что открывает перспективы его применения в долгосрочной стратегии мышечного восстановления;



Рисунок 11 – Процедура гипертермической стимуляции

– совместные температурные режимы различной направленности в виде трансдермальной криотерапии и гипертермической стимуляции курсом до десяти процедур с целью реабилитационной профилактики синдрома перетренированности, болевых ощущений в организме, потенцирования восстановительных процессов. Физиологические механизмы данных

проявлений заключаются в использовании сигналов электростатического поля для образования в двигательных волокнах глубоких колебаний (осцилляций) для расслабления ведущих мышц.



Рисунок 12 – Процедура низкоинтенсивной лазеротерапии

– низкоинтенсивная лазерная терапия, реализуется с целью достижения биомодуляционного эффекта. Сеансы НИЛИ после изнурительных тренировок способствует снижению проявлений пикового регресса, крутящего (эксцентрического) момента мышечной ткани задней поверхности бедра. Необходимо строго запомнить, что внутривенное (ВЛОК) использование лазера любой модификации в настоящее время в России категорически запрещено;



Рисунок 13 – Процедура миостимуляции

– электро-мышечная стимуляция (EMS) при курсовом приеме в течение 10 дней в ходе интенсивных тренировок при достижении максимальной алактатной мощности, повышает пиковое произвольное мышечное усилие (MVC), способствуя оптимизации результатов в тестовых дистанциях у спринтеров;



Рисунок 14 – Процедура усиленной наружной контрпульсации

– усиленная (наружная) контрпульсация (ЕСР) экспозицией в течение 30 минут оказывает непосредственное воздействие в период максимальных (соревновательных) нагрузок, а спустя суток проявляется ее отсроченный эффект, регистрируемым как при изометрическом напряжении (в виде уменьшения амплитуды крутящего момента), так и в динамике индикаторов стресса (секреции кортизола), степени восстановления (уровня альфа-амилазы и креатинкиназы);



Рисунок 15 – Процедура лимфодренажа

– мануальные и аппаратные способы техники лимфодренажа, способствуют снижению величины регресса максимального усилия при интенсивных нагрузках.

6.5. Эффективность применения избранных средств восстановления

При выборе средств восстановления следует учитывать:

- физиологическую характеристику избранного средства восстановления, механизм его комплексного воздействия на организм;
- направленность и величину тренировочной нагрузки. Особенности восстановления напрямую обусловлены характером нагрузки, поэтому важно учитывать данные особенности при планировании применения различных средств;
- фазы восстановительного периода (срок времени после окончания занятия). В связи с тем, что состояние организма и отдельных систем на протяжении восстановительного периода меняется, эффекты применения одного и того же средства на разных фазах восстановления могут быть различными;
- индивидуальные особенности организма спортсменов.

7. Физиологические основы двигательных навыков

7.1. Роль ЦНС в координации движений

Каждый человек в процессе своей индивидуальной жизни обучается выполнению разнообразных движений бытового, профессионального и спортивного характера. Если новорожденный ребенок не умеет сидеть, стоять, не может самостоятельно принимать пищу, то движения взрослого человека характеризуются многообразием, выразительностью и сложностью. Достаточно представить себе точные, экономные движения рабочего на производстве, сложные движения хирурга или изящные и выразительные движения фигуристов, гимнастов, чтобы убедиться в чрезвычайном богатстве движений человека.

При обучении различным движениям происходит формирование и закрепление двигательных навыков, т.е. привычных, заученных движений или автоматизированной формы приобретенного двигательного действия. Механизм формирования двигательного навыка, механизм освоения новых движений достаточно сложен. Не одно поколение ученых вложило свои знания в раскрытие тайн формирования у человека новых движений.

Освоение движений связано с деятельностью ЦНС. Научные представления о природе, или о механизме, двигательных навыков базируются на рефлекторной теории И.М. Сеченова и И.П. Павлова.

И.М. Сеченов различал два вида движений: произвольные (без участия психики) и произвольные (контролируемые сознанием человека) движения.

Движения непроизвольной направленности считаются врожденными, реализуются на бессознательном уровне, их основа – безусловные (наследуемые) моторные рефлексы, такие как глотание, сгибание и разгибание ОДА, сосание, мигание, питание, оборонительные действия, размножение и ориентировка в пространстве.

Движения произвольного характера состоят в целенаправленном (управляемом на нейрональном уровне) поведении спортсмена, осуществляемом под контролем воли и сознания. Подобные двигательные акты из практики ИВС усваиваются при специфическом обучении в течение всей жизни, в их основе находятся индивидуальные рецепторные реакции. Их образование вначале происходит с обязательным сознательным контролем, впоследствии при уменьшении степени его наблюдения.

В 1860 году И.М. Сеченов впервые в мировой науке вскрыл рефлекторную природу всех произвольных, сознательных движений человека. Он писал, что «Все движения, носящие в физиологии название произвольных, суть в строгом смысле рефлекторные». В дальнейшем в своем научном труде «Рефлексы головного мозга» ученый доказывает зависимость непроизвольных и произвольных движений от влияния внешней среды, их обусловленность деятельностью головного мозга.

При изучении двигательных функций было установлено, что некоторые виды рефлексов могут быть осуществлены **только при наличии определенных отделов ЦНС**. Так, сухожильные рефлексы связаны с деятельностью спинного мозга, дыхательные и тонические – с функцией продолговатого мозга (бульбарные рефлексы), со средним мозгом связывали глазодвигательные и статокINETические рефлексы, рефлексы, осуществляемые с помощью больших полушарий центрального мозга, относили в группу кортикальных рефлексов. В таком делении проявляется мысль о **горизонтальной организации нервных процессов**, т. е. допускается возможность осуществления рефлекторных реакций одним каким-то отделом (уровнем) ЦНС.

В настоящее время такие представления считают неполными. Сейчас речь ведут о **вертикальной организации рефлекторной деятельности**, т. е. об одновременной деятельности различных отделов ЦНС при осуществлении рефлекторной деятельности вообще и при осуществлении движений, в частности.

Впервые такие представления были развиты П.К. Анохиным (1898-1974). Автор считал, что абсолютно любой сознательной деятельности (выполнению избранного движения) атлета предшествует системный процесс ее формирования и структурирования на основе индивидуальной (в конкретных условиях) функциональной системы.

Таким образом, в основе формирования новых видов поведенческой деятельности человека, в том числе и различных видов мышечной, в частности, спортивной деятельности лежит механизм образования

условных рефлексов. Это относится и к физиологическим закономерностям становления спортивной техники. Изучением этих механизмов занимался И.М. Сеченов, создавший представления о связи психических явлений и мышечной деятельности. Двигательные действия являются основой целенаправленного поведения. Сейчас считают, что функциональной единицей индивидуально приобретаемого поведения является взаимодействие доминанты и условного рефлекса.

7.2. Механизм произвольных движений по И.П. Павлову

И.П. Павлов (1849-1936) никогда не занимался физиологией физических упражнений и двигательного аппарата, но в его творческом наследии есть работа, имеющая прямое отношение к физиологии движений. Эта работа написана им в 1935 году, за год до его смерти, и называлась она «Физиологический механизм так называемых произвольных движений». В работе суммируются данные ряда экспериментов, имеющих отношение к двигательной функции больших полушарий, и дается широкое обобщение закономерностей высшей нервной деятельности, применительно к проблеме двигательных навыков.

И.П. Павлов рассматривал кору больших полушарий как комплекс центральных отделов различных анализаторов: зрительного, слухового вестибулярного, двигательного и др.

Ученому и его ученикам удалось провести экспериментальное доказательство того, что и двигательный анализатор также входит в этот комплекс. Бедро и голень подопытной собаки закреплялось так, чтобы можно было производить лишь изолированное движение в голеностопном суставе этой конечности. Экспериментатор осуществлял пассивное сгибание лапы животного, сопровождая это сгибание подкармливанием животного. Через несколько повторений пассивных сгибаний лапы и пищевых подкреплений выработался условный рефлекс, т.е. слюноотделение происходило только при сгибании лапы. Таким образом, условным пищевым раздражителем служило пассивное движение конечности. Пассивное сгибание лапы собаки сопровождалось возбуждением проприорецепторов конечности. Это возбуждение по центростремительным нервам поступало в кору больших полушарий и по временной функциональной связи – в пищевой центр.

Школой И.П. Павлова было также установлено и точное местоположение, локализация центрального отдела двигательного анализатора или кинестезической области (области движения) коры больших полушарий, т. е. той области клеток, которые связаны с восприятием движений.

Центральный отдел двигательного анализатора располагается в области передней центральной извилины коры. Если этот участок коры удалялся, то условные рефлексы на движение выработать не удавалось.

Собственно, двигательный анализатор состоит из рецепторов

(проприорецепторов), проводниковой части анализатора, состоящей из 3-4 нейронов и коркового отдела (или центрального отдела) анализатора, лежащего в передней центральной извилине. Заметим, что в настоящее время география местоположение центрального отдела двигательного анализатора несколько расширена. Установлено, что сзади центральной извилины есть поля, которые в некоторой степени могут компенсировать повреждение передней центральной извилины. Таким образом, корковое представительство движений сейчас представляется несколько шире.

Как устанавливается связь коры мозга с движением? Для этого вспомним немного анатомию. Существует две группы клеток, связывающих кору больших полушарий и двигательный аппарат:

- афферентные (кинестезические) нервные клетки, куда поступают импульсы от мышц, сухожилий, связок, суставных сумок, т. е. от расположенных в них проприорецепторов.

- эфферентные (двигательные) клетки, от которых начинается путь к двигательному аппарату.

Как же образуется связь между этими группами нервных клеток? Какова эта связь – врожденная, постоянная или временная, приобретенная?

В настоящее время считают, что эта связь носит временный характер и имеет непосредственное отношение к физиологическому механизму так называемых произвольных движений.

Было установлено, что механизм образования новых произвольных движений заключается в осуществлении следующих процессов:

- в суммарной деятельности коры больших полушарий головного мозга (имеется в виду, интегральная деятельность двигательной зоны коры и центральных отделов различных анализаторов).

- в образовании временных связей между афферентными клетками и двигательными клетками коры.

- в распространении возбуждения от афферентных клеток не только к двигательным, а от них и к центрам, обеспечивающим функции дыхания, кровообращения.

Например, пианист играет, смотрит на лежащие перед ним ноты и выполняет автоматизированные движения (по амплитуде и по времени). А в ЦНС происходит передача возбуждения из зрительного анализатора, воспринимающего ноты, к двигательному, обеспечивающему движение. Эта связь носит временный характер.

Очень интересные материалы, иллюстрирующие роль коры в построении новых форм движений, содержатся в других исследованиях.

У собак производилась ампутация конечностей в разных комбинациях: обеих передних, обеих задних, одной передней и одной задней на одной стороне или перекрестно. У собак наступало глубокое расстройство двигательных способностей, они не могли ни стоять, ни ходить, ни бегать. Однако через 20-30 дней утраченные способности возвращались, и все собаки

могли передвигаться на двух оставшихся конечностях вплоть до бега. Но если ампутация конечностей производилась после удаления коры больших полушарий, то восстановления движений не происходило ни в одном случае, даже на протяжении 2-3 лет.

Если удаление коры происходило после восстановления движений, то приспособительные явления исчезали навсегда.

Эти опыты полностью подтверждают положение о том, что кора больших полушарий является органом выработки новых форм движений.

Таким образом, выяснив, что все сознательные движения человека являются условно-рефлекторными, мы можем сказать, что двигательные (моторные) навыки характеризуются в качестве приобретенных (новых форм локомоций), которые формируются с помощью автоматизации упражнения по механизму образования проторенных (временных) связей между нейрональными центрами безусловного и условного раздражителя.

7.3. Динамический стереотип – физиологическая основа двигательного навыка

В настоящее время считают, что образование двигательных навыков идет при образовании динамического стереотипа.

Так, у собак вырабатывались условные рефлексы на звук, свет, удары метронома. Эти раздражители следовали друг за другом в строго определенном порядке. Каждый раздражитель имел безусловное подкрепление. Выраженность условного рефлекса на каждый из применяемых раздражителей была разной. На один раздражитель ответ был сильным, на другой – слабым. После большого числа сочетаний, когда условный рефлекс стал достаточно прочным, собаке дали только один раздражитель из ранее применявшейся серии – свет. Характер ответа был старым; как и при применении серии раздражителей. Таким образом, у животных в ответ на различные по силе раздражители формировались и различные ответные реакции. Строгая очередность применения раздражителей вызывала столь же строгую очередность в проявлении ответных реакций. Последовательность этих реакций упрочилась настолько, что применение только одного раздражителя вместо всего комплекса «запускало» в действие всю цепь рефлекторных ответов. Образовался динамический стереотип, т.е. слаженная уравновешенная система процессов торможения и возбуждения в коре больших полушарий.

Стандартная система условных раздражителей, применяемая при выработке системы условных рефлексов, называется внешним стереотипом. Этими раздражителями могут быть зрительные, слуховые, проприоцептивные, вестибулярные и др.

Постоянством внешнего стереотипа обеспечивается более быстрое и успешное формирование внутреннего стереотипа, т.е. системы тормозно-возбудительных процессов в коре больших полушарий.

Внешний стереотип обеспечивает формирование внутреннего, т.е. слаженной системы процессов возбуждения и торможения. Эта система очень динамична, что подчеркивается термином динамический стереотип. Это значит, что если постоянство внешнего стереотипа, постоянство внешних раздражителей изменилось, то благодаря пластичности коры произойдет и перестройка, коррекция нервных процессов. Последнее обеспечивает вариативность двигательного навыка. Так, удар по мячу в футболе является двигательным навыком. Благодаря динамичности стереотипа, лежащего в основе этого навыка, квалифицированный футболист может выполнить этот удар и в зале, и на поле, в хорошую погоду и в дождь и ветер, с места и на высокой скорости. Новичок сделать это не сможет.

Образование динамического стереотипа проходит тем труднее, чем сложнее двигательный навык. Например, при разучивании сложных акробатических упражнений динамический стереотип формируется медленнее.

Образование динамического стереотипа зависит от предшествующего двигательного опыта. Так, если студенту, не специализирующемуся по гимнастике, на овладение подъемом разгибом требуется 4 года, то квалифицированный гимнаст затратит на это и на другие более сложные упражнения всего несколько тренировок, благодаря предшествующему двигательному опыту.

Очень важно, чтобы образование динамического стереотипа происходило в переменных условиях. В гимнастике это выражается в использовании различных по жесткости снарядов, у футболистов – в тренировках в разных погодных условиях, у лыжников – в гонках по местности с различным рельефом.

Образование двигательного динамического стереотипа надо сочетать с изменением внешнего стереотипа. Спортсмену, тренирующемуся в постоянных, стандартных условиях, трудно показать высокий результат, если во время соревнований эти условия меняются.

7.4. Условия образования двигательного навыка

Так как все произвольные движения по сути своей являются условными рефлексам, то и способы образования двигательных навыков сходны с фазами образования любых приобретенных рефлексов.

1. Первое условие формирования двигательного навыка – **условный раздражитель должен многократно подкрепляться, сочетаясь во времени с безусловным раздражителем.** Такими раздражителями в спорте являются слова «правильно», «хорошо», «так» вместе с изменением спортивного результата. Если такой положительной оценкой будет подкрепляться правильное выполнение упражнения, то это упражнение вскоре сформируется в навык, т. е. консолидируется как двигательный рефлекс.

2. Условный раздражитель должен **предшествовать безусловному.** В спорте это показ и рассказ, они предшествуют выполнению упражнения.

3. Кора больших полушарий должна находиться **в деятельном состоянии**, т.е. находиться в состоянии оптимальной возбудимости. Спортсмен, проявляющий интерес к разучиваемому упражнению, а также занимающийся в секции, где тренировка идет интересно, эмоционально, с элементами соревнований, овладеет движением быстрее. Интерес к занятиям, эмоциональное их проведение создают определенную настрой занимающихся, возбудимость коры повышается и на этом фоне формирование двигательных навыков идет успешнее. Вот почему, если есть необходимость проводить занятия в позднее время (с 22 часов), то лучше в это время поставить занятия баскетбольной секции, чем гимнастической. В увеличении чувствительности ЦНС определенную роль играет разминка перед занятиями.

4. Кора больших полушарий **должна быть ограждена от иных видов функционирования**. Если спортсмен пришел на занятия чем-то расстроенным, его мысли заняты чем-то далеким от тренировки, то образование двигательного навыка затягивается.

5. Условный раздражитель **должен быть достаточной силы**, т.е. образование двигательного навыка происходит значительно успешнее, если сила раздражителя достаточно велика. Так, при изучении скорости двигательной реакции бегунов на старте, применяли приглушенную стартовую команду и выстрел. При применении выстрела скорость реакции была выше. Поэтому в практике спорта команды должны быть достаточно громкими, сигналы к началу действия четкими.

7.5. Роль процессов торможения в освоении новых движений

Большое значение при образовании двигательных навыков имеют процессы торможения. Выделяют внешнее и внутреннее торможение.

Внешнее торможение, возникающее при применении какого-то постороннего раздражителя. В спортивной практике внешнее торможение встречается очень часто. Тренировочные занятия, как правило, происходят в строго определенных условиях. Неожиданное возникновение того или иного нового стимула может испортить сформированный двигательный рефлекс, так достаточно появиться на занятиях новому лицу, чтобы у отдельных занимающихся произошла рассогласованность движений. То же наблюдается и на соревнованиях при внезапном крике, вспышке света и т. д. Все внезапные раздражители играют роль внешнего тормоза, изменяющего межцентральные отношения по механизму взаимной отрицательной индукции.

Повторное применение внешних раздражителей приводит к угасанию внешнего торможения. Поэтому спортсменов нужно тренировать в различных условиях, чтобы они привыкали к разным раздражителям, и чтобы эти раздражители становились для них индифферентными, безразличными.

Виды внутреннего торможения:

– большое значение имеет **угасательное** торможение. Оно возникает

при условии, когда условный раздражитель не подкрепляется безусловным, что вызывает угасание временных функциональных связей в нервных центрах коры. При определенных обстоятельствах угашенные временные связи могут восстановиться, происходит так называемое растормаживание и в этом случае упражнение, будет выполняться по-старому. Следует отметить, что угасают сложные временные связи, мало упроченные (гимнастика, акробатика и т. д.). В простых (циклических) движениях эти связи угасают медленнее (езда на велосипеде, плавание);

– **запаздывающее** торможение проявляется во многих видах спортивной деятельности. Оно играет большую роль в тех условиях, когда необходимо задержать какое-либо движение, выполнить его в нужный промежуток времени. Так, команда «на старт» вызывает состояние торможения, а при слове «внимание» заторможенность сменяется сильным возбуждением, полностью проявляющийся при команде «марш». Точно так же при выполнении упражнения в гимнастике «подъем разгибом», например, где прежде, чем выполнять разгибание надо «уловить» момент, выждать какой-то промежуток времени, пока туловище примет нужное положение. Если у спортсмена-бегуна плохо развито запаздывающее торможение, то он часто допускает фальстарты;

– **условное** торможение (условный тормоз) возникает тогда, когда какой-либо раздражитель вызывает не возбуждение, а приобретает значение тормоза. Например, в барьерном беге. Стоящий перед бегуном барьер является условным раздражителем, обычно вызывающим активную двигательную реакцию бегуна (прыжок через барьер). Но вот однажды на тренировке барьерист очень сильно упал, разбился при преодолении 3-его барьера. В последующих попытках, по выздоровлению, он долгое время так и не мог технически правильно преодолеть именно третий барьер, который приобрел в этих условиях значение условного тормоза;

– **дифференцировочное** торможение (различение, выборка). Этот вид торможения имеет большое значение в процессе формирования двигательного навыка, в процессе совершенствования двигательной деятельности. На первом этапе обучения у спортсменов в работу вовлекаются различные группы мышц, не имеющие иногда существенного значения для этой локомоции. В дальнейшем сокращение этих волокон не приводит к достижению необходимого эффекта, не подтверждается результатом и постепенно деятельность этих мышц затормаживается. Концентрация возбуждения постепенно фиксируется в специализированной корковой зоне, происходит ограничение работы мышц и возникает тонкая дифференцировка моторных ощущений. Обычно в практике спорта при образовании двигательного навыка применяют метод простых подкреплений («хорошо», «так»). Но такой способ развития дифференцировочного торможения не является достаточно рациональным и занимает много времени. Гораздо больший эффект дает другой способ, способ сложных заданий, когда спортсмен наряду с правильным, рациональным движением применяет нерациональные,

неправильные, точно дифференцируя и анализируя мышечные усилия в правильном и неправильном выполнении, чем уточняет формирующиеся временные связи.

Иногда проявляется и так называемая **общая заторможенность**. Такое состояние возникает тогда, когда занятия проходят неинтересно, скучно, не эмоционально. В таких случаях спортсмены говорят: «скучно», «надоело». Подобное состояние связано с понижением возбудимости всех структур коры больших полушарий. В тренировку надо вносить разнообразие, чтоб повысить к ней интерес.

7.6. Фазы формирования двигательного навыка

Образование двигательного навыка происходит не сразу. На основе экспериментального материала установлена фазность в становлении двигательных навыков, подобная фазам образования любого условного рефлекса.

Первая фаза – **генерализации** нервных процессов. Ее физиологической особенностью является широкая иррадиация возбудительного процесса в коре больших полушарий. Эта фаза отчетливо проявляется при обучении новичков в любом виде спортивной деятельности. В начале обучения новому движению спортсмен попадает в новые условия внешней и внутренней среды. В его ЦНС поступает большое количество различных раздражений, которые вызывают процессы возбуждения в различных областях коры больших полушарий. О размерах генерализации возбуждения можно судить по характеру движений человека, впервые ставшего на коньки или на лыжи. Явление генерализации, проявляющееся в начальных стадиях обучения физическим упражнениям, обуславливает скованность движений обучающихся. Эта скованность, угловатость вызвана тем, что в деятельное состояние вовлекается большое число мышечных групп, участие которых не только не улучшает, а даже ухудшает двигательный акт.

В фазе генерализации наблюдается дискоординация в деятельности мышц-антагонистов, отсутствует необходимая степень расслабления мышц-антагонистов. В первой фазе становления двигательного навыка нет четкой согласованности в функционировании вегетативных органов и производительности двигательного аппарата.

Напомним, что различают эффекторную (двигательную) и афферентную генерализацию. Эффекторная проявляется в том, что спортсмен делает много лишних движений. Афферентная, сенсорная генерализация проявляется в отсутствии у спортсмена четких представлений о характере движений, т. е. информация носит обобщенный характер. В огромном потоке информации (импульсы от различных анализаторов, от проприорецепторов работающих мышц и т.д.) спортсмен теряет, не может разобраться в движении, проанализировать его. В этот период спортсмен затрудняется дать четкую, ясную словесную характеристику параметрам движения, ощущениям,

полученным при выполнении этого упражнения.

Вторая фаза – **фаза концентрации** нервных процессов. Характеризуется она развитием внутреннего торможения. Иррадиация возбудительного процесса постепенно сменяется концентрацией возбуждения в более локальных участках коры. При этом усиливается роль дифференцированного торможения, которое возникает в результате взаимодействия 2 и 1 сигнальных систем. Лишние, ненужные движения, появившиеся в начальной фазе обучения, затормаживаются под влиянием словесных указаний тренера и под влиянием импульсов с работающих мышц, связочного аппарата, суставных сумок и сухожилий.

В этой фазе начинается постепенное становление коркового динамического стереотипа, который впоследствии уточняется путем дифференцировок и переделок. Во второй фазе происходит уточнение взаимодействия между двигательными и вегетативными функциями. В то же время ввиду недостаточной прочности временных функциональных связей в коре, при определенных условиях может иметь место нарушение этих связей. Чаще всего это бывает тогда, когда неопытный спортсмен попадает в необычные условия соревнований. Выработанное дифференцировочное торможение может угаснуть и тогда опять проявятся явления иррадиации (внешне это проявляется в скованности движений).

Фаза стабилизации нервных процессов является 3-й фазой процесса формирования двигательного навыка. Эта фаза характеризуется наличием уже закрепленного коркового динамического стереотипа, прочных связей между определенными нервными центрами. Процессы возбуждения и торможения, чередуясь в определенной последовательности, обуславливают точное выполнение движений. В результате этого упражнения выполняются с большой точностью, уверенно, с широкой амплитудой.

Деятельность скелетной мускулатуры полностью согласуется с работой внутренних органов.

Дальнейшее повторение уже сформированного двигательного навыка приводит к его **автоматизации**. Под автоматизацией понимают такое выполнение движений, которое характеризуется легкостью и субъективной неосознанностью движений.

При ходьбе мы абсолютно не размышляем над её траекторией, как поставить ногу, делаем это бессознательно, автоматически. Однако не осознаются движения, когда они выполняются в обычных, стандартных условиях. Пример снова с той же ходьбой. Мы не осознаем длину шагов, их частоту, характер постановки ноги и т. д. до тех пор, пока какие-то обстоятельства не изменят рельеф местности, ровность поверхности дороги. Например, если под ногу попадает камень, то автоматизированное движение «ходьба» тотчас же становится подконтрольным сознанию, и мы вносим поправку в это движение.

Говоря об автоматизации движений, И.П. Павлов указывал,

что автоматизированные реакции осуществляются за счет нервных клеток коры больших полушарий, находящихся в данный момент в состоянии пониженной возбудимости. По мнению ученого в коре больших полушарий имеется как бы два отдела, осуществляющих движение: творческий отдел, нервные клетки которого находятся в состоянии повышенной возбудимости. Здесь идет образование новых временных связей, осуществляется контроль за движениями, выполняемыми в новых ситуациях (бросок мяча в разные игровые моменты, например). И отдел пониженной возбудимости, за счет которого осуществляются автоматизированные, субъективно неосознаваемые двигательные реакции.

Основываясь на особенностях формирования двигательного навыка, отметим важное практическое правило: в период начала освоения движений надо начинать с выработки грубых дифференцировок, а только затем переходить к тонким дифференцировкам. Вначале освобождаются от грубых ошибок, затем отрабатывают тонкие детали техники.

7.7. Роль 1-й и 2-й сигнальных систем

Образование условных двигательных рефлексов у животных связано с деятельностью 1-й сигнальной системы. У человека же этот процесс невозможен без 2-й сигнальной системы.

Известно, что в настоящее время разучивание упражнений начинается с их предварительного устного разбора, анализа, сравнения с ранее выполнявшимися движениями.

Процессы во 2-й сигнальной системе протекают в 3-х направлениях:

– двигательные реакции в ответ на словесные раздражители (словесные воздействия). Другими словами, выполнение упражнения по объяснению;

– словесные реакции, вызванные движением, которое выполнял спортсмен (словесный анализ выполняемых движений, словесный отчет о движении);

– корковые процессы, возникающие в результате словесных воздействий (обдумывание). Например, тренер объяснил упражнение и просит повторить его рассказ, чтоб убедиться, что его правильно поняли.

У спортсменов невысокого класса между этими процессами нет четкой связи. У высококвалифицированных же атлетов эта связь слов и движений проявляется даже при немногословном объяснении упражнения

7.8. Новое в построении движений по П.К. Анохину и К.В. Судакову

При реализации поведенческих актов организма вовлекаются специфические физиологические процессы, отражающие суть системной регуляции функций на базе структурных механизмов контроля избранного упражнения, которые согласно общепринятой теории Петра Кузьмича Анохина (1898-1974), состоят из 6-этапов (Ю.В. Корягина, 2014; С.С. Артемьева, 2023):

I – чувствительный (афферентный) поток информации (её синтез) объединяет четыре звена: доминирующая (господствующая) мотивация, обстановочная (ориентировочная) афферентация, сигнальная (пусковая) афферентация и дополнительные сведения, получаемые атлетом из оперативной памяти (двигательный опыт). В практике спорта афферентный синтез (АС) затруднен огромным множеством внешних стимулов;

II – фаза исходного принятия решения (ПР), необходимого для реализации определенной цели достижения конечного результата;

III – стадия создания эталонной (идеальной) модели (акцептора) предполагаемого двигательного навыка, его программирование обременительно из-за новизны действия, а также потребности реализовывать его в наименьший временной отрезок;

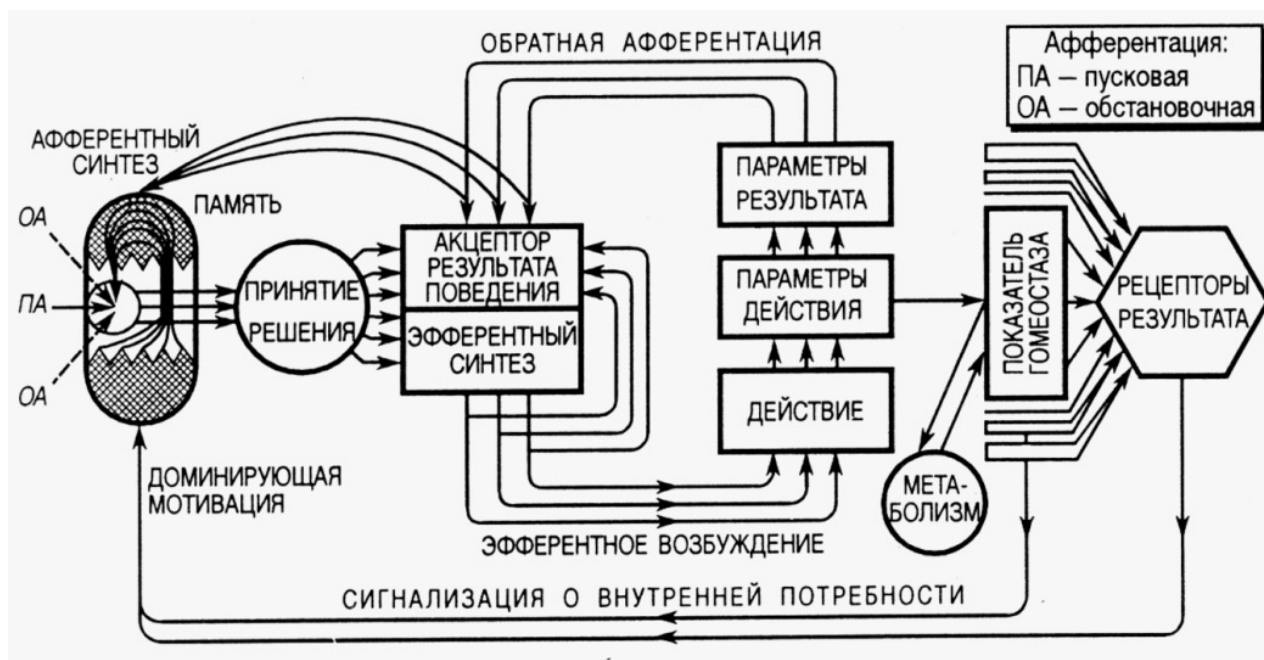


Рисунок 16 – Схема функциональной системы нервных центров (П.К. Анохин, 1969)

IV – генерализация эфферентного (двигательного) синтеза требуемого упражнения с помощью контроля центральных регуляторных механизмов, ответственных за спортивный результат;

V – степень достижения первичного системного результата спортсменом, посредством образования полезной приспособительной реакции в новых условиях развития организма;

VI – этап обусловлен механизмом (каналом) обратной связи (афферентации) между запрограммированным и реально достигнутым результатом.

Как известно, в основании специфической двигательной активности предшествует аналитический этап (АС), в компетенции которого выносятся для ознакомления следующие вопросы: что, как и когда делать? В начале, осуществляется отбор, восприятие и детальный разбор информации

о состоянии внутренней и внешней адаптивной среды. Первостепенную ценность занимают теоретические (фундаментальные) знания, накопленный двигательный опыт решения аналогичных упражнений, достоверность мониторинга обстановки и личных возможностей.

С помощью анализа и синтеза полученных данных принимается решение (ПР), в виде окончательного итога единственной (конкретной в этих условиях), концепции двигательной активности, максимально приближенной к достижению искомой цели. Параллельно с этим образуется акцептор предполагаемого результата в виде идеальной модели будущего поведения (движения) с выработкой программы его построения в сжатые сроки.

В дальнейшем вегетативные функции организма и его двигательные реакции объединяются, наступает эфферентный синтез (ЭС) после его формирования запускается собственно моторно-висцеральная регуляция.



Петр Кузьмич Анохин (1898-1974) – основоположник физиологической кибернетики, создатель теории функциональных систем, исследований нейрофизиологических механизмов высшей нервной деятельности

В спортивной практике происходит постоянный анализ достигнутого результата и созданной с помощью афферентного синтеза безупречной модели будущей оптимальной локомоции.

Зачастую происходит так, что они не сопоставимы, и тогда в программу функциональной системы включаются дополнительные блоки-корректоры с помощью **обратной афферентации**, до реализации поставленной исходной цели поведения.

К примеру, лыжнику необходимо спуститься с крутого склона горы, с целью уменьшения энергетических затрат организма и снижения времени преодоления этого фрагмента дистанции. С помощью специализированных рецепторов он определяет крутизну, рельеф местности, получает дополнительную информацию о характере препятствий, направлении, скорости ветра, выборе способа скольжения. Информация от органов чувств дает возможность атлету адекватно оценить свои адаптивные возможности.

На основе которых, спортсмен проектирует наиболее результативную программу действий (ПД): выбирает маршрут, скорость дальнейшего движения, занимает гармоничную исходную позу (стойку).

Современная интерпретация операционной архитектоники функциональной системы П.К. Анохина в единстве развития концепции системного квантования поведения К.В. Судакова.

Как известно, на стадии афферентного синтеза внешняя среда воздействует на организм спортсмена с помощью стимулов различной модальности. Пусковой стимул запускает всю эту организацию в единый поток информации. После этого в ЦНС на основе обстановочной афферентации формируется доминирующая мотивация, из памяти извлекается предыдущий двигательный опыт, вследствие чего принимается решение к действию. Далее формируется многопараметрическая программа действия (ПД) и нейронная модель акцептора результата действия (АРД) с сохранением всех параметров желаемого результата. Программа действия запускает необходимые физиологические механизмы, направленные на получение полезного приспособительного результата, с определенными параметрами. Все эти параметры, которые описывают результат, поступают в АРД, где происходит их сравнение с желаемыми параметрами. В случае несовпадения этих параметров **формируется отрицательная эмоция**, а система «возвращается» на стадию афферентного синтеза, где принимается новое решение, формируется новая программа действия и АРД.

В дальнейшем теория функциональных систем П.К. Анохина (1975) получила свое дальнейшее развитие в концепции системного квантования поведения, предложенной К.В. Судаковым (2007) и направленной на анализ поведенческих систем человека и животных.

Под «системоквантом» в ней подразумевается абсолютно любая дискретная (противопоставленная непрерывности), комплексная функциональная структура организма человека и животного, находящаяся в основе искомой потребности и механизмах ее реализации.

Внутренние аспекты содержания системоквантов включают элементы системной архитектоники, обнаруженные П.К. Анохиным (1980) и подробно рассмотрены выше, а также включают афферентный (чувствительный) синтез, фазу принятия правильного решения, предвидения (акцептор) предстоящих событий и оценки необходимых результатов, **с формированием ориентировочной реакции.**

При удовлетворении искомой потребности необходимо достижение определенного результата, который служит в качестве подкрепляющего (системообразующего) критерия, группирующего отдельные звенья системоквантов в специфические (функциональные) системы.

Деятельность каждого системокванта обеспечена информацией о базовой потребности и степени её удовлетворения на каждом этапе её реализации без снижения аналитического контроля.

При появлении базовой потребности активизация системокванта происходит не сразу, а постепенно в прямой зависимости от возбуждения формирующих его элементов, объединенных доминирующей мотивацией, при достижении устойчивого (критического) уровня. Наивысшая функциональная энергия системоквантов продолжается, до удовлетворения исходной потребности.

При решении необходимого результата с формированием положительной эмоции удовлетворения мотивация пропадает, поисковая деятельность тормозится, и субъекты зачастую ощущают успокоение, а в отдельных случаях погружаются в сон.

Каждый определенный период жизнедеятельности человека, ориентирован на удовлетворение искомой потребности, лимитируется специфическим (индивидуальным) системоквантом. Целенаправленная деятельность поведения атлета адекватна формированию системоквантов из динамических (функциональных) систем, которыми он овладел в процессе спортивной тренировки. Центральная их организация обязательно состоит из коркового анализатора и напрямую зависит от индивидуально-накопленного двигательного опыта.

В наибольшей степени отобилизованную структуру имеют системокванты психической и поведенческой деятельности спортсмена, включающую преобладающую мотивацию, центральную (системную) архитектуру, процессы и механизмы верификации необходимого действия (акцептора его выполнения) при достижении промежуточных (этапных) и заключительных (соревновательных) результатов. Системокванты (общественного) социального уровня значимости состоят из духовных (нравственных) потребностей атлета.

Степень взаимодействия (вовлеченности) системоквантов в процесс мироздания (коммуникации геометрических схем с идеальными объектами) материализуется на основе голографической иерархии при достижении их результативности. Системокванты относительно низкого значения дополняются в системокванты более высокой степени иерархии. При чем, любой системоквант более низкой квалификации в своей последовательной (ритмической) структуре интерференции волн выражает особенности господствующего системокванта высшего над ним порядка.

Так анатомические системокванты имеют характерные особенности системоквантов химических (молекулярных) реакций. Предыдущие маркеры, аналогичным способом, отражают доминирующие признаки системоквантов организменной ступени, ориентированных на возмещение метаболических расходов организма. В свою очередь, системокванты организменной сферы жизнедеятельности лимитируют главные индикаторы системоквантов популяционной степени компетенции. Свойства же системоквантов внутри ареала вида группируют особенности наиболее сложных структур в прогностическом плане системоквантов космической величины организации.

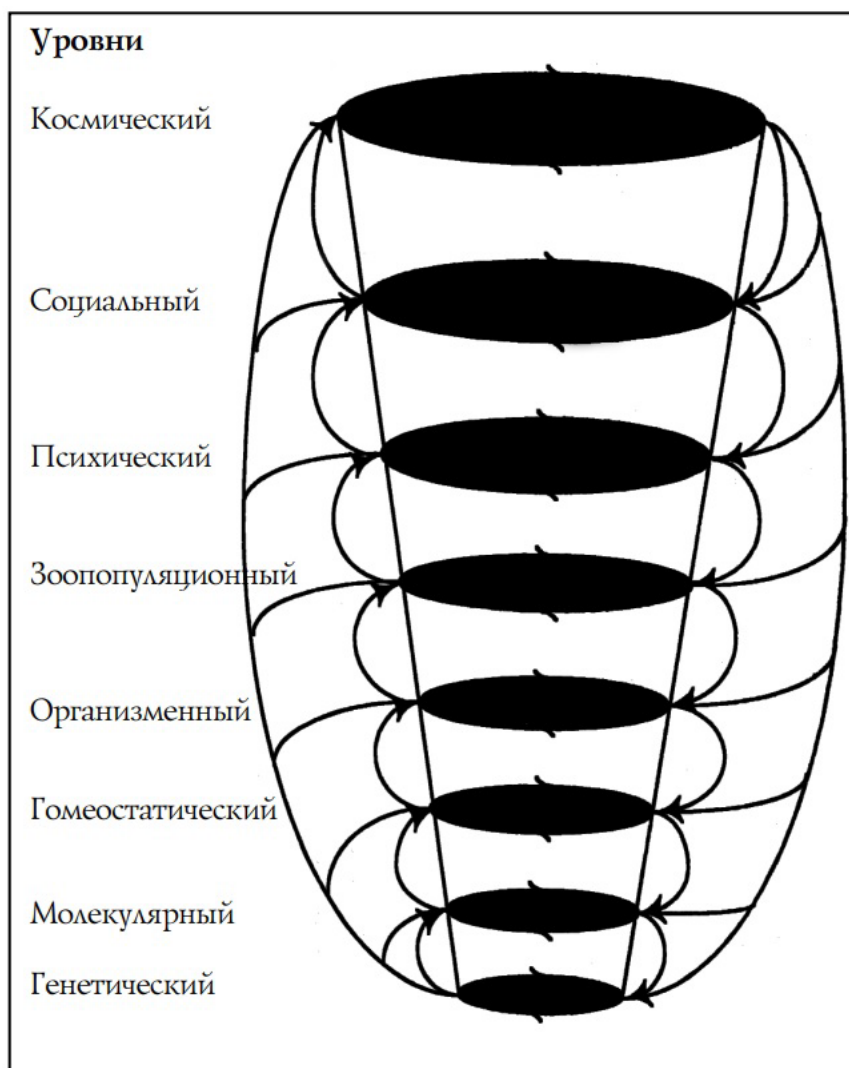


Рисунок 17 – Схема иерархии системоквантов разного уровня организации (К.В. Судаков, 2007)

Напротив, высшего уровня организации системокванты с помощью своих гармонических (резонансных) характеристик управляют и регулируют взаимодействие системоквантов более низкого порядка компетенции, и включаются в них в роли исполнительных структурных элементов.

В результате, все целостное мироздание группируется в тесных отношениях иерархической направленности с помощью системоквантов различной степени организации – от физического взаимодействия посредством комплексного функционирования живых организмов до системоквантов глобально-планетарного уровня кооперации.

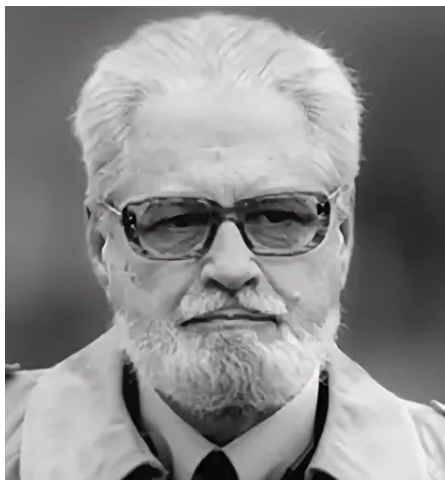
Таким образом, предложенная концепция К.В. Судакова (2007) считается качественным этапом в решении системно-физиологического обоснования аналитико-синтетической деятельности коры головного мозга, обусловленной выбором поведения спортсмена. Основы её трактовки наносят непоправимый ущерб атомистическим взглядам, попыткам механически объединить психологию двигательной активности атлета и ее компоненты с вегетативным

обеспечением изолированных нервных клеток и отдельных структурных образований.

8. Физиологические механизмы развития физических качеств

8.1. Общая характеристика физических качеств

Как в повседневной жизни, так и в процессе спортивной деятельности от человека требуется быстро выполнять движения, проявлять значительные по величине усилия или длительно поддерживать требуемый уровень работоспособности. Все это обозначают как двигательные качества. К физическим качествам традиционно относят силу, быстроту, ловкость, гибкость и выносливость. Они могут быть связаны между собой различным образом – положительная (развитие одного способствует развитию другого), отрицательная и нейтральная взаимосвязь.



Юрий Витальевич Верхошанский (1928-2010) – профессор, доктор педагогических наук, автор «Ударного метода» в тренировках

По представлениям В.С. Фарфеля (1904-1979), Ю.В. Верхошанского (1928-2010) и ряда других исследователей следует говорить о двигательных способностях. Под ними понимают психомоторные свойства, определяющие целевую предназначенность, качественные признаки и рабочую эффективность мышечной деятельности человека.

Двигательные качества имеют врожденные задатки – анатомические, физиологические и психические особенности, которые удовлетворяют потребности человека до тех пор, пока запросы, исходящие из ее условий, не превышают границы из функциональных возможностей. Как только это происходит, моторные задатки, развиваясь на основе приспособительных изменений в организме, перерастают в соответствующие двигательные способности, обладая которыми человек может успешно решать требующиеся задачи в новых, более сложных условиях внешних взаимодействий. При рассмотрении данного вопроса необходимо предварительно вспомнить ряд

тем (нервно-мышечная физиология, физиология ЦНС, ССС, система дыхания), которые были рассмотрены в общей физиологии. Именно там изложены некоторые важные положения, необходимые для понимания данной темы. Для реализации избранных качеств необходима целостная реакция организма, интеграл его работы. Именно поэтому объединяющая роль ЦНС доминирует в общих механизмах любого качества. В спортивной практике довольно часто развитие двигательных качеств сводят к рассмотрению периферических изменений, касающихся органов - эффекторов.

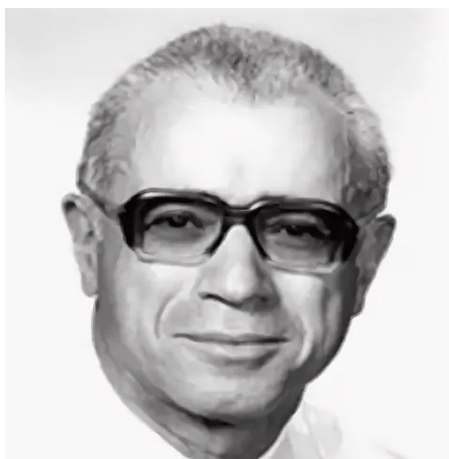
Представление о физических качествах первоначально возникло в методической литературе по физическому воспитанию и спорту и лишь затем постепенно перешли в физиологию спорта и другие научные дисциплины.

В настоящее время говорят о **развитии и воспитании** двигательных качеств. Эти термины различны. Развитие двигательных качеств есть процесс их изменения в ходе жизни человека (например, сила человека развивается до 25-30 лет, затем наблюдается период ее стабилизации с последующим ее снижением).

Воспитанием же двигательных качеств мы называем педагогический процесс управления, воздействия на развитие, с целью его изменения в нужном нам направлении (например, говоря о воспитании силы, мы обсуждаем вопрос о выборе тренировочных упражнений, их дозировке и т.д.). Иными словами, развитие – это изменения, происходящие в организме, воспитание – это действия, обуславливающие изменения в нужном нам качестве.

8.2. Физиологическая характеристика мышечной силы

Мышечная сила – это функциональная возможность организма подавлять внешнюю нагрузку, противостоять механическому утомлению или противостоять ему за счет собственных мышечных волокон за счет их сокращения и изменения (тонуса) напряжения (В.М. Зациорский, 2009).



Владимир Михайлович Зациорский (1932-) – выдающийся ученый с мировым именем в области спорта, автор книги «Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания»

В современной литературе выделяют (Ю.В. Корягина, 2003; С.И. Картышева, 2012; Р.М. Городничев, 2017) **периферические и центральные** факторы, лимитирующие значения мышечной силы спортсмена.

Периферические, в свою очередь, дифференцируются на структурные и функциональные параметры силы.

Таблица 2 – Характерные особенности различных типов мышечных волокон, по Seeley, Rod R. (2007)

Особенности	Тип I (окислительные)	Тип II-a (окислительно-гликолитические)	Тип II-b (гликолитические)
Диаметр волокна	наименьший	средний	наибольший
Миоглобин	высокое	среднее	низкое
Митохондрии	много	промежуточное к-во	мало
Капилляры	много	промежуточное к-во	мало
Метаболизм	Преимущественно аэробный	Аэробный, анаэробный	Преимущественно анаэробный
Утомление	резистентное	резистентное	не резистентное
АТФ-азная активность миозина	низкая	высокая	высокая
Концентрация гликогена	низкая	высокая	высокая
Преимущественное содержание в мышцах	Мышцы туловища и нижних конечностей	Мышцы нижних конечностей	Мышцы верхних конечностей
Функции	Аэробная деятельность и удержание позы	Аэробная деятельность в аэробно-тренированных мышцах	Быстрые интенсивные движения небольшой продолжительности

К числу **структурных** относят:

– **композицию мышц** (соотношение медленных и быстрых миофибрилл).

Чем больше в составе мышцы быстрых мышечных волокон, тем данная мышца сильнее. Композиция мышц определяется генетическими факторами и практически не зависит от характера тренировок спортсмена. По мере старения человека число быстрых мышечных волокон в мышцах уменьшается.

Чем больше частота мобилизации мгновенно функционирующих миофибрилл в активных мышцах атлета, тем выше его скоростные характеристики. Взаимосвязь быстрых и медленных мышечных волокон может сильно варьировать между различными категориями людей, но пропорции двигательных функциональных единиц у каждого человека остается неизменным. Исконно при рождении мы появляется на свет с генетической предрасположенностью (задатками) либо спринтеров, либо стайеров. У атлетов на короткие дистанции баланс быстрых и медленных миофибрилл в среднем

комплектуется 50/50, у марафонцев же их соотношение находится в диапазоне 90/10.

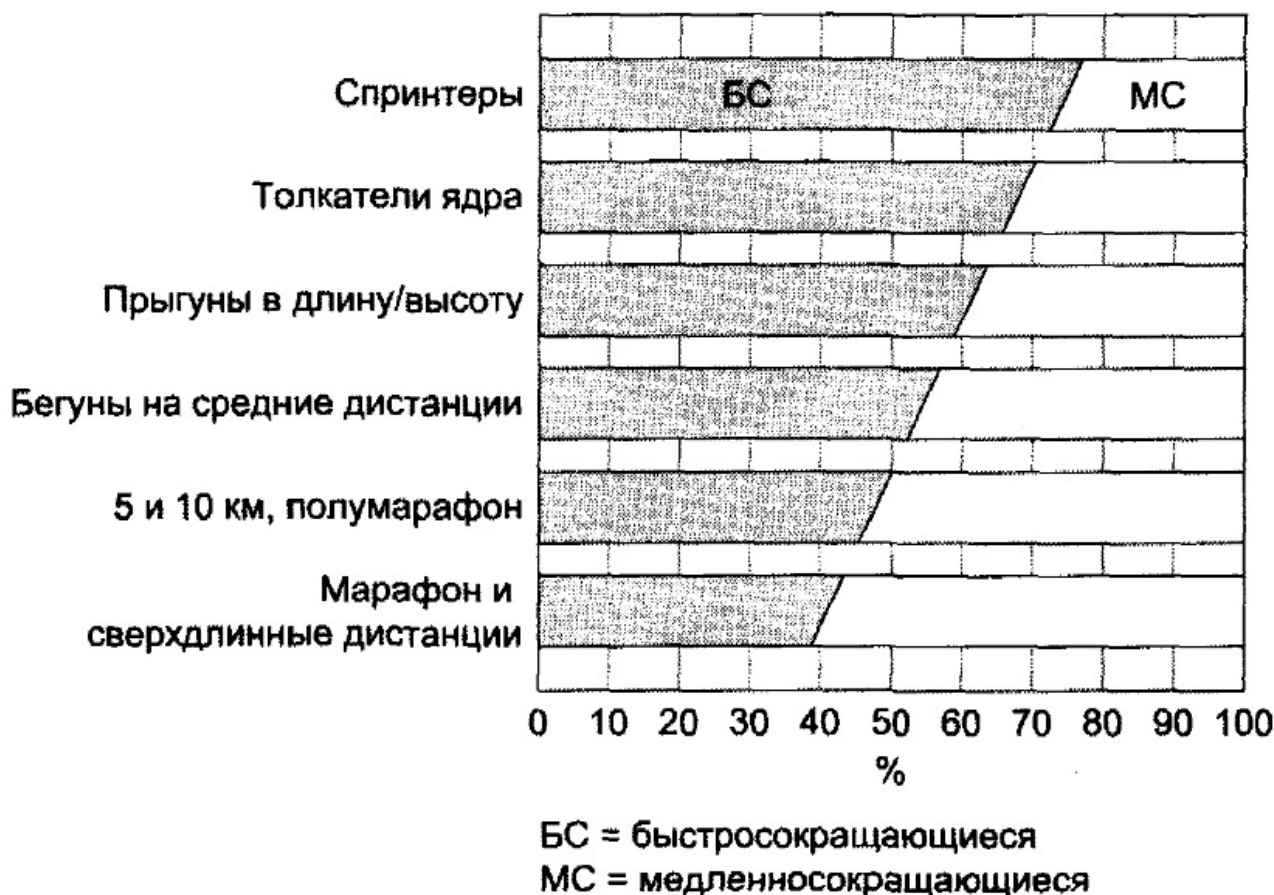


Рисунок 18 – Соотношение мышечных волокон у различных типов спортсменов

Под длительным влиянием тренировок белого цвета миофибриллы могут модифицироваться с красным оттенком. Атлет-спринтер имеет возможность стать квалифицированным стайером, однако параллельно вместе с потенцированием качества выносливости у него уменьшится функциональный резерв спринтерских задатков. В то время как спортсмену, тренирующему общую выносливость гораздо сложнее модифицировать композиционный состав своих мышц, кратко выполняя альтернативную нагрузку анаэробно-алактатного характера.

С наступлением возрастных констант скоростной (спринтерский) потенциал атлета уменьшается достоверно быстрее, чем скрытые способности к выполнению аэробной (длительной) работы. Функциональные возможности реализации умеренной работы могут сохраняться вплоть до пожилого возраста и наступления ранней старости.

– **величину физиологического поперечника мышцы.** Чем больше величина физиологического поперечника мышцы, тем сила данной мышцы больше (Katherine R.S. Holzbaur, 2006).

Сила действия мышцы определяется массой (весом) того груза, который эта мышца может поднять на определенную высоту при своем максимальном сокращении. Такую силу принято называть подъемной силой мышцы. Подъемная сила мышцы зависит от количества и толщины ее мышечных волокон. У человека мышечная сила составляет 5-10 кг на 1 кв. см физиологического поперечника мышцы (Е.А. Двурекова, 2019).

Физиологическим поперечником мышцы (ФПМ) называют сумму поперечного сечения (площадей) всех миофибрилл искомой мышцы.

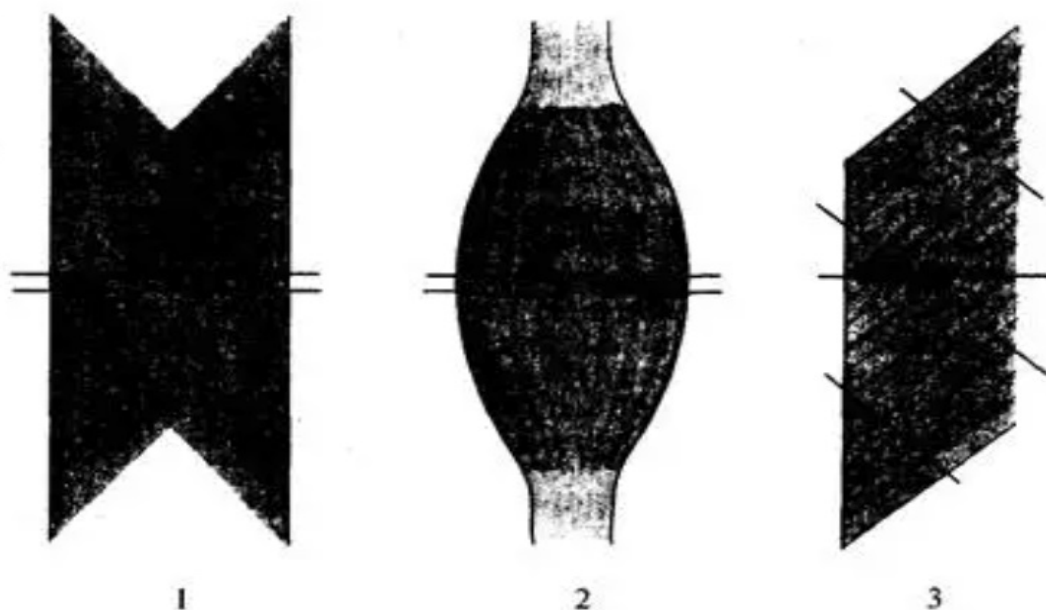


Рисунок 19 – Анатомический (сплошная линия) и физиологический (прерывистая линия) поперечники мышц различной формы: 1– лентовидная мышца; 2 – веретенообразная мышца; 3 – одноперистая мышца, по А.А. Ухтомскому (1978)

Анатомическим поперечником мышцы (АПМ) является величина (площадей) поперечного ее сечения в наиболее широком месте. У мышцы с продольно расположенными волокнами (лентовидной, веретенообразной мышц) величина анатомического и физиологического поперечников будут одинаковыми. При косо ориентации большого числа коротких мышечных пучков, как это имеет место у перистых мышц, физиологический поперечник будет больше анатомического.

Рост ФПМ называется гипертрофией, уменьшение называется гипотрофией. Гипертрофию мышцы различают саркоплазматическую, миофибриллярную и смешанную.

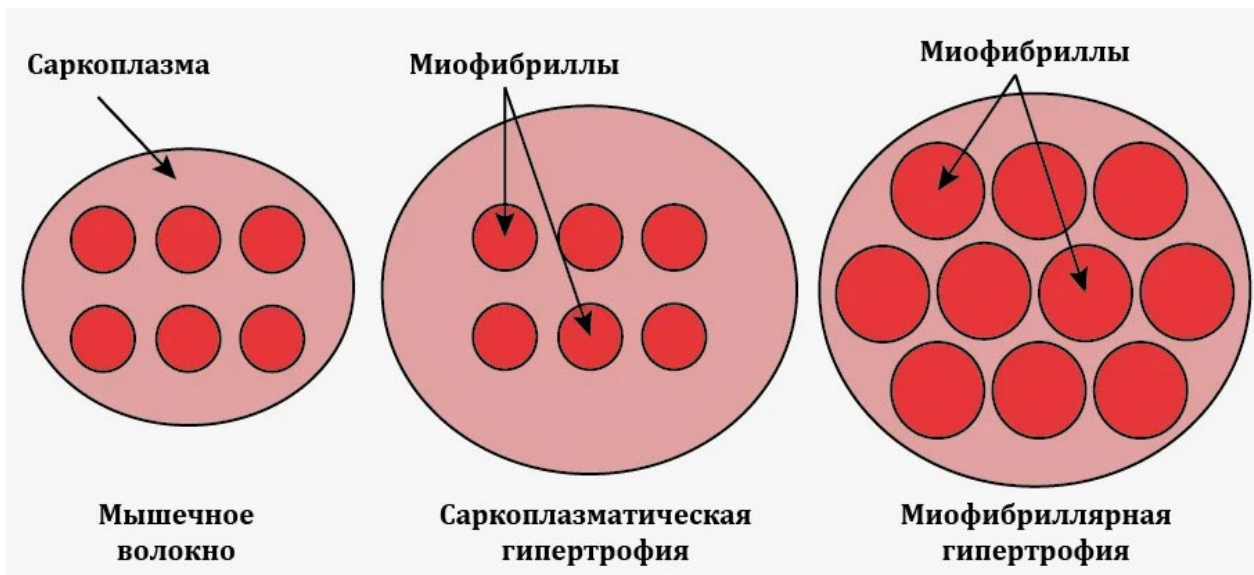


Рисунок 20 – Саркоплазматическая и миофибриллярная гипертрофия

При саркоплазматической гипертрофии увеличение поперечника отдельной миофибриллы осуществляется при помощи объемного роста саркоплазмы. При таком варианте прирост силы мышц незначительный.

При миофибриллярной гипертрофии увеличение поперечника отдельного двигательного волокна происходит посредством повышения толщины отдельных миофибрилл. При таком варианте гипертрофии прирост силы мышц наибольший.

При смешанном варианте гипертрофии увеличение поперечника отдельной моторной клетки реализуется благодаря потенцированию объема ее полостей и за счет увеличения толщины отдельных миофибрилл. Прирост силы будет несколько меньше, чем при миофибриллярном варианте гипертрофии.

– **длину мышцы.** Чем больше растянута (до определенного предела) мышца перед началом сокращения, тем большую силу проявляет мышца при сокращении. Это объясняется особенностями строения мышцы. Скелетные мышцы содержат не только сократительные элементы, но и эластические элементы. При растяжении мышцы эластические элементы тоже растягиваются и стремятся вернуться к первоначальному (до начала растяжения мышцы) состоянию. Возникающая при этом сила суммируется с силой сокращающихся элементов мышцы. В результате мышца проявляет большую силу.

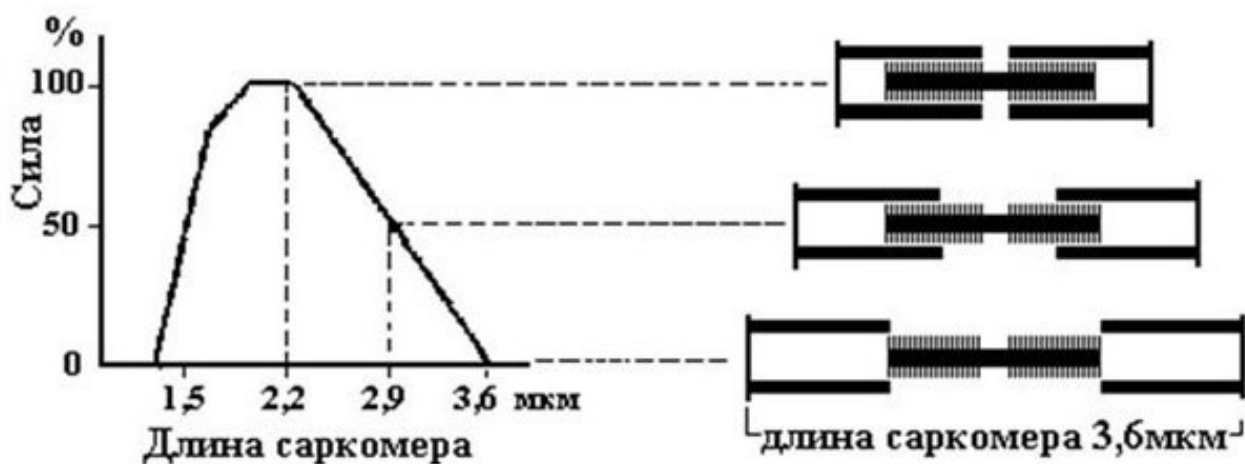


Рисунок 21 – Зависимость силы мышц от величины растяжки (от длины саркомера), А.М. Gordor (1966)

Полноценно отдохнувшая мышца имеет максимальную силу, длина саркомера при этом оптимальна – 2,2 мкм. В ходе тренировки длина саркомера уменьшается, это ощущается, как скованность мышц. Сила мышцы, как видно из рисунка, при этом то же уменьшается. После тренировки мышцы так и остаются на какое-то время сжатыми.

Чтобы ускорить процесс восстановления в конце тренировки обязательно нужно сделать растяжку поработавших мышц - в этом случае длина саркомера быстро придет в норму и мышцы опять смогут развивать максимальную силу.

Но, как видно из рисунка, чрезмерная растяжка приводит к падению силы – при растяжении саркомера до 3,6 мкм сила мышцы равна нулю. Именно поэтому нельзя растягиваться перед тренировками или во время тренировок между упражнениями - это отрицательно скажется на силе мышц. Растягиваться в полной мере нужно только строго в конце силовой тренировки!

– **угол прикрепления сухожилия** мышцы к соответствующим костям (J.P. Folland, 2007; H. Degens, 2009);

– **строение** (степень наклона мышечных волокон к оси движения, V.M. Narici, 2010).

А.А. Ухтомский (1927) выделял отдельно перистую конструкцию в качестве базовой архитектуры, сплоченной на основе синтеза наиболее толстой и сравнительно короткой параллельной мышцы посредством перегиба (зажима) в сторону узкоспециализированного дистального (наиболее удаленного) сухожилия.

В концепции разработанной им физической модели перистой (пенниформной) мышцы автор выделял, что «...в пеннатной мышце решается главная проблема адекватного расположения коротких филаментов для включения их в процесс избирательного сокращения без снижения общей работоспособности и существенного прироста их скоростного эффекта».

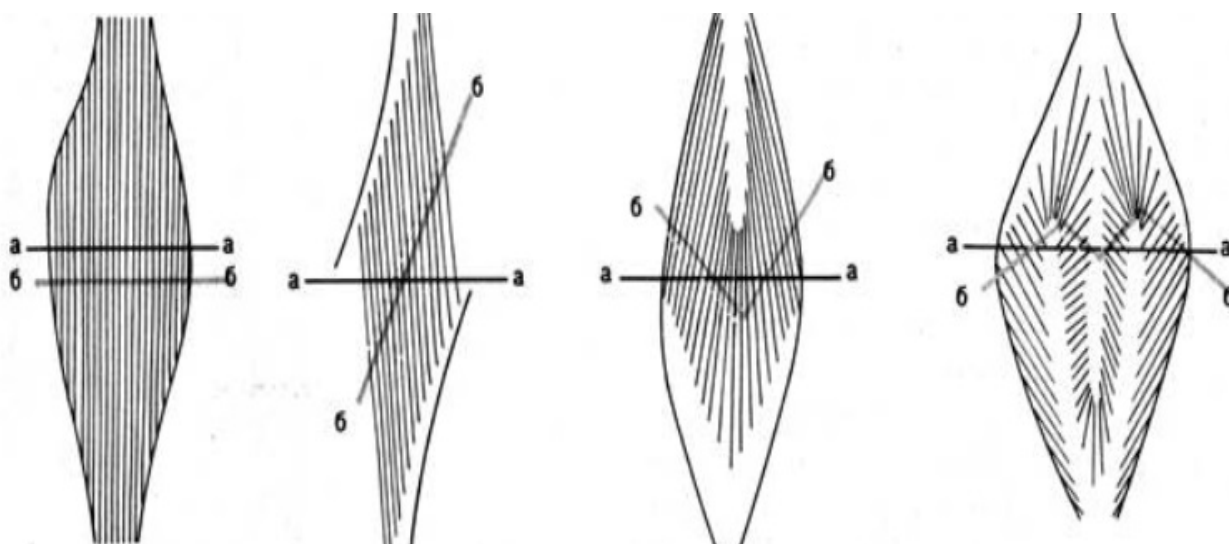


Рисунок 22 – Анатомический (а-а) и физиологический (б-б) поперечники мышц с разным расположением волокон (слева-направо): А – параллельно-волоконный тип; Б – одноперистый; В – двуперистый; Г – многоперистый. Наиболее сильными являются полиперистые мышцы.

Предпоследний и завершающий факторы определены особенностями строения суставов и мышц. Они заложены генетически и не поддаются тренировке.

Функциональные мышечные факторы обусловлены процентным содержанием в мышцах миоглобина, АТФ, кретинфосфата, сократительных белков (актина/миозина), гликогена. В основе сокращений мышц лежат многочисленные биохимические реакции. Скорость протекания этих реакций существенно зависит от температуры. Наивысшая скорость протекания биохимических реакций в мышце, а соответственно и наибольшая сила сокращения отмечается при температуре 38-38,5 градусов.

К числу **центральных (нервных)** относятся следующие факторы:

– **количество нервных импульсов/потенциалов действия**, поступающих к ведущей мышечной группе. Ответная реакция мышечной ткани напрямую зависит от числа нервных или электрических импульсов. При этом существует такая частота, при которой отмечается наибольшая по величине сократительная реакция мышцы (оптимум частоты раздражения). Поэтому, чем ближе к оптимуму частота импульсов, поступающих к мышце, тем больше сила сокращения мышцы. При достижении оптимума сила сокращения будет наибольшей.



Рисунок 23 – Зависимость режима мышечных сокращений от частоты раздражения (А.А. Николаев, В.Г. Семенов, 2019)

– **число сокращающихся мышечных волокон.** Чем большее число мышечных волокон в данной мышце участвуют в сокращении, тем большую силу развивает мышца. Число сокращающихся волокон в мышце зависит от возбуждения соответствующих нервных клеток (мотонейронов). При слабом сокращении возбуждается небольшое число мотонейронов. Соответственно небольшое число мышечных волокон участвуют в сокращении. Наоборот, сильное сокращение требует участия большого числа мышечных волокон. Большинство людей могут при произвольном сокращении вовлекать в сократительный процесс 40-50% мышечных волокон. Сильнейшие спортсмены до 75% и более. Все мышечные волокна в обычных условиях человек вовлекать в сократительный процесс не может.



"...все, что составляет наше богатство в индустрии и в искусстве, ...все, что сделано "руками" человека, сделано тетаническим сокращением мышцы... только тетанусом мышца и служит нам: тетанус и есть миссия мышцы"

Александр Филиппович Самойлов (1867-1930) – советский физиолог, врач-кардиолог, создатель ЭКГ, учения о медиаторах, впервые использовал термин «рефлекторное кольцо»

– **синхронность сокращения** мышечных волокон. Важно не только возбуждать, возможно, большее число мышечных волокон в мышце, но и добиваться их синхронного (одновременного) возбуждения. При синхронном возбуждении мышечных волокон возникает быстрое и очень сильное сокращение мышцы. При асинхронном (неодновременном) возбуждении мышечных волокон возникает растянутое во времени и слабое сокращение мышцы.

Число сокращающихся волокон в мышце, и синхронность их возбуждения объединяют вместе в понятие внутримышечная координация. При совершенной внутримышечной координации спортсмен может синхронно возбуждать большое число мышечных волокон.

– **состояние мышц-антагонистов.** Движение в каждом суставе обеспечивает взаимодействие мышц-антагонистов. На уровень проявления силы мышц большое влияние оказывает состояние (степень напряжения) ее антагониста. Для проявления наибольшей силы необходимо чтобы соответствующие антагонисты были максимально расслаблены. В противном случае часть силы мышцы будет затрачиваться на преодоление напряжения ее антагониста. Например, двуглавая мышца плеча сокращается и развивает силу 30 кг, а трехглавая мышца плеча (ее антагонист) в это время напряжена и развивает усилие 4 кг. В результате будет происходить сгибание предплечья с результирующей силой в 26 кг. Для наибольшего расслабления мышц-антагонистов необходимо максимально затормозить их нервные центры. Иными словами, нервные клетки, иннервирующие данную мышцу, должны быть максимально заторможены, и посылать к мышце-антагонисту как можно меньшее число нервных импульсов. Взаимодействие нервных процессов в центрах мышц-антагонистов объединяют в понятие межмышечная координация.

Ряд авторов (Дж. Х. Уилмор, 2001; В.М. Смирнов, 2002; А.С. Солодков, 2008) также отдельно выделяют **психофизиологические механизмы**, влияющие на увеличение мышечной силы:

– сдвиги (активной бодрости, умеренной сонливости, временного утомления) текущего (ФС) функционального состояния;

– физиологические механизмы регуляции эмоционального состояния организма и его мотивационной сферы деятельности, связаны с мобилизацией автономной нервной системы её симпатического и парасимпатического звеньев, а также гормональных (эндокринных) влияний надпочечников, гипофиза, половых желез, пищеварительных соков;

– биоритмологическая адекватность главных индикаторов оценки ФС;

Базовым маркером ритмических процессов считается их периодичность. Функциональный ритм – это структурированная по времени и диагностируемое конверсия (трансформация) биологического процесса. Хронологически колебания биоритма представлены следующими формами (Н. Degens, 2009; L. Araujo, 2011; O. Gupta, 2011; F. Shahidi, 2012; W.E. Leatherwood, 2013):

периодом, пиком, амплитудой, фазой (или мезором), акрофазой, батифазой, частотой.

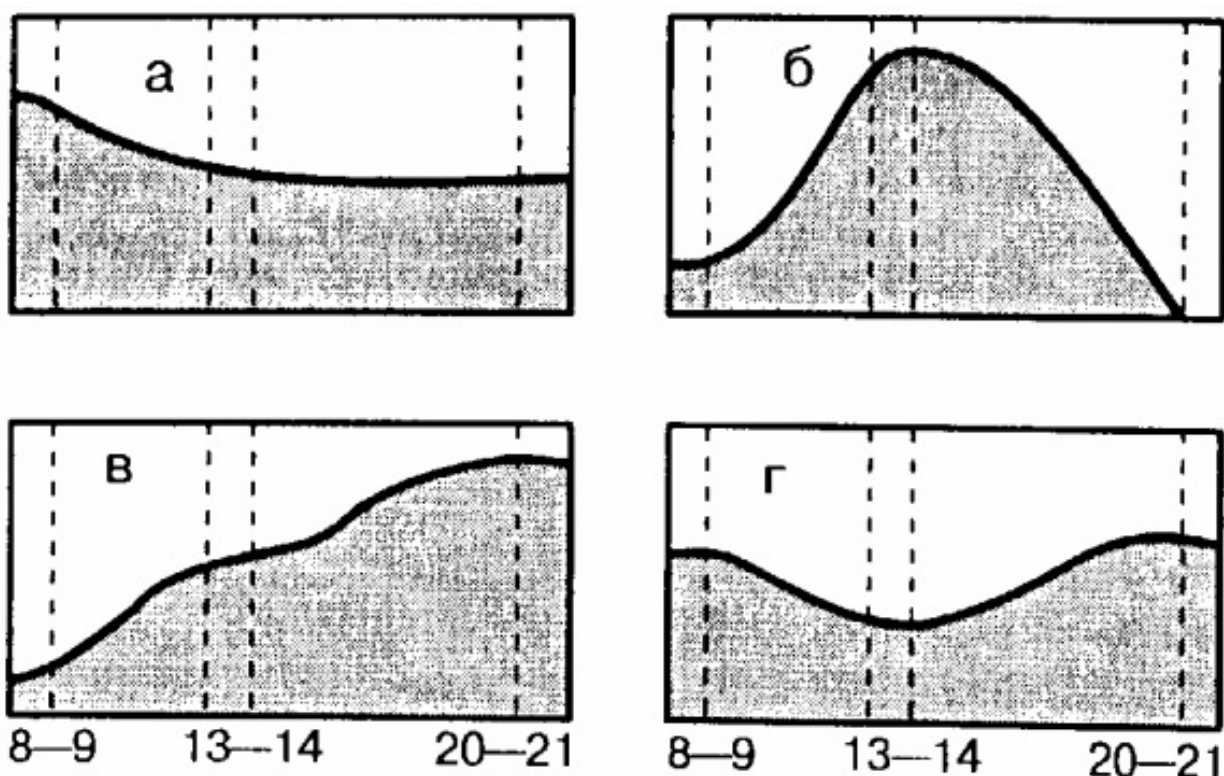


Рисунок 24 – Колебания специальной работоспособности спортсменов, тренирующихся: а – утром, б – днем, в – вечером, г – утром и вечером (Ю.В. Корягина, 2001)

Период – временной отрезок между двумя равными параметрами анализируемого критерия, цикл одного полного сдвига.

Пик – это наибольшая амплитуда рассматриваемого явления, регистрируется половинным диапазоном между максимальными синусоидами и лимитируется степенью наивысшего сдвига от мезора.

Мезор – усредненный порог величины исследуемого маркера биоритма.

Акрофаза – лимит времени, который соразмерен пику синусоиды и служит для ориентировочной биоритмологической оценки. Данный индикатор традиционно фиксируется в градусах, а также в минутах, часах, сутках и даже в месячном измерении.

Постоянно колеблющиеся процессы в окружающей среде, напрямую оказывают биостимулирующий эффект на параметры частоты и акрофазы индивидуального биоритма и называются датчиками времени или синхронизаторами. Наиболее значимыми из них считаются темнота и свет.

Батифаза – параметры времени, которые определяют минимальный режим анализируемой синусоиды.

Частота следования биоритма – число периодических повторений периода в относительных единицах времени.

Таблица 3 – Классификация биоритмов человека (Е.А. Кондратенкова, 2017)

Наименование биоритмов	Частота биоритмов
Основные физиологические ритмы:	
Циклы электроэнцефалограммы (альфа-ритм):	8-13 с.
Циклы сердечной деятельности:	60-80 мин.
Дыхательные циклы:	14-18 мин.
Циклы пищеварительной системы: - базальные электрические ритмы; - перистальтические волны желудка; - голодные периодические сокращения желудка.	12 мин-1,5 ч.
Геосоциальные биоритмы:	
- околосуточные, или циркадианные:	20-28 сут.
- ультрадианные (уровень работоспособности, гормональные сдвиги и др.);	0,5-0,7 сут.
- циркадианные (уровень работоспособности, интенсивность метаболизма и деятельности внутренних органов и др.);	0,8-1,2 сут.
- инфрадианные (например, выделение некоторых гормонов с мочой);	28 ч - 4 сут.
- околонедельные, или циркасептанные (например, уровень работоспособности).	7±3 сут.
Геофизические биоритмы:	
- околосесячные, или циркатригигантные (например, менструальный цикл);	30±5 сут.
- околосесячные, или цирканнуальные.	около года

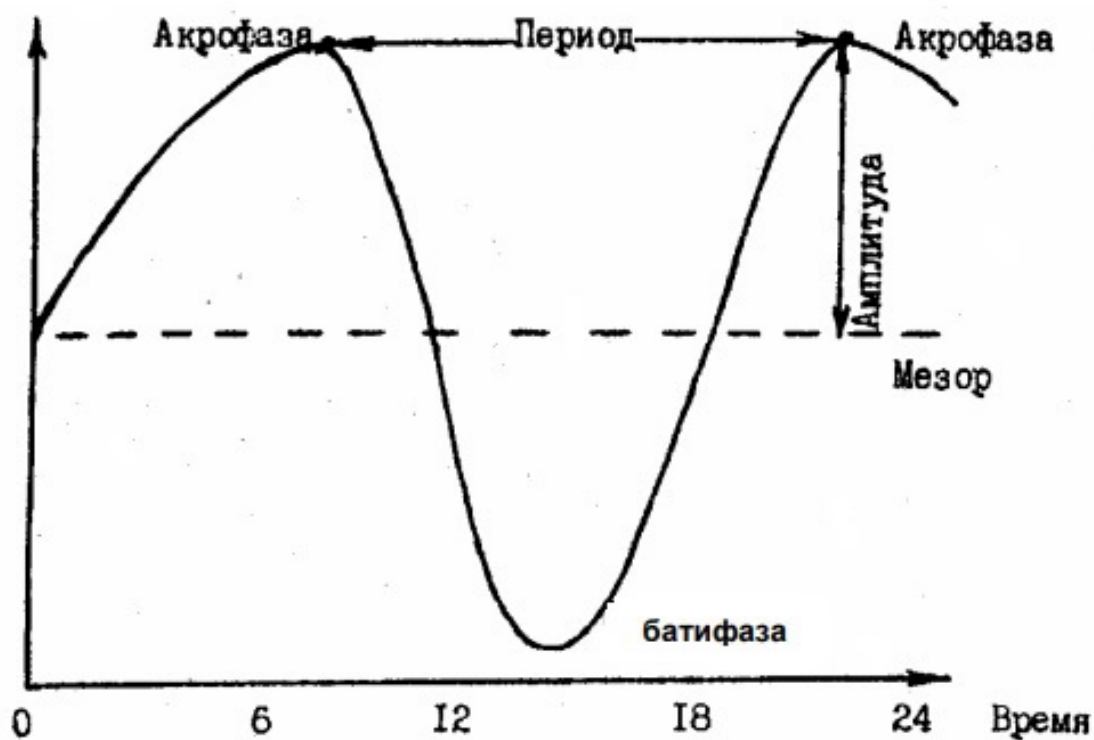


Рисунок 25 – Основные параметры биоритмов (Ю.В. Корягина, 2001)

При дублировании частот колебательных периодов или двух и более акрофазных ритмов возникает их синхронное взаимодействие (модуляция), а при выраженной несовместимости образуется десинхроноз.

С учетом дальности и направления движения (полета) десинхронозы имеют характерные свойства (А.Н. Nicholson, 2006; С.Н. Samuels, 2012; S.J. Crowley, 2015). Традиционно дифференцируют пять типов авиационных передвижений:



Рисунок 26 – Хронофизиологическая классификация типов авиаперемещения (С.Н. Ежов, 2021)

I – трансмеридианные перелеты с обязательной сменой часовых поясов, ведущим анализируемым критерием является угловая движущаяся скорость, которая исчисляется в градусах долготы, пересекаемых в условную единицу времени.

II – трансширотное воздушное перемещение в продольной направлении меридиана, с севера на юг или с юга на север со сдвигами фаз ритма года, с возникновением сезонной (климатической) десинхронизации, без изменения часового пояса и форм внешних индикаторов (датчиков) времени (приема пищи, смене света и темноты, сезонов года, колебаний солнечной активности), достоверно не различаются от прежней жизни. Исходя из этого, дальние

авиационные перелеты в долготном диапазоне способствуют развитию скрытых стадии десинхроноза, в частности, рассогласованию элементов циркадианной системы, однако он менее пролонгирован, чем после трансмеридианных перегрузок организма.

III – воздушное диагональное перемещение с одновременным сдвигом широты и долготы, существенной климатической полярностью и выраженным сдвигом временного пояса. Подобные перелеты не просто аккумулируют напряжение амплитудных и фазовых элементов циркадианной системы, а синтезируют сложный хронобиологический комплекс различных раздражителей, суммарная реакция на который может значимо ранжироваться от воздействия при отдельном виде десинхронизации.

IV – перелеты в другое полушарие земного шара со сменой экваториальной зоны. Главный стимулирующий медиатор такого перемещения – смена контрастного сезона, способствующая появлению сезонного (глубокого) десинхроноза, инвертирование (преобразование) и смещение этапа цикла годовой активации физиологических функций организма.

V – перелеты хроно-экологического режима деятельности, в которой амплитудные (колебательные) свойств окружающей среды значимо ослаблены или практически отсутствуют. Например, авиаперемещения вокруг Земли в ритме, исключая охват циркадианной биоритмов, нахождение в условиях с резко ослабленными (сезонными и суточными) синхронизаторами, режимы вахтовой труда, с плавающим (скользящим) графиком сменности и т.д. Длительное нахождение в подобной обстановке оказывает системные нарушения суточной и других видов периодической трансформации функций, последствия от которых имеют специфическую реакцию.

Физическая работоспособность атлетов научно-обоснованно считается оптимальной в том хронобиологическом периоде, в котором им стандартно (привычно) тренироваться. Суточные (естественные) сдвиги вегетативных функций, напрямую, отражаются в сдвигах прироста параметров избранной специальной нагрузки. Когда время тренировочных занятий соответствует физиологическому пику адаптивных возможностей организма спортсменов, уровень их двигательных способностей станет более высоким в сравнении с функциональной производительностью отдельного занятия, проводимого в неэффективное время.

Вектор развития силовых показателей, главным образом, лимитируется:

- характером и видом избранного упражнений;
- величиной внешнего сопротивления или основного отягощения;
- максимальным числом повторения заданного упражнения;
- быстротой исполнения уступающих или преодолевающих локомоций;
- темпом (частотой) выполнения тренируемых движений;
- диапазоном, характером интервалов отдыха между количеством

выполняемых подходов и регулированием их функционального предназначения.

Сущностную основу средств, направленных на прогресс мышечной силы составляют множество несложных по своей морфофункциональной структуре общеразвивающих упражнений (ОРУ), из которых необходимо отдельно выделить три базовых вида:

- движения с внешним сопротивлением;
- упражнения с преодолением собственного веса тела;
- изометрические локомоции.

8.3. Физиологическая характеристика быстроты (скоростных способностей)

Быстрота, как двигательное качество человека, характеризуется величиной максимальной скорости, с которыми он способен осуществлять свою двигательную деятельность.

Скорость двигательной деятельности человека в значительной степени лимитируется тем, насколько точно технически он выполняет движения. Кроме того, она зависит от степени развития других его двигательных качеств – силы и выносливости. Так, скорость, с которой преодолевается спортсменом спринтерская дистанция в беге, в значительной мере зависит от длины его шага, которая, в свою очередь, определяется силой толчка. Для обеспечения же достаточной силы толчка требуется значительное мышечное напряжение, а оно определяется степенью развития силовых качеств спортсмена.

В настоящее время отдельно ограничивают **комплексные и элементарные** формы регистрации быстроты движений (Е.В. Kris, 2007; Т. Hale, 2008).

В традиционных условиях практики спорта быстрота обычно выражается в **комплексной диагностике**, состоящая из стремительности моторных локомоций и кратковременность познавательных (когнитивных) функций во взаимодействии с другими физическими проявлениями.

К **элементарным** (повседневным) формам демонстрации эфферентной быстроты принадлежат:

- общее (тотальное) время одиночных действий (движений), например, различные виды спортивных прыжков и метаний;
- продолжительность простой (не требующего выбора избирательного решения) и сложной (с правильным выбором запланированного задания) моторной реакции с учетом скрытого (латентного) её отрезка, а также ответной реакции на статический или перемещающийся в пространстве объект (обладает первостепенной важностью в развитии спринта и расширения экстраполяции в ситуационных (нестандартных) вида спорта);
- предельный (максимальный), в единицу времени, темп двигательной активности, характерный, в частности, для стремительного бега на короткие

дистанции.



Рисунок 27 – Классификация скоростных способностей

К физиологическим факторам развития быстроты (G. Naff, 2012; J.K. Ehrman, 2013; В. Kiens, 2014; М. Tipton Charles, 2014) принадлежат:

- функциональная лабильность (подвижность моторно-висцеральных механизмов модуляции физиологических процессов) – быстрота проведения электрического импульса в нервных-мышечных и химических синапсах;
- скорость варьирования тормозно-возбудительных реакций при реализации нервных, вегетативных и двигательных функций организма;
- физиологическая соразмерность медленных и быстрых миофибрилл сократительного аппарата гладкомышечных клеток.

Основными индикаторами, напрямую воздействующими на время избранной моторной реакции, являются: генетические резервы организма, положительные эмоции, устойчивая мотивация, специализация в ИВС, текущая оценка ФС, квалификационный уровень мастерства атлета и двигательный опыт.

8.4. Физиологическая характеристика выносливости

Выносливость, как двигательное качество человека, характеризуется максимально возможной длительностью выполнения им физической работы определенного характера без наступления утомления.

Различают четыре типа утомления:

- умственное (при решении задач, например, или при игре в шахматы);
- сенсорное (в результате напряженной деятельности анализаторов. Например, утомление зрительного анализатора у стрелков);
- эмоциональное (как следствие интенсивных эмоциональных переживаний);
- физическое (вызванное мышечной деятельностью).

Таблица 4 – Классификация типов, видов и разновидностей выносливости (Г.Н. Германов, 2014)

В Ы Н О С Л И В О С Т Ь										
Классификационные признаки по типу проявления										
«Партикулярная» особенная, частная	«Типы выносливости»	«Сингулярная» избирательная, индивидуальная, специальная								
		Классификационные признаки по типу обобщения								
Основная в жизни ⇓	Виды специфической выносливости ⇓	Специфическая по качеству двигательной деятельности			Специфическая по энергообеспечению		Специфическая по утомлению			
		Скоростная	Силовая	Координационная	Аэробная	Анаэробная	Умственная	Сенсорная	Вегетативная	Мышечная
⇒ Бытовая аэробная; ⇒ Трудовая аэробная; ⇒ Военно-прикладная.	Разнообразности специальной выносливости ⇒	⇒ Скоростная: – Спринтерская; – Дистанционная; – Игровая; – Многоборная – и др. ⇒ Силовая: – Спринтерская; – Стайерская; – Статическая; – Гимнастическая; – Борцовская; – Многоборная – и др. ⇒ Координационная.			⇒ Аэробная: – Дистанционная; – Стайерская; – Марафонская; – Многоборная – и др. ⇒ Анаэробная: – Спринтерская; – Дистанционная; – Статическая – и др.		⇒ Умственная: – Интеллектуальные виды спорта (шашки, шахматы); ⇒ Сенсорная: – Точностные и прицельные виды спорта, многие игровые и координационные виды спорта; ⇒ Вегетативная: – Длинные дистанции в циклических видах спорта; ⇒ Мышечная: – Скоростно-силовые виды спорта, короткие и средние дистанции в циклических видах спорта, единоборства			

В основе развития выносливости лежит повышение сопротивляемости организма утомлению. Этот процесс обеспечивается различными путями. С одной стороны, в связи с совершенствованием деятельности организма, происходящем в процессе спортивной тренировки, снижаются и отдаляются те явления, которые ведут к развитию утомления. С другой – развивается способность работать и при ухудшенных условиях, которые возникают в организме при мышечной деятельности.

К первой группе факторов, способствующих большей длительности работы, относится, прежде всего, **наличие точных координационных**

отношений в ЦНС. Этот фактор определяет степень слаженности в работе двигательного аппарата, от которой зависит экономичность движения, а, следовательно, и величина энерготрат. От этого фактора зависит также степень согласованности между работой двигательного аппарата и внутренних органов. К этой группе факторов относится и **потенциальный уровень функционального депо** физиологических систем организма, т. е. тех морфологических, биохимических и функциональных изменений, которые обуславливают силу и быстроту, и обеспечивают выполнение работы определенного характера.

Ко второй группе факторов, определяющих выносливость, относятся процессы, обеспечивающие повышение функциональной устойчивости некоторых систем организма (в первую очередь центральной нервной системы) неблагоприятным условиям, которые могут возникнуть при работе.

В зависимости от специфичности работы различают **общую, специальную и локальную мышечную выносливость**, а по механизму сокращения мышц – **динамическую и статическую** выносливость.

Общая выносливость – это выносливость, проявляемая в относительно длительной работе при функционировании всех основных мышечных групп, которая совершается в режиме аэробного обмена (Л.П. Матвеев, 1991).

Специальная выносливость есть свойство организма спортсмена, содействующее реализации двигательной деятельности с высокой степенью эффективности, оцениваемой мерой сохранения высокой продуктивности рабочих операций на заданном уровне требований, в условиях поставленной спортивно-двигательной задачи (Г.Н. Германов, 2014).

Под **локальной мышечной выносливостью** (ЛМВ) понимается способность каждой из участвующих в движении мышц проявлять наибольшую мощность каждого отдельного сокращения при заданном темпе и времени работы.

Динамическая выносливость подразделяется на силовую (предельную), анаэробную (скоростную), аэробную (тотальную) форму ее проявлений.

Выносливость к силовым и статическим упражнениям. Этот вид выносливости выражается в способности к многократному повторению силовых упражнений. Связана она со всеми теми процессами, которые обуславливают силу. Для этого необходима большая сила и уравновешенность корковых нервных процессов, достаточный энергетический потенциал нервных клеток, мышц и других органов, способность к быстрому, как анаэробному, так и окислительному его восстановлению.

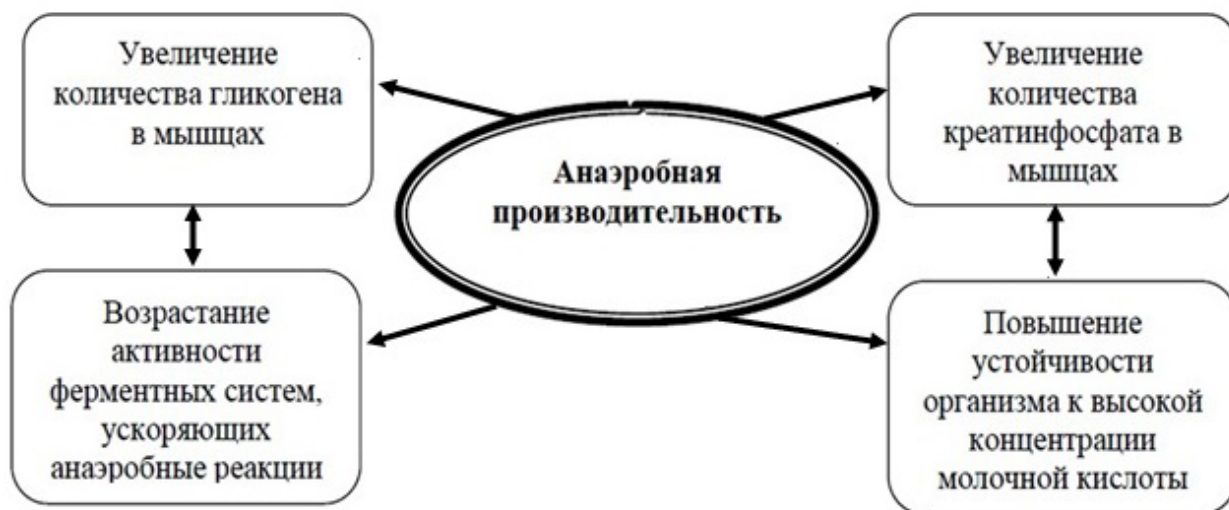


Рисунок 28 – Факторы, обеспечивающие анаэробную производительность организма, (Н.И. Волков, 2011)

Близка к силовой выносливости и выносливость к статическим усилиям, где главной частью является торможение в коре больших полушарий из-за того, что нет процессов расслабления в ходе выполнения статического упражнения.

Выносливость к скоростным упражнениям – это способность поддерживать в течение необходимого времени ту относительно большую скорость, которая достигается спортсменом в процессе работы высокой интенсивности (максимальной, субмаксимальной, большой).

Наиболее важным при этом является поддержание на высоком уровне как лабильности нервных клеток, так и подвижности нервных процессов, необходимых при работе скоростного типа. При выполнении упражнений скоростного типа наблюдается:

- чрезвычайно напряженная работа нервных клеток и мышц;
- недостаток кислорода;
- накопление, в связи с недостатком кислорода, в организме недоокисленных продуктов обмена (молочной кислоты).

В основе скоростной (анаэробной) выносливости спринтера лежит еще формирование гомеостатической устойчивости нервных центров и нервно-мышечного аппарата к высокочастотным ритмам воздействия.

Анаэробная работоспособность – возможность организма максимально использовать анаэробный (бескислородный) путь энергообеспечения.

Производительность организма в анаэробных условиях (бескислородный адаптационный резерв) – это функциональная возможность организма спортсмена выполнять профессиональную работу в режиме кислородного голодания благодаря своевременному доминированию анаэробного образования энергии.

Максимальный предел O_2 -долга (дефицита) принято считать основным индикатором анаэробной производительности. У менее квалифицированных

атлетов его амплитуда обычно не достигает 5-7 литров, тем временем у элитарных спортсменов может варьироваться в пределах 15-20 литров и выше.

Выносливость к длительным (аэробным) физическим нагрузкам. Спортивные напряжения умеренной интенсивности (например, бег на сверхдлинные дистанции), которые выполняются иногда в течение нескольких часов, требуют больших энергозатрат. Эти энергозатраты не могут быть обеспечены анаэробными процессами. Необходимо бесперебойное снабжение мышц и других органов кислородом. Это может быть достигнуто путем тонкого согласования в деятельности кардиореспираторной системы, дыхательной систем и двигательного аппарата. Точную координацию в работе этих систем обеспечивает ЦНС. Однако вследствие длительности и однообразности, монотонности работы происходит дискоординация в деятельности ЦНС, в результате чего наступает утомление.

Таким образом, в основе выносливости к длительным физическим напряжениям лежит развитие функций различных систем организма и тонкая координация их деятельности, повышение энергетического потенциала организма, способность к более полной мобилизации ресурсов организма, эффективная работа биохимических систем и высокая функциональная устойчивость нервных центров.

Аэробная работоспособность – возможность организма максимально использовать аэробный способ энергообеспечения, то есть совершать работу, обеспечивая энергетические расходы за счет кислорода, поглощаемого во время работы.

Аэробная производительность – количественный диапазон энергетической продукции, обеспечивающий поступление, транспортировку и поглощение тканями кислорода при работе умеренной мощности.

Суммарно аэробная производительность определяется с помощью индикаторов, лимитирующих ее силу (мощность), длительность (емкость), лабильность (подвижность) и эффективность или результативность.

Мощность процесса аэробного ресинтеза АТФ отражает пик максимального потребления кислорода (МПК), в качестве главной качественной составляющей аэробного механизма энергопотребления. Абсолютные его величины измеряются в л/мин, относительные же параметры более информативны и регистрируются в мл/мин/кг. Значение МПК отражают потенциальные возможности систем кровообращения, внешнего дыхания, крови, удельной тканевой утилизации оксигемоглобина при мышечной деятельности.

Емкость или длительность функционирования аэробного механизма признается, как адаптивная способность поддерживать предельно продолжительное время оперативное состояние, при котором организм атлета потребляет наибольший объем кислорода. В качестве системного маркера

данного индикатора считается время (t , $VO_2\max$) удержания МПК или общее количество поглощенного кислорода за период выполнения тестового задания.

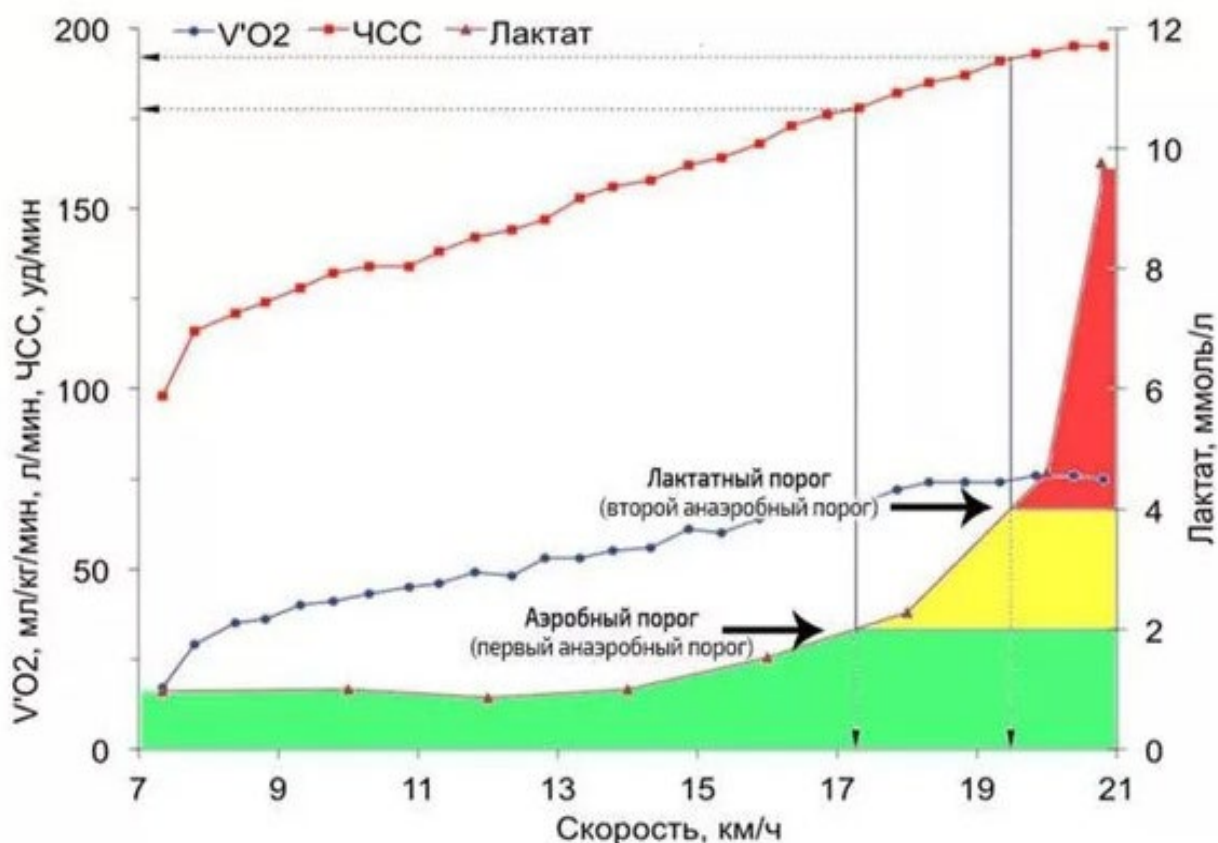


Рисунок 29 – Скорость циклической двигательной деятельности с регистрацией ПАНО

За параметром аэробной энергетической **подвижности** признается время выхода на пиковую мощность, то есть скорость вработывания организма атлета до степени МПК.

Критерием **эффективности** (результативности) аэробного механизма считается коэффициент полезного действия (КПД), т. е. то количество энергии, образовавшейся с помощью окислительного фосфорилирования, которое направляется на непосредственное сокращение активных мышечных групп.

Одним из наиболее простых параметров его продуктивности является процент кислородного использования (KIO_2 , мл/л) из вдыхаемого окружающего воздуха на пределе МПК, который растет со степенью тренированности атлета. Помимо этого, в качестве маркера аэробной эффективности применяются сдвиги порога (ПАНО) анаэробного обмена в % от МПК и по данным ЧСС \max .

ПАНО или **порог анаэробного обмена** – это определенный уровень физической нагрузки, при котором концентрация солей молочной кислоты (лактата) в крови увеличивается до уровня, превышающего порог ее утилизации (4 Ммоль/л).

Способы тренировки выносливости:

- применение упражнений различной мощности;
- изменение продолжительности упражнений;
- изменение продолжительности интервалов отдыха;
- изменение числа повторений упражнений в тренировке;
- изменение характера отдыха (активный, пассивный).

К **физиологическим ресурсам выносливости** организма атлетов принадлежат:

- выходная мощность (сила) функциональных механизмов, обеспечивающих единство гомеостаза: расширение депо кислородной емкости крови (КЕК), резервуара буферных систем, оптимизация водно-солевого метаболизма;

- устойчивость нейрогуморального управления гомеостатических структур срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к физической работе в гомеокинетической (измененной) среде существования;

- образование рабочих господствующих очагов возбуждения (доминант), которым свойственна повышенная помехоустойчивость, что способствует задержанию запредельного торможения в ЦНС при реализации монотонной (продолжительной) работы;

- гармоничность (уравновешенность) координации нервных, вегетативных и двигательных реакций и их сниженная лабильность.

8.5. Физиологическая характеристика ловкости или координации движений

Н.А. Бернштейн (1896-1966) В.С. Фарфель (1904-1979) считали, что ловкость – это всякое произвольное движение, направленное на решение какой-либо конкретной задачи (прыгнуть как можно выше, поймать мяч, поднять штангу и т. п.).

Основными показателями ловкости являются точность движений в пространстве и времени, точность дифференцирования силы. Ловкие (изобретательные) движения – это стремительные по своей дистанции локомоции, реализующиеся в сжатые интервалы времени. Следует отметить, что ориентировка во времени и точность в пространстве, их совместное регулирование в комбинации движений осуществляется не только в стандартизированных упражнениях, но и в ситуативных (переменных, сообразно возникшим обстоятельствам) внешних условиях. В основе ловкости находится повышенная функциональная мобилизация двигательного анализатора, т.е. аналитическая способность атлета оценивать потенциальные резервы своего мышечного аппарата посредством анализа накопившегося опыта условных рефлексов в процессе жизнедеятельности.



Рисунок 30 – Компоненты ловкости (S. Nimphius, 2017)

Примечание: ЦРС - цикл растяжения-сокращения

Различают различные степени ловкости. Первая степень лимитируется **точностью в пространстве и экономичной координацией выполняемых локомоций**, без лимита скорости на их реализацию. Критерии этой ловкости

можно измерить мерами пространственных индикаторов. Если атлетам различной уровня мастерства давать точное задание воспроизвести пространственное движение, установив степень отклонения от его выполнения, можно оценить развитие данного качества.

Точность движения зависит от целостности моторно-висцеральных рефлексов при относительно медленных сокращениях мышц. Огромную роль при этом имеют двигательные и оптические свойства организма спортсмена, в тех моментах, когда избранная локомоция выполняется под зрительным контролем сознания.

Дети при рождении сравнительно неуклюжи, по сравнению со взрослыми, исходя из этого их первые движения осуществляются в замедленном темпе. Незначительное стимулирование упражнения затрудняет процесс дифференцировки моторных ощущений и препятствует эффективному управлению пространственных действий.



Рисунок 31 – Структура ловкости и факторы, определяющие уровень ее развития (Т.В. Лойко, 2018)

Второй степенью ловкости считается ее **пространственная ориентация** в короткие сроки подготовки. Главными индикаторами признаются не столько особенности преодоления искомой дистанции, сколько меры временного характера её выполнения. В этой стадии атлет в состоянии не только правильно произвести движение, но и в сжатые интервалы времени.

Такая степень ловкости развивается равномерно и функционально доступна лишь школьникам средних и старших возрастных групп, поскольку для ее реализации необходим высокий и эффективный режим развития двигательной сенсорной системы

В практике спорта наличествует множество примеров подобных упражнений, где востребована эта стадия ловкости (прыжок в высоту, метание диска, элементы упражнений в гимнастике и акробатике).

Третья степень ловкости – **высшая, реализуется в исключительно переменных (постоянно изменчивых) видах деятельности**, ее задачей является не просто совершение определенных неизвестных ранее организму спортсмена локомоций в лимитированные сроки подготовки, а качественно, безошибочно и точно. Это наблюдается в спортивных играх, в боксе и т. д., отсюда следует, заключительный этап становления ловкости – это стремительное (автоматизированное) выполнение точных по координации оригинальных движений при спонтанно меняющейся ситуации.

Физиологической базой формирования основ ловкости являются следующие индикаторы:

– депо, реализуемых в процессе двигательного опыта навыков, в виде накопленных на моторном уровне и проторенных в нейрональной метаболизме условных рефлексив;

– скорость исполнения и измерительная точность выполнения сложных по технике новых двигательных реакций;

– функциональная целостность мышечной перцепции и точности практического выполнения собственного (оригинального) движения;

– физиологическая эффективность взаимодействия собственных локомоций и постоянно лабильной естественной среды обитания.

8.6. Физиологическая характеристика гибкости или суставной подвижности

Гибкость – это практическая возможность спортсмена эффективно выполнять двигательные акты в задействованных суставах с большим размахом, т.е. эластическая подвижность (В.Н. Иваницкий, 2017 и др.).

Гибкость во многом лимитируется способностью функционального взаимодействия двигательного анализатора и его морфофункциональных свойств (кровеносной, метаболической, биологической, опорной, защитной, моторной). Гибкость увеличивается при разогревании (разминке) мышц и снижается в холодных погодных условиях, преморбидном и сонном состоянии, утомительных процессах интеллектуального и физического характера.

Амплитуда гибкости имеет минимальный диапазон утром и максимальные сдвиги к середине (12-17 часов) дня. Заблаговременно до предстартового и стартового возбуждения увеличивается ЧСС, косвенно

повышая суставную подвижность. Последствия разминки заключаются в потенцировании кровотока через задействованные мышцы, в результате которого осуществляется их разогрев.

В настоящее время принято различать шесть разновидностей гибкости:

Суммарная или общая гибкость – потенциальная способность эффективно выполнять движения с высоким уровнем суставной подвижности в различных (сагиттальной, горизонтальной, фронтальной) плоскостных направлениях.

Специфическая гибкость – аналитическая способность осуществлять избранные локомоции с наибольшим двигательным размахом в различных соединениях и перемещениях, адекватных специфической направленности приоритетного вида деятельности.



Рисунок 32 – Факторы гибкости (Т.В. Лойко, 2018)

Активная (самостоятельная) гибкость – практическое умение производить локомоторные движения большого объема с помощью электровозбудимых сигналов, поступающих от мышечных рецепторов своего организма без посторонней (внешней) помощи.

Пассивная (зависимая) гибкость – двигательный потенциал совершать необходимые суставные движения на основе приложения силы внешнего управления (опорная сила тяжести, махи (инерции), вспомогательные взаимодействия с партнером, сочетание видов отягощений).

На практике активная гибкость абсолютно меньше пассивной суставной подвижности. Процентную разницу между этими понятиями обуславливает их **резервная растяжимость** (стратегический запас гибкости).

Динамическая гибкость – проявляется при равномерном и переменной движении, её отличает способность исполнять на моторной уровне, функциональные действия (направления) в суставах с предельным градиентом, без закрепления (фиксации) звеньев тела в его маховых (крайних) точках.

Статическая (неподвижная) гибкость – умение фиксировать исходную позу, качественно концентрировать звенья тела в экстраординарных (крайних) точках двигательного размаха.

У представительниц женского пола опорно-двигательный и нервно-мышечный аппарат характеризуется большей степенью функциональной подвижности если сравнить с мужчинами. Женщинам легче отрабатывать новые (ситуационные) задания, к примеру гимнастический поперечный шпагат. У представителей зрелого и преклонного возраста позвоночная гибкость уменьшается сравнительно в короткие сроки, а мобильность суставов кисти фаланг пальцев воспроизводится продолжительное время.

Гибкость зависит от: эластичности мышц, связок; снижения возбудимости растягиваемых мышц (что определяется состоянием ЦНС, так как при этом должен тормозиться врожденный миотатический рефлекс); суточной периодики, внешней температуры воздуха; возраста.

Миотонические рефлекс – ответные реакции организма на изменение степени мышечного напряжения. При увеличении эластического тонуса в скелетной мышце активизируются рецепторы, расположенные в ее теле (брюшке) – миофибриллы. Аfferентные (чувствительные) потоки возбуждения от них направляются в спинной мозг, в частности на альфа-мотонейроны. В дальнейшем по аксону нервный импульс достигает растянутой мышце, увеличивая ее тонус, что тормозит ее функциональную подвижность.

Физиологическое значение рефлексов миотонической структуры состоит в защите суставов от излишнего (чрезмерного) разгибания. При расширении адаптивных характеристик гибкости подобные реакции необходимо купировать, с помощью средств общей и специальной разминки.

Межмышечная координация. Рабочий тонус мышц, выполняющих запланированное движение в ведущем суставе, должен качественно

взаимодействовать с процессом их расслабления. Подобное сочетание в спортивной практике называется рефлекторным антагонизмом. Чем быстрее возвращаются в фоновое состояние антагонисты, тем проще включиться в активный сократительный акт агонистам, поскольку им не приходится форсировать дополнительное напряжение.

Важнейшее прогностическое значение в повышении основ межмышечной координации занимает реципрокное (сопряженное) торможение мышц-антагонистов.

Таким образом, физиологическими факторами и условиями проявления гибкости являются: форма суставов и сочленяющихся костных поверхностей, мышечно-связочный аппарат, межмышечная координация, возраст, температура окружающей среды и тела и др.

При воспитании гибкости основными средствами являются упражнения в растягивании, при которых амплитуда движений доводится до индивидуально предельной, не приводящей к травме.

При этом целесообразно придерживаться следующих пропорций различных упражнений: 40-45 % активные (динамические), 20 % – статические, 35-40% – пассивные (в занятиях с детьми доля статических упражнений уменьшается, а динамических – увеличивается).

Упражнения выполняются серийно с постепенным увеличением амплитуды движения с учетом особенностей развивающегося и поддерживающего режимов.

9. Физиологические механизмы адаптации в процессе спортивной тренировки

9.1. Понятие об адаптации и общем адаптационном синдроме

Большой вклад в разработку учения об адаптации внесли Г. Селье (1970), Ф.З. Меерсон (1988), А.С. Солодков (1999). Согласно их представлениям, живые организмы существуют в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды. Иногда эти условия являются крайне неблагоприятными (высокая и низкая температура, гипоксия, физические нагрузки), их действие иногда кратковременно, а иногда весьма длительно. Живые организмы вынуждены постоянно приспосабливаться (адаптироваться) к этим условиям.

Всесторонне исчерпывающим является определение физиологической адаптации, изложенное в III издании Большой Советской (БСЭ) энциклопедии:

«Адаптация физиологическая – совокупность физиологических реакций, лежащая в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная к сохранению относительного постоянства его внутренней среды – гомеостаза» (М., 1969. Т.1. С. 216).

Традиционно дифференцируют два этапа формирования адаптации: **срочная и долговременная.**



Феликс Залманович Меерсон (1926, Москва, СССР – 22.02.2010) – советский физиолог и патофизиолог. Исследования сосредоточены на изучении кровообращения, физиологии и патофизиологии сердца, а также проблемам стресса и механизмов антистрессорных реакций организма

Срочная (экстренная) адаптация представляет собой комплекс адаптивных проявлений в ведущих функциональных системах целостного организма, возникающих сразу после вступления действия порогового стимула, например, приспособление к физическим упражнениям. Конкретным биостимулирующим ее эффектом считается увеличение метаболизма и расхода энергии, усиление и учащение кардиальных сокращений, рост вентиляции легких и др.



Алексей Сергеевич Солодков (25.10.1932 -) опубликовал учебное пособие «Физиологические особенности организма людей разного возраста и их адаптация к физическим нагрузкам», 1998 г, а в 1999 г. – учебное пособие «Физиология спорта»

Фундаментом срочной адаптации считаются врожденные (генетически детерминированные) физиологические закономерности. В большинстве случаев адаптация к внешнему стимулу осуществляется с помощью наивысшей мобилизации вегетативных функций, обеспечивающих поддержание механики мышечного сокращения, регуляцию сердечного индекса, частоту и глубины дыхания и т.п. Несмотря на это, подобная трансформация деятельности функциональных систем не является идеальной, поскольку необходимый тренировочный эффект в полном объеме не гарантируется.

Структурное руководство экстренной адаптацией происходит во взаимодействии двух вегетативных систем организма: **симпатоадреналовой (САС)** и **гипоталамо-гипофизарной (ГГС)**.

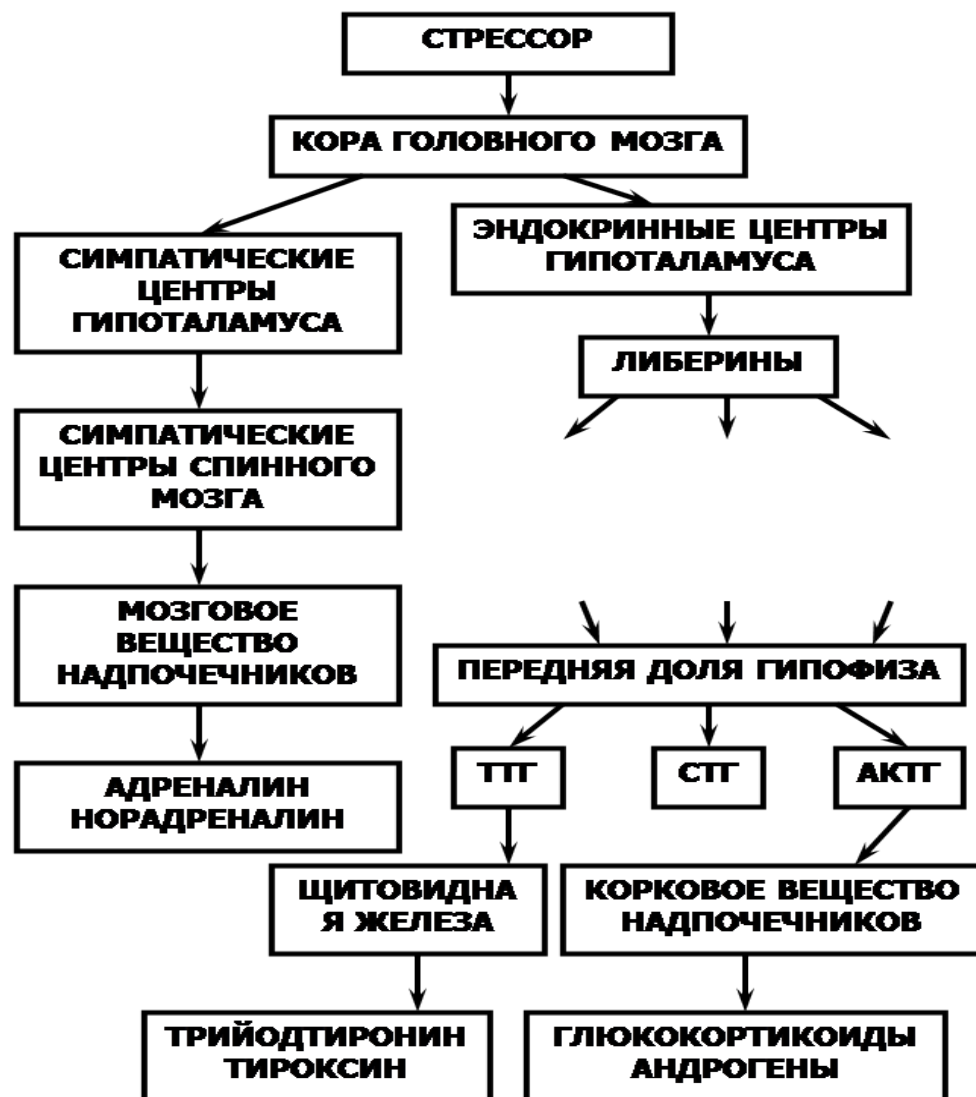


Рисунок 33 – Механизм развития стресс-синдрома, роль симпатоадреналовой и гипоталамо-гипофиз-надпочечниковой систем (А.С. Чинкин, 2016)

САС сопровождается быстрым увеличением функциональной и метаболической мобилизации нервно-мышечного аппарата (НМА),

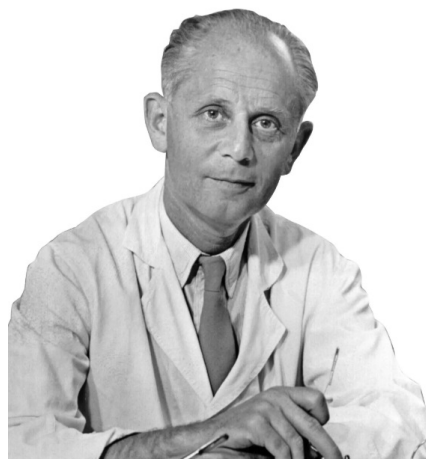
кислородтранспортной системы (КТС) миокарда и печени. В крови и сердце повышается содержание концентрации адреналина и норадреналина (катехоламинов). ГГС контролирует включение в активную работу резервов метаболических функций, поддерживает гомеостатическую устойчивость рН, температуры, концентрацию O_2 и CO_2 , содержание воды, электролитов и глюкозы. В крови увеличивается насыщение глюкокортикоидов.

Долговременная (хроническая) адаптация заключается в глобальной мобилизации энергетической деятельности моторно-висцеральных систем, ответственных за адаптацию, на основании их морфофункциональных сдвигов с образованием комплексного структурного следа (Ф.З. Меерсон, 1988). Следует отметить, что целостные изменения происходят не только в двигательных (исполнительных) органах и механизмах вегетативного обеспечения, но и в управляющих (нервной и эндокринной) системах.

На степени нервной (рефлекторной) регуляции структурные адаптивные изменения обнаруживаются в гипертрофии нейрональной пластичности моторных центров спинномозговой активности, в увеличении содержания дыхательных ферментов.

На этапе совершенствования **эндокринной регуляции** регистрируется гипертрофия мозгового и коркового вещества надпочечников, рост общей биосинтетической способности гормонов.

Относительно практики спорта **долговременная адаптация** – это комплексный процесс адаптивных (приспособительных) механизмов организма атлетов в течение продолжительного кратного повторения избранных нагрузок специфического характера (анаэробно-алактатной, лактатно-гликолитической, аэробно-умеренной интенсивности).



Ганс Хуго Бруно Селье (1907-1982) – сформулировал концепцию стресса, как состояние организма, находящегося под угрозой нарушения гомеостаза в 1970 г.

Научный смысл имеет концепция общего (единого) адаптационного синдрома (ОАС), изложенная Гансом Селье в 1960 г., под которым автор

подразумевал синтез адаптивно-трофических реакций организма животных или человека, проявляющихся при реализации стрессовых (напряженных) ситуаций.

Общий адаптационный синдром протекает трехфазно:

I – тревоги или удивления: организм изменяет свои характеристики, сопротивляется или приспосабливается к данным условиям существования;

II – резистентности: осуществляется адаптация к новым условиям и организм в полной мере сопротивляется воздействию стрессора;

III – истощения, ведущая к утомлению: **после длительного воздействия стрессора,** адаптационные резервы заканчиваются и организм погибает.

Эволюция проявления этих стадий напрямую обусловлена социальной и биологической ценностью раздражителя (стимула), функциональной реактивностью индивидуального развития и её адаптивного (компенсаторно-приспособительного) резерва. Следует отметить, что к одним условиям среды обитания человеческий организм достигает полной (тотальной) адаптации, а к другим – лишь частичной (экстренной).

9.2. Фазы адаптации организма к физическим нагрузкам

Функциональная перестройка адаптивных механизмов к физической работе (избранной нагрузке из ИВС), как любая другая поведенческая деятельность спортсменов, считается стадийным (регуляторным) процессом.

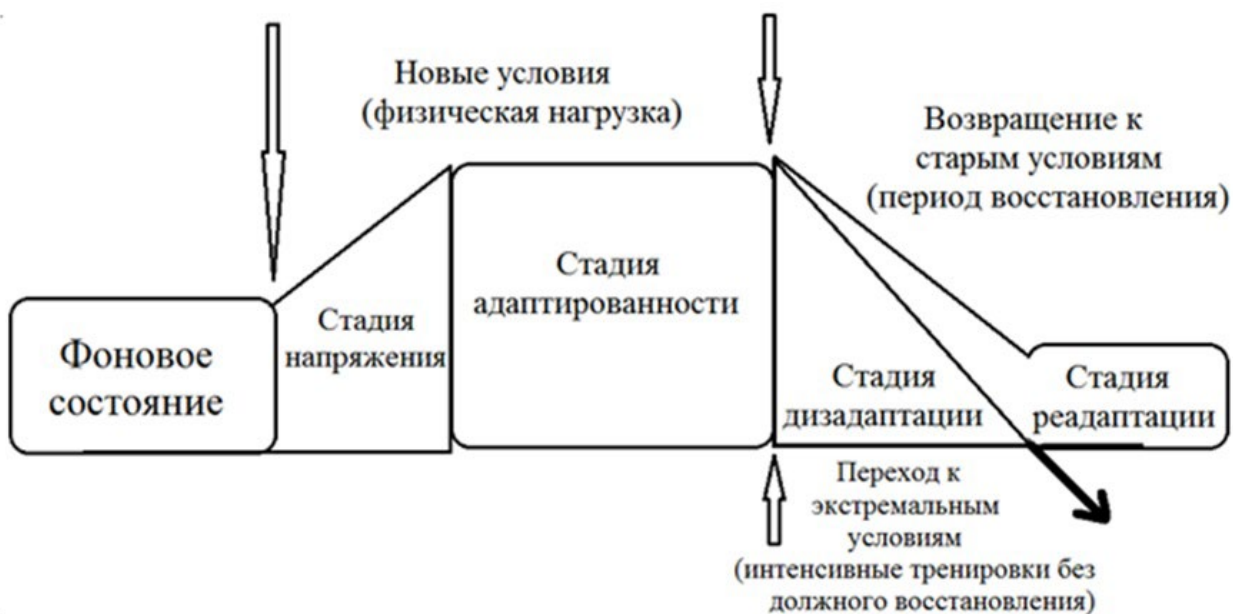


Рисунок 34 – Стадии адаптационных изменений организма спортсменов (С.И. Картышева, 2012)

В динамике приспособительных реакций у спортсменов отмечают 4 этапа, для которых определены свои функциональные характеристики и физиологические механизмы адаптивного реагирования:

- тонуса (напряжения);
- адаптированности (тренированности);
- дизадаптации (перенапряжения);
- реадаптации (декомпенсации).

В **стадии повышенного тонуса** организма атлета решающая нагрузка приходится на механизмы межмышечной регуляции благодаря которых происходит адаптация физиологических функций и аккомодация обмена веществ к новым физическим упражнениям. В некоторых случаях сдвиги изученных индикаторов организма имеют выраженную степень отклонения.

Физиологическое напряжение лимитируется доминированием возбуждательных процессов на уровне нейронального метаболизма и их иррадиацией на нижележащие подкорковые двигательно-висцеральные центры, увеличением вклада коры надпочечников, ростом параметров систем соматовегетативного обеспечения и моторного уровня. На уровне проприоцептивной регуляции отмечается потенцирование количества активных двигательных единиц, резервная мобилизация миофибрилл, повышение скорости и силы мышечного сокращения за счет концентрации креатинфосфата, гликогена и ресинтезированной АТФ кислоты. Функциональные возможности и как следствие физическая работоспособность имеет переменный (неустойчивый) характер.

Стадия адаптированности организма спортсмена характеризуется повышением компенсаторных резервов, гармоничности механизмов их регуляции и оптимизацией текущего состояния или его тренированности к воздействию тренировочных нагрузок. Физиологическим фундаментом этого этапа закладываются потенциальные возможности развития гомеостатических функций в конкретных условиях внешней среды, колебательные процессы имеют равномерный характер реагирования, а работоспособность определяется устойчиво-прогнозируемыми и амплитудно-модулированными категориями.

Стадия дизадаптации организма прогрессирует при достижении перенапряжения механизмов адаптации, требует вработываемости реакций компенсаторного взаимодействия благодаря наличию систематических нагрузок большой интенсивности и ограниченного отдыха в перерывах. Этот процесс относительно медленный во времени, однако период его образования, степень и продолжительность интенсивности функциональных сдвигов характеризуется исключительной вариативностью и напрямую коррелируют с индивидуальными свойствами личности. Также отличительными константами дизадаптационных проявлений считаются отсутствие мобилизации эндокринной и нервной систем, статистически достоверное уменьшение общей функциональной устойчивости, предболезненные ощущения, вегетативная и эмоциональная неустойчивость функций,

вспыльчивость, раздражительность, нарушение сна, головные боли. В итоге выражено снижаются адаптивные резервы интеллектуальных и физических кондиций.

Стадия реадаптации (декомпенсации) доминирует после продолжительного перерыва в регулярных тренировочных занятиях или их полного завершения и отличается накоплением исходных (базовых) функциональных свойств и возвращению к фоновому уровню показателей двигательного аппарата организма спортсмена.

Физиологическая основа наступления этой фазы заключается в уменьшении порогового уровня тренированности вследствие декомпенсации адаптационного потенциала.

При положительной адаптации в спорте в ведущих функциональных системах возникают следующие качественные изменения:

- высокая степень экономизации произведенной работы;
- увеличение мощности и емкости адаптационно-трофических резервов организма;
- формирование оперативного мобилизационного потенциала на случай внезапных сдвигов во внешней среде.

9.3. Деадаптация организма к физическим нагрузкам

В чрезвычайно сложной обстановке, организм может быть полностью истощен и индифферентен к проявлению адаптации. Подобное состояние характеризуется как **деадаптация**.

Деадаптация – это стойкое нарушение компенсаторно-приспособительных реакций организма к воздействию факторов внешней среды, формирующееся при возникновении к человеку экстремальной или редкой для него потребности, когда накопившегося двигательного опыта не хватает для полноценной реализации не только долговременной (хронической), но и срочной (адекватной) адаптации.

Иногда резервы организма истощаются, прежде, чем достигнута адаптация, т. е. наступает деадаптация, которая может принять различные формы:

- ✓ с недостаточной способностью к восстановлению, когда работоспособность практически сохранена, но она неустойчива и не высока;
- ✓ с явным дефектом, что ведет к снижению или утрате трудоспособности даже к инвалидности;
- ✓ с внутренним (скрытым) дефектом, который реализуется исключительно под воздействием предельной нагрузки;
- ✓ с сохранением работоспособности, но с утратой фертильности или приобретением потенциальной тератогенности в последующих воздействиях.

Фертильность (лат. *fertilis* - «плодородный, плодovitый») – способность половозрелого организма производить жизнеспособное потомство.

Тератогенность (от греч. τέρατος, род. п. от греч. τέρας) – чудовище, урод; и др.-греч. γέννῶω – рождаю) – способность физических, химических или биологических факторов вызывать нарушения процесса эмбриогенеза, приводящих к возникновению врождённых уродств (аномалий развития) у животных и человека.

За продолжительные предельные нагрузки в ИВС, а после за их завершение организм атлетов с течением времени расходует **биологическую цену**, что может проявиться в усилении кардиосклероза, стимуляции ожирения, уменьшением иммунитета клеток и тканей к различным вредным факторам и увеличением общих показателей заболеваемости.

«Цена адаптации» к максимально интенсивным нагрузкам может выражаться в двух противоположных формах. Во-первых, очевидный износ функциональной системы, которая при формировании адаптации несет основную нагрузку, например, прямые структурные повреждения миокарда и активных скелетных мышц. Во-вторых, перспективы возникновения отрицательной (перекрёстной) адаптации, в частности у атлетов, приспособленных к специфической работе, образуются дисфункции в других адаптационных реакциях, напрямую не обусловленных избранной нагрузкой (в процессе становления спортивной (оптимальной) формы зачастую уменьшается резистентность к возбудителям острых и хронических инфекций, а также акклиматизации к холоду).

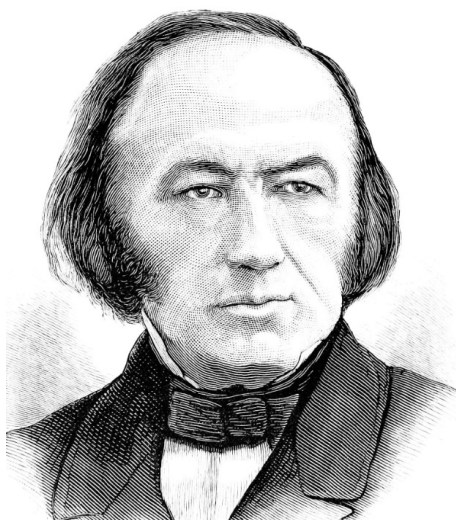
Цена адаптационных проявлений, в значительной степени лимитируется видом физических нагрузок, к которым возникает приспособление.

9.4. Понятие о функциональных резервах организма и их классификация

Первые концептуальные основы о мобилизационных резервах организма обусловлены физиологическим учением К. Бернара (1813-1878), У. Кеннона (1871-1945) о постоянстве гомеостаза под влиянием внешних условий за счет интенсификации функций активно вовлеченных органов и их моторно-висцеральной регуляции с использованием их дополнительных ресурсов.

Фундаментальные положения о функциональных резервах были внедрены еще в СССР в первой четверти XX века академиком в мировом уровне призвания Л.А. Орбели, который постоянно акцентировал внимание о потенциальных возможностях человеческого организма адаптироваться к непривычной обстановке с помощью своего ресурсного обеспечения.

Впоследствии базовые принципы теории Л.А. Орбели отразились в теоретическом и прикладном аспектах преимущественно в физиологии военного труда (М.П. Бресткин, 1968; В.П. Загрядский, 1976; А.С. Солодков, 1978; И.А. Сапов 1980), позже в спортивной физиологии В.В. Кузнецовым (1970) в Москве и А.С. Мозжухиным (1979) в Ленинграде.



Клод Бернар (1813-1878) – французский медик, основоположник эндокринологии, известен благодаря разработанной им концепции гомеостаза. Его формулировка «Постоянство внутренней среды – залог свободной и независимой жизни» остается актуальной и в настоящее время.

Первоначально М.П. Бресткин (1968) в определение **физиологических резервов** организма вкладывал компенсаторную и адаптационную способность органа многократно потенцировать интенсивность своей работоспособности в сравнении с фоновым уровнем покоя.



Михаил Павлович Бресткин (1895-1985) – основоположник отечественной научной школы авиационной медицины

Структурная адаптация возникает в результате поступательного включения дополнительных **функциональных резервов**, под которыми А.С. Мозжухин (1980) имел в виду скрытые (внутренние) возможности, выработанные в процессе эволюционных и онтогенетических преобразований, способных повышать жизнедеятельность органов и физиологических систем организма с целью реализации чересчур большой по объему работы

и выравнивания вегетативных сдвигов к чрезвычайным факторам его внутренней среды.



Александр Сергеевич Мозжухин (1921-2001) – его основная научно-педагогическая деятельность была связана с вопросами в области исследования функциональных резервов организма, физиологии органов чувств в том числе проблемы радиобиологии, механизмы биоэлектrogenеза, регуляция сердечной деятельности и взаимодействие афферентных систем

Многообразие адаптивных реакций организма А.С. Мозжухин (1979) дифференцировал на два вида: социальные запасы (спортивно-технические и психологические) и биологические ресурсы (физиологические, биохимические и структурные).

Спортивно-технические резервы устанавливают умение к модернизации уже наличествующих и возникновению новых двигательнотактических действий.

Психические резервы обусловлены мотивационной потребностью реализации главной цели, связаны с возможностью преодолеть различные формы утомления, нервные состояния, внутренние болевые проявления, с функциональной готовностью возможности получения травмы во имя достижения осознанной аксиологической задачи.

Физиологические резервы (ФР) – потенциальная возможность от клеточного до организменного уровня увеличивать мощность своей деятельности относительно исходных (базовых) величин.

Структурной основой **ФР** признаются морфофункциональные механизмы моторно-висцеральной регуляции, содержащие обработку афферентной информации, устойчивость гомеостатических функций и межмышечное взаимодействие во времени и в пространстве.

ФР традиционно классифицируют по:

– реализационному уровню – от клеточно-тканевого-органного до системно-организменного;

– резервной мощности работы – от максимальной, субпредельной,

большой, умеренной и переменной интенсивности;

– потенциальному депо мобилизации физических качеств (стратегические запасы силы, выносливости, быстроты, гибкости, ловкости);

– последовательности включения депонируемого потенциала.

ФР, вовлекаются в активное состояние не тотально, а равномерно в соответствии, с очередностью их мобилизации.

I их ступень присоединяется при механической работе в диапазоне 0-30% от резервного потенциала организма и свидетельствует о переходе из фонового состояния к энергичному процессу жизнедеятельности по механизму формирования безусловно-условных рефлексов.

II их серия активизируется при осуществлении напряженной (эмоциональной) деятельности, зачастую при форс-мажорных обстоятельствах в интервале 30-65% от предельных ее параметров (соревнования, сборы, тренировки). Данный процесс сопровождается обязательным включением нейрогуморального контроля, а также волевыми характеристиками личности.

III резервная очередь привлекается в результате борьбы за личную жизнь, текущее существование, при потери сознательного контроля, в терминальной агонии. Физиологические механизмы сопровождаются безусловно-рефлекторным способом регуляции моторно-висцеральных функций с обязательным компонентом гуморальной (обратной) связи.

Нормальным (естественным) физиологическим способом функционального перехода от I ко II этапу считается тренировочный процесс. Срочным механизмом его мобилизационной активности становятся эмоции.

В процессе соревновательной работы при возникновении чрезмерных внешних факторов объем физиологических констант депо уменьшается, вот почему главная задача в этот период состоит в его потенцировании с помощью закаливания, разрешенной фармакологической поддержкой организма атлетов, адаптогенного обеспечения их производительности. Однако, следует отметить, что тренировки, в первую очередь, закрепляют и восстанавливают адаптационные резервы, способствуют их качественному расширению.

В частности, еще в далеком 1890 г. И.П. Павлов свидетельствовал, что утраченные организменные ресурсы восстанавливаются не только до определенной амплитуды, но и с частичным опережением (феномен добавочной суперкомпенсации).

Биологическая ценность этого сдвига огромна, поскольку периодические избранные нагрузки, сопровождающиеся суперкомпенсацией, создают условия для формирования мобилизационного потенциала двигательных возможностей организма спортсменов, что предопределяет главный функциональный эффект длительных тренировок.

Под воздействием тренирующих факторов атлет в восстановительном периоде становится быстрее, сильнее и выносливее, что в конечном счете увеличивает его физиологический резерв к их адаптации.

Биохимические резервы лимитируют адаптивные возможности

организма работать в пределах высокой интенсивности совместно с экономичностью пластического и энергетического метаболизма на клеточно-тканевом регуляторных уровнях деятельности моторных функций.

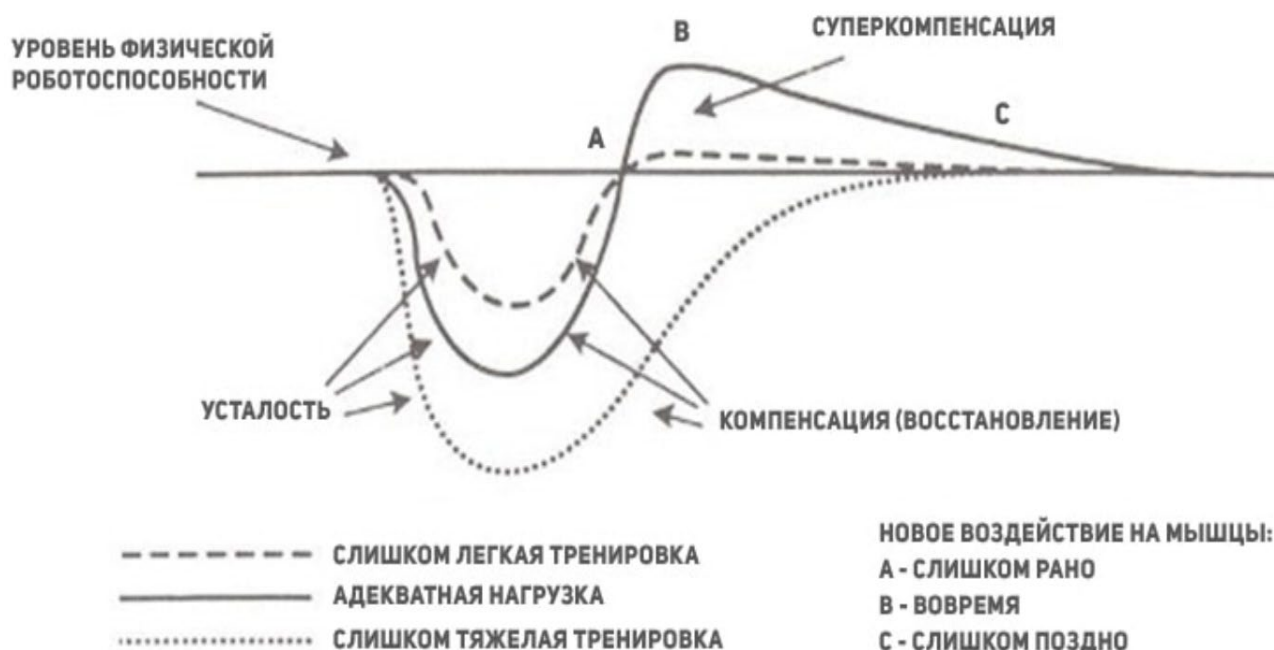


Рисунок 35 – Принцип «золотой середины» феномена избыточной компенсации (И.П. Павлов, 1890 г.)

Структурные резервы – особенности строения отдельных элементов организма (клеток, тканей, органов и систем органов), проявляющиеся в развитии и прочности мышечной и костной ткани, в особенностях строения миофибрилл и мышечных волокон, в прочности связочного и подвижности суставного аппарата, в характере васкуляризации скелетных и сердечной мышц, в развитии межнейронных связей и т. д., которые, в свою очередь, оказывают существенное влияние на функциональные возможности организма.

Фазный (этапный) механизм включения адаптационного процесса к избранным (физическим) нагрузкам позволяет ограничить три восстановительных эффекта их действия в ответ на реализуемую механическую работу:

– **срочный (адекватный)** – функциональные сдвиги, осуществляются напрямую на протяжении 1-2 часов после перенесенной нагрузки (теста);

– **отставленный (пролонгированный)** – регистрируется от 3 часок до суток (24 часа), т. е. на длительных (поздних) стадиях периода восстановления;

– **кумулятивный (накопленный)** – формируется в результате синтеза срочных и отставленных эффектов, на базе экономичного и результативного исполнения долговременной (хронической) адаптации, что отражается в целенаправленных сдвигах моторно-висцеральных систем регуляции, модернизации анаэробно-аэробного метаболизма, потенцировании

синтетической активности белков, увеличению физической работоспособности и реализацией целостности достигнутых локомоций.

10. Физиологическая характеристика тренированности организма

10.1. Физиологический механизм развития состояния тренированности

Спортивная физиология исследует функциональные механизмы увеличения физической и технической подготовленности, лимитирующие уровень специальной работоспособности атлета, иначе говоря, его тренированность (И.Н. Солопов, Н.Н. Сентябрев, Волгоград, 2009).

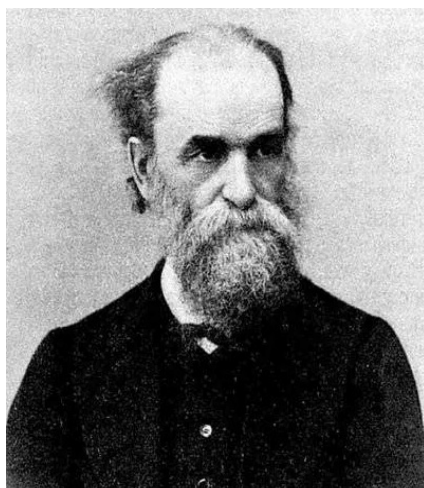


Николай Николаевич Сентябрев (род. в 1949 году) – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры медико-биологических дисциплин «ВГАФК», автор учебника «Анатомия и физиология человека», «Атлас анатомии и физиологии человека» (соавт.), Волгоград, Россия

Тренированность – это не постоянное, а изменяемое в значительной степени и связанное со многими другими параметрами качество. Изменчивость состояния тренированности связано с направленностью и интенсивностью тренировочных занятий, а также с рядом индивидуальных особенностей спортсмена.

Тренированность является довольно сложно определяемым качеством с точки зрения физиологии. В процессе занятий спортом происходят многочисленные изменения в организме самой разной направленности, причем в зависимости от вида спорта, квалификации спортсмена, этапа его подготовки, степень и направленность изменений может быть различной.

Морфологические и функциональные индикаторы состояния различных систем целостного организма, происходящие при спортивной деятельности, обозначаются как физиологические критерии тренированности. Основоположником учения о морфофункциональных перестройках в организме под воздействием физических упражнений был П.Ф. Лесгафт (1837-1909).



Петр Францевич Лесгафт (1837-1909) – основоположник научной системы физического образования и врачебно-педагогического контроля в физической культуре

Воздействия, производимые тренировочным процессом, оставляют свои следы, так или иначе изменяющие ход обменных процессов в организме (адаптивные изменения, обусловленные возникновением «системного структурного следа»). Эти изменения могут затрагивать и наследственный аппарат клетки, изменяя его активность и направленность процессов белкового синтеза, строения структуры клетки.

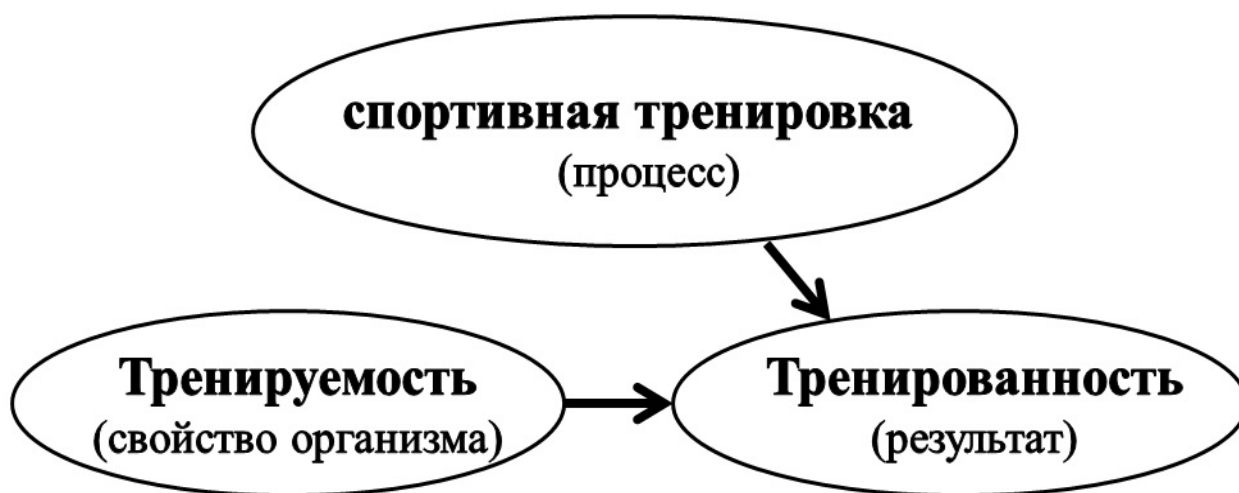


Рисунок 36 – Взаимосвязь физиологических понятий «спортивная тренировка», «тренируемость» и «тренированность» (Т.В. Балабохина, 2023)

Происходят существенные изменения внутренней среды организма, которые вызывают компенсаторные сдвиги, приводящие к суперкомпенсации, к перестройкам работы органов и т. д. в процессе развития тренированности происходят изменения, как на периферии, так и в ЦНС. Периферические изменения с большей или меньшей степенью специфичности связаны с видом

спортивной деятельности или с ее направленностью (развитие скоростных, силовых, координационных качеств).

Особо следует отметить связь происходящих изменений в гормональной системе, весьма велика в этом роль гормонов надпочечников и половых гормонов. Естественно, что неизбежна связь гормональной системы и ЦНС. Таким образом, процесс роста тренированности обязательно связан с ЦНС, с ее трофическими влияниями, регуляторной деятельностью вегетативных систем, управлением деятельностью всей функциональной системы достижения спортивного результата.

10.2. Физиологические показатели тренированности в покое и при мышечной работе (стандартного и предельного характера)

Также непросто, как и понятие тренированности, определяется и вопрос о ее ведущих индикаторах. Собственно, строго говоря, единственным количественным показателем тренированности может быть лишь спортивный результат. Но в таком случае мы сталкиваемся с невозможностью коррекции тренировочного процесса, с определением его стратегии и тактики и с целым рядом других затруднений. Именно поэтому мы должны, каким-либо образом, с большей или меньшей степенью приближения судить о тренированности спортсмена, причем желательно по каким-либо объективным критериям.

Необходимо рассматривать вопрос о возможности суждений о степени тренированности по физиологическим показателям. Определять их можно в разных условиях – в покое и при различных физических нагрузках.

Наиболее просто решается вопрос о показателях, определяемых **в состоянии покоя**. Положительной стороной такого определения является максимальная возможность для регистрации практически любого показателя. Но следует сразу оговорить то, что для большей их части в покое возможны или небольшие изменения, или они отсутствуют вообще. При достижении определенного уровня, далее целый ряд физиологических показателей практически вообще не меняется, имеются лишь небольшие их колебания.

Считают, что определение уровня тренированности по показателям, определенным в покое, может проводиться лишь до определенного уровня (II - I разряд) и в определенных видах деятельности. После достижения такой тренированности, например, в видах на выносливость, своего предела достигают величины ЧСС, показатели внешнего дыхания и т. д. Такие определения показателей тренированности часто применяют при массовых обследованиях, при определении возрастных, связанных с полом, видов спорта и др.

Тем не менее, эти показатели, достигнувшие пределов своего совершенствования, подвержены определенным изменениям. Очень часто, при длительном ведении дневников по самым незначительным колебаниям, например, ЧСС, спортсмены могут индивидуально определять направление

изменений своей формы. Польза от таких наблюдений несомненна, но также очевидна и их ограниченность.

Показатели тренированности в состоянии покоя подразделяются **на три большие группы**: изменения в ЦНС, в опорно-двигательном аппарате, изменении функций дыхания и кровообращения.

Изменения в ЦНС: повышение возбудимости и лабильности нервно-мышечного аппарата; образуется специфическая связь рабочих доминант (нервных центров); сокращение скрытой (латентной) стадии моторной реакции; повышение лабильности рефлекторных процессов.

Изменения в ОДА: в результате тренировок наблюдаются существенные морфофункциональные сдвиги в реализации двигательных функций: повышается объем и масса сократительных элементов мышц; совершенствуются иннервационные механизмы; увеличивается концентрация саркоплазматических белков и содержание миоглобина.

Изменения функций дыхания и кровообращения: при тренировке отражаются в изменении легочных объемов и емкостей: увеличении ЖЕЛ, повышении эффективности МВЛ, снижении частоты дыхания,

Систематические физические нагрузки характеризуются усилением гематологических и биохимических реакций в миокарде, а также вовлеченных в активную работу сосудах: повышением объемных размеров мышечных волокон и внутренней полости сердца, благодаря миофибриллярной гипертрофии, эффектов растяжения (дилатации), урежении ЧСС (брадикардия), повышении СОК и значений кислородного пульса.

В связи с этим, экономичность считается базовым маркером всех физиологических сдвигов, происходящих в организме атлета на фоновом уровне деятельности, образующиеся при этом структурные перестройки направлены на достижение оптимальной работоспособности. Вот почему для физиологической интерпретации влияния физических нагрузок на организм требуется анализировать динамику вегетативных изменений, не только условного покоя, но и в течении активной работы различной мощности.

Следующий критерий тренировочных воздействий – расчет физиологических параметров **при физических нагрузках**. Прежде всего, требуется учитывать сам характер нагрузки – степень ее адекватности, величину (абсолютную и относительную) и ряд других проблем. В связи с этим применяют нагрузки стандартные (все их условия – длительность, мощность, характер и др. жестко определены заранее для любого контингента; как правило, это нагрузки выполнимые любым здоровым человеком) и предельные (максимальные для данного спортсмена, с обязательным учетом развиваемой абсолютной и относительной мощности). Для таких нагрузок также важно, насколько они близки по структуре движения к основной деятельности спортсмена.

При выполнении **стандартных (дозированных) нагрузок**, как правило, выявляются направленность и уровень экономизации функций. При высокой

степени тренированности организм спортсмена функционирует на нагрузку в большей степени мобилизацией мощностных характеристик (ростом МОК за счет СОК, МОД – за счет глубины дыхания). В то время как нетренированный человек – более или менее полным развертыванием функций (минутный объем крови в большей степени за счет ЧСС при относительно малом увеличении систолического выброса, минутный объем дыхания – в первую очередь за счет частоты и в меньшей степени за счет глубины дыхания и т. д.).

Для установления степени тренированности в условиях выполнения одинаковой (стандартной, дозированной) работы пользуются проведением функциональных проб. Такая работа имеет заранее определенную длительность и мощность и заведомо меньше предельных возможностей человека. Наиболее распространенными являются пробы с применением дозированных по интенсивности и длительности нагрузок в форме прыжков, бега, приседаний.



Рисунок 37 – Реакция организма спортсменов различной квалификации на стандартную нагрузку: 1 – спортсмены II разряда, 2 – I разряда, 3 – мастера спорта

К адекватным тестам относится, в частности, комбинированная проба (двадцать приседаний, пятнадцатисекундный бег на месте с предельной мощностью и бег в течение трех минут с частотой 180 шагов за 60 секунд), С.П. Летунова (1951).

При выполнении дозированной работы у тренированных спортсменов происходит:

– быстрое развертывание функций и мобилизация их в периоде вработывания;

- при работе сдвиги всех функций значительно ниже, чем у нетренированного;
- восстановительные процессы заканчиваются быстрее.



Серафим Петрович Летунов (1904-1975) – основоположник отечественной спортивной медицины. Автор книги «Врачебный контроль в физическом воспитании» (1951)

При выполнении **предельных** нагрузок тренированный организм отвечает развертыванием физиологических показателей в большей степени, чем нетренированный, при существенно большей степени мощности (абсолютной и в особенности относительной в мл/мин/кг).

Основным показателем является МПК, уровень которого зависит от:

- минутного объема крови (до 40 литров);
- кислородной емкости крови (до 23-24 об% - содержание Нв x 1,36 мл O₂);
- развития респираторной системы (от МОД);
- диффузной способности альвеол легких;
- размеров сосудистого русла легочного газообмена и работающих мышц;
- быстроты диссоциации оксигемоглобина крови (имеет значение температура органа);
- количества работающих мышц и мощности их работы.

Кратная реализация стереотипного характера избранных физических упражнений при их тренировке приводит к образованию **трех главных эффектов** положительного воздействия:

- максимального потенцирования адаптивных возможностей целостного организма и его функциональных систем, направленных на практическое исполнение тренируемого действия;
- экономической сбалансированности работы моторно-висцеральных функций, когда на выполнение одинаковой работы у более тренированных спортсменов наблюдается меньшие сдвиги вегетативных функций;

– гомеостатической стабильности – устойчивость деятельности систем организма спортсмена и вырабатывает способность «терпеть» во время тяжелых нагрузок.



Яков Михайлович Коц (1931-2014) – доктор медицинских наук, профессор.

Один из крупнейших в мире специалистов по мышечному утомлению, ученик В.С. Фарфеля. Он стоял у истоков научного направления, сформированного в недрах российской физиологии – управления движениями или моторного контроля.

Принято дифференцировать четыре вариации тренируемости (Я.М. Коц, 1986):

- высокая (предельная) тренируемость (наибольшие и стремительно прогрессирующие тренировочные эффекты);
- высокая (замедленная) тренируемость (значительные, но равномерно накапливающиеся эффекты тренировки);
- небольшая (срочная) тренируемость (низкие, но мгновенно возрастающие тренировочные эффекты);
- пороговая (сниженная) тренируемость (маленькие и медленно потенцирующие тренировочные эффекты).

Исходя из этого, распределения следует, что атлеты с высокой и низкой степенью тренируемости отличаются не только по объему (уровню) работоспособности, но и амплитуде сдвигов всех общепринятых расчетных параметров, в том числе и времени наступления оптимальных спортивных результатов.

10.3. Механизм и причины возникновения, формы проявления и способы предупреждения состояния перетренированности

В процессе тренировочной и соревновательной деятельности организм спортсмена неизбежно и постоянно испытывает утомление – как физическое,

так и нервно-психическое. При ошибках в построении тренировочного процесса самого разного характера (отсутствие равномерности в повышении интенсивности и объема тренировок, неадекватность нагрузок функциональному состоянию, недостаточность или неэффективность отдыха) утомление может суммироваться, после чего начинается прогрессирующее развитие **переутомления**. Происходит падение специальной и общей работоспособности. Это состояние отлично от перенапряжения, возникающего, как правило, после однократной высокоинтенсивной нагрузки. Оно затрагивает как мышечный аппарат (повышение мышечного тонуса покоя и снижение его при напряжении, в ряде случаев резкое падение мышечного тонуса покоя), так и ЦНС. При этом может нарушаться регуляция вегетативных функций.

Развивается нарушение сна, аппетита, снижается активность, повышается раздражительность, развивается вялость и т. д. Чаще всего первоначальные изменения в состоянии организма, связанные с перетренированностью, определяются изменениями со стороны ЦНС. Далее при отсутствии специальных реабилитационных мероприятий начинаются функциональные изменения ССС, дыхательной систем, происходит резкое падение спортивной работоспособности. Уменьшается активность иммунных процессов, число лейкоцитов, ухудшается ход обменных процессов (окислительное фосфорилирование, ресинтез АТФ), снижается содержание гликогена и т. д. Конкретные направления функциональных изменений связаны с индивидуальными особенностями организма, они определяются высокой или низкой устойчивостью определенных систем организма к стресс воздействиям.

Переутомление – это хроническое утомление, которое возникает при длительном отсутствии отдыха у человека или после долгой и напряженной работы. **Физиологическая основа переутомления** – сбой функций больших полушарий головного мозга, что выражается в расстройстве двигательных и вегетативных рефлексов и их координации.

План оперативной диагностики способствует выделению четырех эталонных признаков, каждый из которых будет отражаться уменьшением спортивной эффективности работы различной мощности:

– **острое (мгновенное) переутомление** – физиологическая особенность организма с краткосрочным в пределах от двух дней до недели уменьшением общей работоспособности в ответ на надпороговые (тренировочные) стимулы, с расширением потенциала резервов суперкомпенсации моторных функций.

– **функциональное (внутренне компенсируемое) переутомление (FOR – Functional Overreaching)** – текущее (пограничное) состояние с чрезмерными физическими нагрузками уменьшением тотальной производительности сроком до двух-трех недель, с гипотетическим мало вероятностным формированием способности к сверхвосстановлению, рекомендованы мероприятия профилактической направленности для устранения потенциального развития патологических соматовегетативных нарушений.

Таблица 5 – Степени переутомления по К.К. Платонову (1964)

Симптомы	I степень (начинающе- еся переутом- ление)	II степень (легкое переутом- ление)	III степень (выраженное переутом- ление)	IV степень (тяжелое переутом- ление)
Снижение работоспособности	Малое	Заметное	Выраженное	Резкое
Появление сильной усталости	При усиленной нагрузке	При обычной нагрузке	При облегченной нагрузке	Без всякой нагрузки
Компенсация снижения работоспособности волевым усилием	Не требуется	Полностью компенсируется	Не полностью	Незначительно
Эмоциональные сдвиги	Временами снижение интереса к работе	Временами неустойчивость настроения	Раздражительность	Угнетение, раздражительность
Расстройства	Трудно засыпать и просыпаться		Сонливость днем	Бессонница

– **нефункциональное (невосполнимое в энергетическом плане) переутомление** (NFOR – Non-functional Overreaching) – патологическая реальность с физиологически обусловленным уменьшением как тотальной, так и анаэробно-аэробной подготовленности в долгосрочном периоде от четырех-восьми недель, в исключительных случаях до трех-четырех месяцев. Реальный прогноз для возвращения прежних физических кондиций и спортивной результативности весьма позитивный, но лишь при неукоснительном соблюдении плана адекватной и правомерной коррекции моторно-висцеральной функции.

– **синдром (системный феномен) перетренированности** (OTS – Overtraining Syndrome) – наличие явного патологического процесса с длительным (от полугода до 2-3 лет) акцентированным регрессом специальной работоспособности, в сочетании с неблагоприятными перспективами функционального мониторинга, чрезвычайно низкой возможностью возвращения к прежнему уровню спортивной формы, даже при выполнении обязательств форсированной коррекции.

В первую очередь **профилактика перетренированности** заключается в постоянном контроле за функциональным состоянием спортсмена как по его субъективным ощущениям, (сон, аппетит, желание тренироваться, активность и т. д.), так и по объективным показателям (ССС, дыхание, белковый обмен и т.д.). Кроме этого, естественно, профилактика связана с правильным режимом работы и отдыха, использованием всего комплекса восстановительных процедур (активный отдых, сауна и т. д.). При возникновении состояния перетренированности тренер должен консультироваться с врачом, необходимо снижение нагрузки (объема и интенсивности), создание положительного эмоционального фона или же временно прекратить тренировки.

11. Физиологические основы спортивной тренировки

11.1. Физиологическая характеристика тренировки

Происхождение слова «тренировка» исходит от английского термина «training», обозначавшее упражнение. На протяжении длительного периода в это понятие вкладывали и спортивную тренировку – кратную реализацию избранного двигательного действия с целью завоевания оптимального результата. Впоследствии тематический смысл данного определения углубился и в настоящее время интерпретируется как планируемый (строго специализированный) педагогический процесс, содержащий обучение атлета технике движений и тактике поведения, ориентированный на расширение диапазона тотальной и специальной работоспособности, стимулирующий максимальные результаты в выбранном виде спорта.

В физиологической интерпретации спортивная тренировка означает многолетний (лонгитюдный) адаптационный процесс приспособления организма атлета к главным требованиям, которые ему лимитирует избранный вид поведенческой деятельности (С.И. Картышева, 2012).

Основной целью спортивной тренировки считается подготовка к важнейшим соревнованиям, сконцентрированная на достижении оптимально реализуемого для данного атлета результата, за счет системного уровня физической подготовленности и специфики состязательной программы.

В плане спортивной тренировки решаются соответствующие базовые задачи:

- моторное освоение техники и выбора тактики избранной спортивной деятельности;
- расширение потенциала двигательных способностей и мобилизационных резервов регуляции функциональных систем организма, сопровождающих эффективное выполнение соревновательной комбинации действий для достижения намеченных результатов;
- воспитание требуемых волевых, моральных и нравственных качеств;
- достижение порогового уровня психической подготовленности;
- получение теоретического фундамента знаний и опыта их практической

реализации, необходимых для эффективной тренировочной и соревновательной борьбы.

Под функциональным воздействием спортивной тренировки происходят существенные морфофункциональные изменения в различные периоды: до работы, вовремя ее и после, в восстановительном периоде.

Под влиянием спортивной тренировки укорачивается период вхождения в работу (период вработывания), улучшается координация функций, в меньшей мере проявляется гетерохронность, т.е. расхождение во времени начала повышенного функционирования различных функций. Все это свидетельствует, что у тренированных спортсменов меньше возможности для наступления «мертвой точки», т.е. временного ухудшения работоспособности во время соревнований.

В исследованиях показано, что у новичков в спорте, у нетренированных спортсменов даже медленное начало работы сопровождается дискоординацией, расхождением в работе функций, а у высокотренированных и быстрое включение в работу, предъявляющее более высокие требования к организму, не влечет иногда выраженного нарушения в согласованной деятельности различных систем организма.

В период работы у тренированных спортсменов устойчивое состояние функций наступает быстрее и длительнее поддерживается работа их на высоком уровне, а, значит, утомление наступает позже. Согласно последним данным (Ю.В. Корягина, 2014; Л.В. Капилевич, 2016; С.С. Артемьева, 2023), утомление объясняется не наступлением торможения в соответствующих нервных центрах, а ухудшением взаимодействия процессов возбуждения и торможения. Под влиянием тренировки укорачивается период восстановления, и в меньшей степени выражена гетерохронность (неодновременность) восстановления различных функций организма.

11.2. Анализ величины тренировочной нагрузки

В настоящее время рост мировых спортивных достижений заставляет искать новые пути совершенствования спортивного мастерства. Одним из таких путей является увеличение тренировочных нагрузок.

Величину тренировочной нагрузки можно изменять различными методами, а именно:

– **изменением продолжительности упражнений.** Так, в ходе тренировки спортсмену предлагается пробежать какую-то тренировочную дистанцию за более короткий срок, т. е. с большей скоростью. Например, 400 метров за 60 секунд, или 800 – за 2 минуты. К примеру, атлет специализируется в беге на 400 метров. При пробегании им этой дистанции за 60 секунд, он получит одну нагрузку, а если предложить ему преодолеть дистанцию в 800 м за 2 минуты, то величина нагрузки будет другой.

– **изменением интенсивности упражнения.** Чем выше темп работы, тем больше воздействие на организм. Поэтому величина нагрузки изменится

в зависимости от того, какой скоростью пройдена дистанция: 400 м за 60 сек или за 55 сек.

– **увеличение числа повторений.** Сравните нагрузку при повторении пробежек на 400 м 5 раз и 15 раз. Конечно, во 2-й случае величина нагрузки и воздействие на организм значительно возрастает.

– **изменением интервала отдыха и характера отдыха.** Так, отдых между повторениями попыток можно дать в 8 минут, например, а можно его сократить до 5 минут. Или пассивный отдых заменить отдыхом с активной деятельностью – активным отдыхом.

Комбинируя по-разному эти приемы управления тренировочными нагрузками можно достигать различного тренировочного эффекта. И совсем, оказывается, не безразлично как, в каких сочетаниях комбинировать эти компоненты управления тренировочными нагрузками. Очень важно понять к чему приведет изменение величины нагрузки тем или другим путем.

При изменении интенсивности упражнений изменится влияние на характер энергообеспечения работы мышц. Так, выполнение упражнения с меньшей интенсивностью совершенствует аэробную производительность организма, а если упражнение будет выполняться с интенсивностью, близкой к максимальной, то такой вид работы будет развивать преимущественно анаэробные возможности окисления богатых энергией химических веществ. Это и понятно, ведь такая работа происходит в условиях недостатка кислорода, когда создается значительный по величине кислородный долг. В этих условиях организм больше приспосабливается к работе в режиме кислородного дефицита.

Напротив, снижение интенсивности работы (чего можно достичь уменьшением скорости) будет способствовать развитию и совершенствованию аэробных возможностей организма. Уменьшением скорости упражнения до 70 % от предельного доступного для данного атлета темпа, мы уже решаем задачу повышения аэробных возможностей организма.

Точно так же, изменяя продолжительность выполнения, мы можем способствовать развитию тех или других возможностей организма. Непродолжительное (до 1 минуты) выполнение упражнения в высоком темпе ведет к совершенствованию анаэробных возможностей. Длительное же выполнение упражнений (от 1,5 минут и больше) дает эффект увеличения способности организма длительно выполнять работу в условиях достаточного снабжения организма кислородом.

Изменением количества повторений и промежутков отдыха между собой также достигается различный эффект. При небольшом числе повторений упражнений, выполняемых в предельном темпе и с небольшими интервалами, развиваются анаэробные возможности организма. В настоящее время в тренировках, в беге на 400 м применяют пробегание этой дистанции с сокращением интервалов отдыха между забегами. Например, после 1-й попытки отдых дается в 5-6 минут, после 2-й – в 4-5 минут, после 3-й –

в 2-3 минуты и т. д. При таком режиме работы образуется наибольший кислородный долг, достигающий до 20 литров, что адаптирует организм к недостатку кислорода, развивает анаэробные возможности энергообеспечения. Напротив, увеличение числа повторений при достаточно продолжительном интервале между ними ведет к снижению интенсивности работы и поэтому развивает лишь аэробные возможности.

Если в ходе тренировки повторным методом всегда применяется пассивный отдых, то это приводит к росту аэробных возможностей; использование же переменного темпа тренировки, когда выполнение упражнения с высокой интенсивностью сменяется снижением темпа движения, совершенствует анаэробную производительность. В этом случае выполнение упражнения в невысоком темпе можно рассматривать как активный отдых. Все сказанное имеет отношение не только к циклическим видам спорта, но и к гимнастике, фехтованию, спортивным играм и т. д.

Физиологическая характеристика величины тренировочной нагрузки:

- пороговая тренировочная нагрузка – это наименьшая тренировочная нагрузка, способная вызвать рост тренированности;
 - подпороговая – не вызывает роста тренированности;
 - оптимальная – вызывает наибольший рост тренированности.
- Количественной мерой оптимальности тренировочной нагрузки могут служить темпы прироста тренируемых функций;
- истощающая – превышает оптимальную и вызывает истощение резервов организма. Тренированность растет незначительно или не растет вообще.

Педагогическая классификация тренировочной нагрузки:

- маленькая – вызывает незначительные сдвиги в организме, гомеостаз не нарушается, восстановление длится несколько часов;
- средняя – вызывает значительные изменения в организме (ЧСС, СОК, МОК, МОД и т. д.), гомеостаз нарушается по 1 или 2 показателям, восстановление длится до суток;
- большая – наблюдаются выраженные изменения в организме, стойкое нарушение гомеостаза (рН, H₂O-солевой баланс, снижение глюкозы в крови);
- чрезмерная – изменения настолько велики, что восстановительный период затягивается до недели и более.

11.3. Физиологическое обоснование принципов спортивной тренировки

Не всегда максимальная нагрузка бывает оптимальной, т. е. той, которая дает наилучший эффект в перестройке организма, приводящий к росту спортивных результатов. Оптимальная нагрузка зависит от квалификации спортсмена. То, что для нетренированного человека является оптимальной, для высокотренированного спортсмена будет недостаточной, малой.

Оптimum нагрузки изменяется в зависимости от следовых изменений

работоспособности. Так, если спортсмен еще не восстановился после предшествующего тренировочного занятия, то оптимальной нагрузкой для него будет несколько меньшая, более низкая по интенсивности нагрузка, по сравнению с прошедшим ранее занятием.

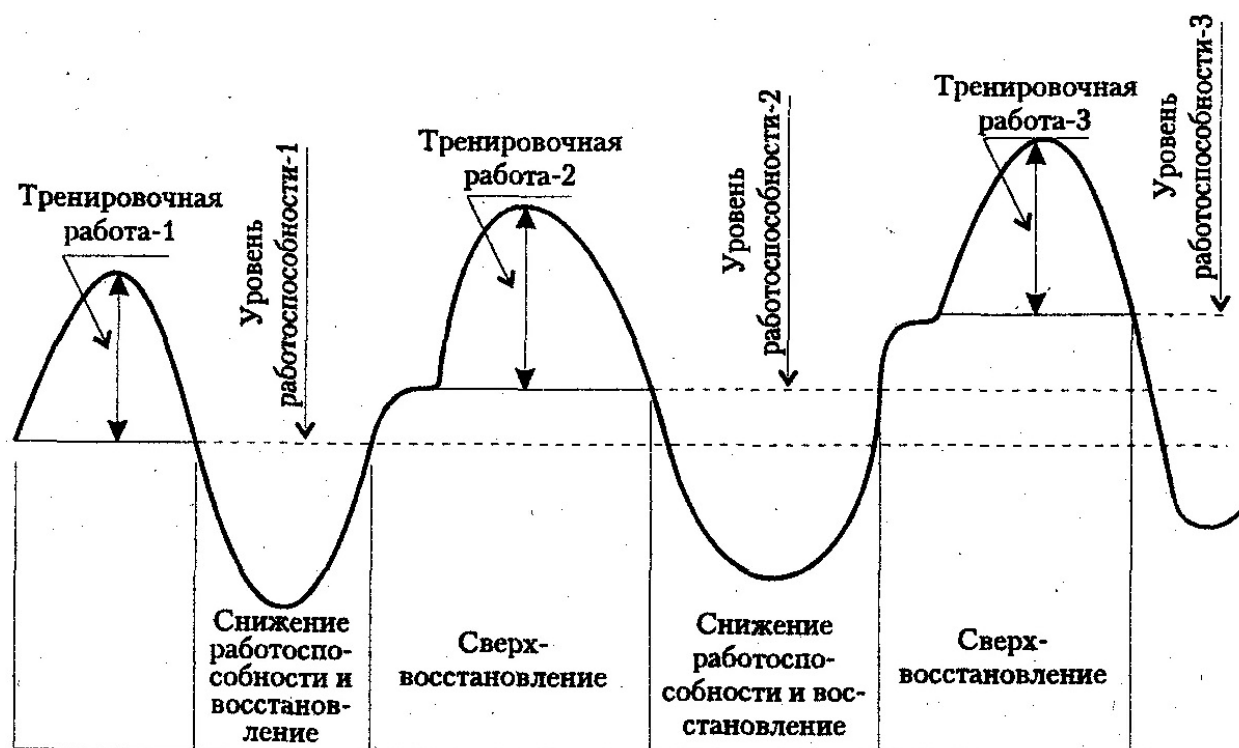


Рисунок 38 – Изменения уровня работоспособности под влиянием повторных физических нагрузок в тренировочном цикле (Н.Г. Озолин, 1995)

Выполнение того же объема работы, но на фоне не довосстановления может привести к перенапряжению и к снижению спортивной работоспособности.

Рядом с вопросом об оптимальной нагрузке стоит вопрос об оптимальном отдыхе. Сколь длительным он должен быть, какого характера (то ли лежать, то ли использовать активный отдых), с применением или без применения фармакологических средств, ускоряющих восстановление?

1. На эти вопросы надо отвечать, ибо решение их дает обоснование одному из принципов тренировки – **повторности**. Согласно научным данным, при выборе диапазонов отдыха между подготовительными занятиями надо исходить из характера следовых изменений работоспособности.

Предлагают следующие три варианта:

- повторную работу начинать, когда следы от первой нагрузки полностью потухнут, т.е. на фоне полного восстановления;
- в фазе пониженной работоспособности;
- в фазе сверхвосстановления.

Другие исследователи предлагают иную схему, которая позволяет чередовать применение нагрузок в равные фазы последствия, а именно

в недельном цикле делать два раза по три тренировочных дня, а между ними день отдыха. Причем, интенсивность и объем тренировочной нагрузки в каждом из дней разная.

2. Вторым принципом тренировки является принцип постепенности. Известно, что формирование сложных систем условных рефлексов, систем временных связей, образование новых динамических стереотипов возможно лишь при постепенном увеличении силы применяемых раздражителей, при постепенном усложнении дифференцировок (от грубых к тонким), при постепенном усложнении требований к подвижности нервных процессов. Попытка формирования сразу, «с ходу» сложных систем приводит к нарушению связей или даже к срыву высшей нервной деятельности. В процессе спортивной тренировки надо постепенно увеличивать нагрузку путем увеличения интенсивности, длительности упражнений, изменением числа попыток и уменьшением интервалов отдыха, а также заполняя период отдыха другой работой.

При форсировании увеличения нагрузки может наблюдаться сначала перенапряжение, а затем и перетренировка, которая рассматривается как срыв высшей нервной деятельности. Принцип постепенности надо учитывать всегда и в процессе одного тренировочного занятия, при обучении одному двигательному навыку, а также в недельном, месячном, годичном и в многолетнем тренировочном цикле.

3. Принцип разносторонности. Физиологическое учение о высшей нервной деятельности свидетельствует о том, что формирование новых временных связей, новых динамических стереотипов происходит успешно при достаточной пластичности нервной системы. Пластичность же нервной системы повышается под влиянием освоения различных по сложности условных рефлексов и их систем – динамических стереотипов. Чем разнообразнее и богаче предшествующий набор условных рефлексов, тем при одинаковых (внешних) условиях выше пластичность нервной системы, а, следовательно, и способность к освоению новых движений.

При рассмотрении разносторонности мы говорим не только о богатстве двигательных связей, но и связей с вегетативными органами, обеспечивающими мышечную деятельность. Так, в лыжных гонках необходима не только техника передвижения, но и энергетическое обеспечение деятельности двигательного аппарата, координирование деятельности двигательных и вегетативных функций.

Спортивные игры способствуют выработке пластичности вегетативных функций, т. е. скорости переключения их деятельности с одного уровня активности на другой. Поэтому, когда в тренировке ставится задача повышения пластичности нервной системы, то всегда прибегают к этим видам деятельности (единоборства / спортивные игры / лыжные гонки).

Разносторонняя подготовка вегетативных функций и двигательной системы обеспечивает условия и для узконаправленной, специальной

тренировки в одном каком-то виде спорта. Особенно важен принцип разносторонности для юных спортсменов.

4. Принцип индивидуализации. Этот принцип определяет собой необходимость индивидуального подхода к занимающимся в процессе изучения новых движений. При осуществлении этого принципа руководствуются следующим:

- учет морфологической структуры тела спортсмена;
- учет функциональных возможностей организма данного человека;
- степень развития двигательных качеств;
- учет типологических особенностей спортсмена;
- спортивный отбор, ориентация.

Морфологические структуры. Это значит, что прежде, чем предлагать тому или иному спортсмену выполнение упражнения, надо определить может ли это упражнение быть выполнено по особенностям строения его тела. Например, успешнее в баскетболе овладеет броском по корзине спортсмен высокого роста, нежели маленький.

Известно, что во многом дети повторяют своих родителей. Если родители высокого роста, то, как правило, и ребенок тоже высокорослый (этим пользуются при отборе детей в балетные школы).

Известно также, что если ребенок в 10 лет очень высок для своих лет, то и в 20 лет он будет тоже высоким.

Функциональные особенности. Более успешно протекает процесс спортивного совершенствования в том случае, если человек выбрал спортивную специализацию в соответствии со своими функциональными возможностями. Например, лица, обладающие высокими показателями МПК, быстрее добивались результатов в плавании.

При учете двигательных качеств стремятся определить соответствие двигательных возможностей данного человека выполняемому упражнению. Например, лучшим спринтером станет тот, кто обладает большой скоростью, а тот, кто более вынослив скорее, справиться со стайерскими дистанциями и т. д.

Типологические особенности, определяются типом ВНД, в основе которого лежат уравновешенность, сила, подвижность нервных процессов. Тип высшей нервной деятельности проявится в отношении к тренировкам (активен, пассивен, ленив), в способности переносить эмоциональные нагрузки и т. д.

Принцип индивидуализации не всегда выдерживается в практике работы. Часто при отборе детей в ДЮСШ руководствуются только техническими показателями в данный момент и отсеивают детей со средними способностями. Однако факты говорят, что дети средних способностей часто в зрелом возрасте достигают высоких спортивных результатов.

5. Принцип рационального увеличения variability избранных нагрузок. Согласно его концепции, трактуются три базовых положения,

согласно которым четко обозначены специфические формы сдвигов суммарной (тотальной) физической нагрузки в ходе реализации задач физического воспитания.

5.1. Общее функциональное напряжение при выполнении тестируемых упражнений не должно выходить за пределы негативных последствий в отношении здоровья атлета, что обуславливает оперативный контроль за накопительным нагрузочным эффектом.

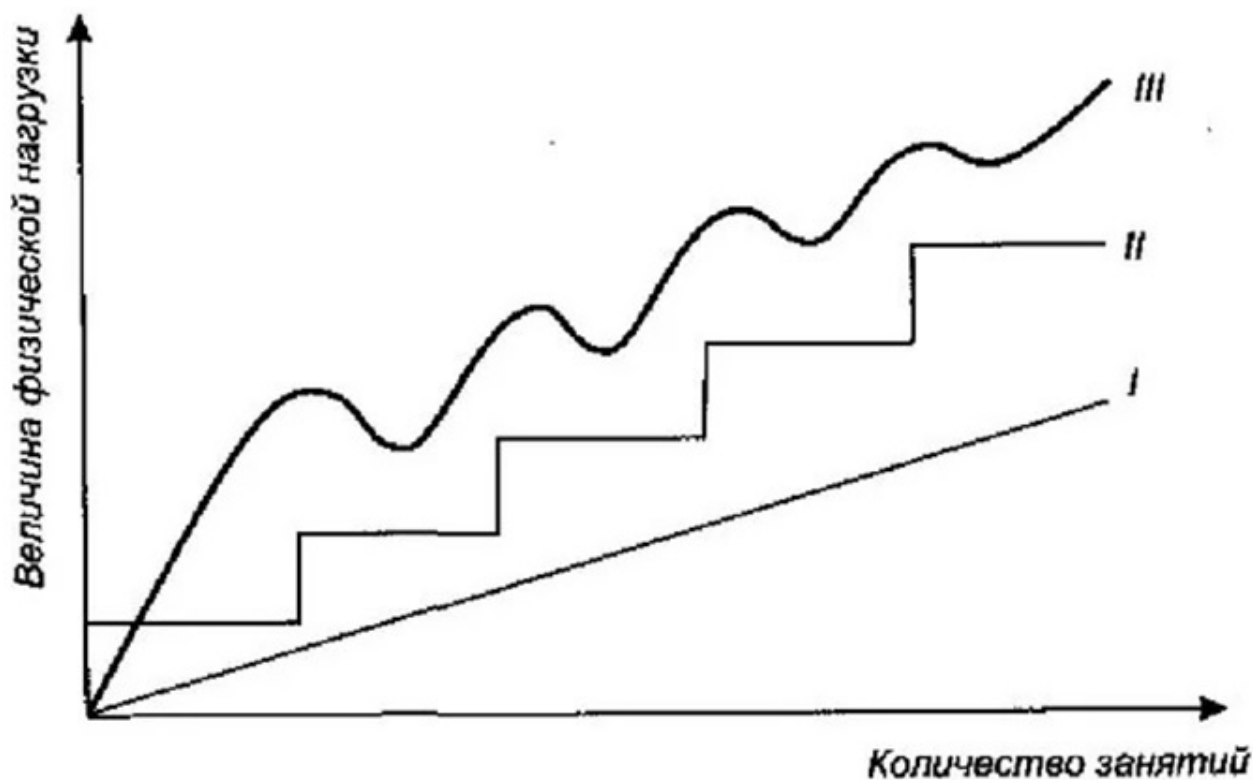


Рисунок 39 – Формы динамики суммарной нагрузки в физическом воспитании:
I – линейно восходящая; II – ступенчато восходящая; III – волнообразно восходящая

5.2. По степени формирования системного адаптационного процесса к избранному моторному действию, т.е. трансформации приспособительных сдвигов в фазу устойчивого положения требуется равномерное повышение параметров тотальной нагрузки. Чем выше предельный уровень функциональной готовности, тем интенсивнее должен быть рост индикаторов нагрузки.

5.3. Применение максимальных нагрузок в процессе спортивной подготовки нуждается в их вариации при решении частных ее задач, в частности, временном их уменьшении, сохранении, или краткосрочном их потенцировании.

Отмеченные постулаты создают перспективы применения следующих разновидностей изменения специфической нагрузки: ступенчато и волнообразно восходящую. В отдельных моментах возможно потенциальное

использование линейной ее вариации на сравнительно коротких по временным критериям зонах.

11.4. Физиологическая характеристика периодизации спортивной тренировки

Периодизация тренировочного процесса обусловлена фазовым характером развития тренированности и календарем соревнований. В тренировочном цикле условно выделяют три периода, каждый из которых имеет свою цель и соответствующее ему содержание.

Различают подготовительный, соревновательный и переходный период.

Подготовительный период делят на 2 этапа: **обще-подготовительный** и **специально-подготовительный**.

Цель обще-подготовительного этапа – общая физическая подготовка.

Делается акцент на развитие аэробных возможностей, усиление которых происходит, как правило, в течение 1,5-3 месяцев.

На **специально-подготовительном этапе** применяется широкий комплекс средств, укрепляющих опорно-двигательный аппарат, усиливающих функциональное состояние ведущих групп мышц, направленных на совершенствование спортивной техники.

Цель этапа – развитие специальных двигательных навыков и физических качеств, необходимых для достижения высоких результатов в ИВС.

Специально-подготовительный этап непосредственно предшествует периоду соревнований.

Особенности этого этапа:

1) сокращается объем средств ОФП и одновременно увеличивается удельный вес специальных упражнений. В результате формируется доминантная морфофункциональная система, которая ответственна за адаптацию в избранном виде спорта.

2) на этом этапе завершается работа над формированием специальных ДН. Увеличивается сложность и повышается скорость выполнения движений, увеличивается способность к экстраполяции, усиливаются возможности к переработке сенсорной информации. Совершенствование спортивной техники происходит одновременно с развитием соответствующих физических качеств.

Соревновательный период в среднем продолжается от 4 до 5 месяцев. В этот период реализуется состояние спортивной формы. Сложность развития адаптации в этот период заключается в том, что тренировки осуществляются на фоне участия в соревнованиях. Это усиливает требования к ведущим системам организма.

Цель этапа – сохранение и некоторое повышение уровня тренированности.

11.5. Физиологическое понимание спортивной формы

Спортивная форма – такое состояние спортсмена, которое позволяет ему в наивысшей мере проявлять свои силы и способности, добиваться максимальных для него спортивных результатов. Или это форма наилучшей готовности спортсмена к спортивной деятельности, которая приобретает в ходе соответствующей подготовки в каждом макроцикле тренировки, она представляет гармоничное развитие всех сторон подготовленности спортсмена.

Фазы развития спортивной формы:

- приобретение спортивной формы;
- сохранение спортивной формы;
- временная утрата спортивной формы.

Первая фаза (становление) формирование и улучшение предпосылок, на базе которых возникает спортивная форма, при непосредственном ее становлении, функциональной мобилизации организма, всестороннем развитии физических и волевых способностей, перестройке необходимых навыков и умений.

Вторая фаза (сохранение) характеризуется стабилизацией спортивной формы, как системы компонентов, обеспечивающих оптимальную готовность к спортивным достижениям. Коренные перестройки этих компонентов в данной фазе неосуществимы, поскольку бы означали утрату спортивной формы. Происходит дальнейшее совершенствование того, от чего непосредственно зависят спортивные достижения. Поэтому результаты растут, но в пределах, допускаемых возможностями сохранения спортивной формы.

Третья фаза (временной утраты) изменение направленности адаптационных процессов, переключением организма на реабилитационный (обще-восстановительный) уровень функционирования и угасанием связей, которые, стабилизировали ранее приобретенную форму.

Критерии спортивной формы:

- спортивный результат – главный критерий;
- стабильность результатов соревновательной деятельности;
- высокий уровень психологической устойчивости;
- результаты тестирования всех видов подготовки (технической, тактической, теоретической, физической);
- результаты врачебного контроля;
- сроки восстановления работоспособности спортсмена.

Спортивная форма характеризуется также особым психологическим фоном. В состоянии спортивной формы повышается роль сознательного контроля за эмоциональным состоянием. У спортсменов формируется «чувство воды» (у пловца), «чувство снега» (у лыжника).

В результате тренировки повышается взаимосвязь различных функций, их координация. В состоянии спортивной формы отмечается:

- повышение реактивности организма;

- повышение экономизации вегетативных функций;
- ускорение периода вработывания и восстановления;
- повышение способности организма к выполнению максимально возможного объема работы.



Рисунок 40 – Структура состояния спортивной формы
(А.П. Бондарчук, 2007)

Спортивная форма состояние временное. Для ее достижения требуется длительное время – от 3 до 5 месяцев.

Вхождение в спортивную форму не должно носить скачкообразного характера, а должно быть постепенным. Форсирование процесса вхождения в спортивную форму отрицательно сказывается на ее продолжительности.

Ежегодно необходимо «выходить» из спортивной формы, что обеспечивается переходным периодом тренировки.

Продолжительность поддержания спортивной формы составляет 2,5-3 месяца. Более длительное сохранение спортивной формы нежелательно, т.к. все равно вследствие постепенного понижения работоспособности нервных клеток понизится и общая работоспособность организма.

Однако при планировании годичного цикла тренировки можно предусмотреть некоторое увеличение длительности периода поддержания спортивной формы. В практике спорта применяют планирование по методу 2-х кульминаций, т.е. предусматривают двухразовое в течение года вхождение в форму. У легкоатлетов, например, это июнь-июль и сентябрь, когда

достигаются не один, а два пика спортивной формы.

Существуют различные мнения по поводу величин тренировочных нагрузок в период спортивной формы. Одни говорят, что для поддержания спортивной формы достаточны и небольшие нагрузки, другие ратуют за еще более жесткий режим тренировок, чем в подготовительном периоде.

Физиологи считают, что наиболее правы последние, ибо уменьшение нагрузок приведет к уменьшению и ответных реакций организма, в частности снизится активность нервной системы, а это приведет к снижению общего функционального состояния. Снижение же функционального состояния организма приведет к снижению спортивных результатов.

Особенно важна правильная организация периода непосредственно перед соревнованиями. В этот момент рекомендуют уменьшить нагрузки за счет уменьшения объема выполненной работы при сохранении ее интенсивности.

Правильное чередование тренировочных занятий с большими нагрузками с днями тренировок с низкими и средними величинами нагрузок очень важно в любом периоде тренировки, но особую важность этот вопрос приобретает в период поддержания спортивной формы. В этот период очень важно переключение с больших нагрузок на более низкие, применение так называемого волнообразного изменения величин нагрузок.

Различают 3 категории волн нагрузок:

- мелкие волны, характеризующие динамику нагрузок в недельном цикле (до 7 дней);
- средние волны (отражают динамику нагрузок в течение 3-6 недель);
- большие волны, отражающие динамику нагрузок в течение нескольких месяцев.

Правильное чередование работы и отдыха, правильное планирование спортивной тренировки обеспечит управление спортивной формой.

11.6. Физиологическое обоснование методов тренировки

Существует ряд основных методов тренировки: равномерный, переменный, повторный и интервальный (промежуточный).

Равномерный метод лимитируется тем, что специфическое упражнение реализуют безостановочно с сравнительно закрепленной интенсивностью.

Мощность выполненного движения считается относительно постоянной если ее колебательные сдвиги не преобладают 3 % от выборочной средней величины.

Традиционно принято ограничивать две модификации этого метода:

- длительной (продолжительной) равномерной тренировки;
- кратковременной (мгновенной, срочной) равномерной тренировки.

Первый способ обеспечивается выполнением мышечной работы малой интенсивности в течение длительного периода времени (от 15 минут до 1,5 часов) при доминировании аэробных энергетических механизмов и наличием устойчивого состояния по кислороду. ЧСС находится в пределах

130-180 уд/мин. Данный вариант способствует расширению мобилизационного резерва аэробного компонента специальной выносливости.

При выборе второго способа избранная нагрузка приобретает сравнительно интенсивный характер, при сокращении её продолжительности во времени. Двигательные локомоции осуществляются преимущественно в аэробно-анаэробном (смешанном) режиме энергопотребления. Этот вариант избирается с целью развития чувства ритма и темпа движения, при развитии алактатно-гликолитического механизма выносливости.

Достоинства равномерного метода определяются в первую очередь в том, что он создает перспективы реализации большого объема работы, содействует формированию устойчивости двигательного навыка, расширению выходной мощности работы сердца, повышению периферического и центрального кровотока в мышцах, активизации внешнего дыхания и эффективности обеспечения дыхательных мышц, согласованной координации функционирования вегетативных органов и двигательных единиц. Длительные нагрузки благоприятствуют воспитанию у атлетов морально-волевых качеств: упорства, целеполагания, ответственности, настойчивости, дисциплинированности, решительности и т. п.

Недостатками этого метода признаются быстрая скорость адаптационных изменений организма к подобным нагрузкам, в силу этого уменьшается тренирующий (функциональный) эффект. Постоянный период работы с заданной интенсивностью способствует формированию стандартного темпа движений с привычной скоростью.

Переменный метод в основном используется для потенцирования аэробных возможностей человека, для совершенствования механизмов переключения вегетативных и двигательных функций с одного уровня активности на другой.

Различают несколько видов переключения:

- по интенсивности (изменение скорости);
- по координационной структуре (смена ходов в лыжном спорте);
- по мощности (переключение передач велосипедном спорте).

Переменный метод необходим для развития тактических умений, для развития устойчивости к недостатку кислорода.

Повторный метод характеризуется постоянной мощностью работы, определенным интервалом отдыха (в основном не оптимальным) и варьированием числа повторений. Здесь увеличивается лишь длина дистанции и число повторений. Стереотипное повторение упражнений с определенными интервалами отдыха способствует прочному становлению двигательного динамического стереотипа, а чередование работы с отдыхом совершенствует механизмы переключения функций с одного уровня активности на другой.

Отрицательным в повторном методе является однообразие, монотонность работы. Величина интервалов отдыха может быть самой различной (это зависит

от задач), можно использовать как оптимальный, так и пессимальный интервалы. В беге на 400 метров оптимальный интервал отдыха составляет 15-20 минут.

Повторный метод обеспечивает увеличение интенсивности упражнений. Определить какую продолжительность отдыха следует считать оптимальной, а какую пессимальной можно по показателям вегетативных функций. Так, в качестве критериев готовности к повторению работы считают частоту сердечных сокращений, которая скажем, после бега на дистанции от 200 до 400 метров, должна восстановиться до 120 ударов.

Согласно последним исследованиям, более информативными показателями готовности к повторной мышечной деятельности являются показатели внешнего дыхания и газообмена.

Интервальный метод – жесткий, в котором изменяется интервал отдыха, а длина дистанции остается постоянной, и проводить ее надо с одной и той же скоростью. Скорость здесь основной критерий работоспособности. Очень однообразный метод, вызывающий наибольшую усталость (утомление наступает быстро).

Литература

Список отечественной литературы

1. Анохин, П.К. Системные механизмы высшей нервной деятельности: избр. тр. / П.К. Анохин //АН СССР, Отд-ние физиологии. – М.: Наука, 1969. – 454 с.
2. Артемьева, С.С. Физиология спорта: учебное пособие для самостоятельной работы студентов / С.С. Артемьева, Е.А. Двурекова. – Воронеж, ВГАС, 2023. – 144 с.
3. Бадтиева, В.А. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками / В.А. Бадтиева, В.И. Павлов, А.С. Шарыкин, М.Н. Хохлова, А.В. Пачина, В.Д. Выборнов // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 23 (6). – С. 180-190.
4. Балабохина, Т.В. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у мальчиков младшего возраста, занимающихся футболом и спортивной гимнастикой / Т.В. Балабохина, Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7 (3). – С. 16-22.
5. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности [Текст] / Н. А. Бернштейн; Акад. мед. наук СССР. – М.: Медицина, 1966. – 349 с.
6. Бондарчук, А.П. Управление тренировочным процессом спортсменов высокого класса / А. П. Бондарчук. – М.: Олимпия Пресс, 2007. – 272 с.
7. Бресткин, М.П. Функции организма в условиях измененной газовой среды [Текст] / М.П. Бресткин; Воен.-мед. ордена Ленина Краснознам. акад. им. С. М. Кирова. – Ленинград: [б. и.], 1968. – 63 с.
8. Брук, Т.М. Влияние биопродукта из молочной сыворотки на обменные процессы в системе микроциркуляции крови / Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин, П.А. Терехов // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S1. – С. 121-127. doi: 10.14529/hsm19s116.
9. Вахитов, И.Х. Физиология физических упражнений: учебное пособие / И.Х. Вахитов, А.Р. Гизатуллин, Т.Л. Зефирова. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2015. – 248 с.
10. Введенский, Н.Е. Учение о координационной деятельности нервной системы [Текст] / Н.Е. Введенский, А.А. Ухтомский; [Вступ. статья И.А. Аршавского]. – [Москва] : изд-во и тип. Медгиза. – 1950. – 68 с.
11. Ведясова, О.А. Физиология человека и животных: практикум / О.А. Ведясова, С.И. Павленко, И.Д. Романова [и др.]. – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 108 с.
12. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. – Советский спорт, 2021. – 331 с.

13. Вишняков, А.И. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: методические указания / А.И. Вишняков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 37 с.
14. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: моногр. / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Советский спорт, 2011. – 160 с.
15. Вострокнутов, В.В. Гиподинамия в период дистанционного обучения / В.В. Вострокнутов // Наука-2020. – 2022. – № 4 (58). – С. 185-190.
16. Германов, Г.Н. Классификационный подход и теоретические представления специального и общего в проявлениях выносливости / Г.Н. Германов, И.А. Сабирова, Е.Г. Цуканова // Ученые записки им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 2 (108). – С. 49-57.
17. Городничев, Р.М. Физиология силы / Р.М. Городничев, В.Н. Шляхтов – «Спорт», 2017. – 227 с.
18. Двурекова, Е.А. Структурно-функциональная организация скелетной мышечной ткани / Е.А. Двурекова, С.С. Артемьева, И.Е. Попова. – Воронеж: ВГИФК, 2019. – 175 с.
19. Ежов, С.Н. Джетлаг – синдром смены часовых поясов: прогнозирование, профилактика, коррекция / С.Н. Ежов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 104 с. doi: 10.33029/9704-6235-5-FPC-2021-1-176.
20. Жолинский, А.В. Профилактика и коррекция патологических состояний, ассоциированных со спортом, – функционального / нефункционального перенапряжения и переутомления (синдрома перетренированности) // А.В. Жолинский, В.С. Фещенко. – 2019. – ФМБА России. – 33 с.
21. Загрядский, В.П. Методы исследования в физиологии труда [Текст] / АН СССР. Науч. совет по комплексным проблемам физиологии человека и животных. – Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1976. – 94 с.
22. Зациорский, В.М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания / В.М. Зациорский. – [3-е изд.]. – Москва: Советский спорт, 2009 (Вологда: Полиграфист). – 199 с.
23. Зверев, А.А. Физиология мышц: учебно-методическое пособие для студ. высш. учебн. заведений / А.А. Зверев, Т.А. Аникина, А.В. Крылова, Т.Л. Зефино. – Казань, КФУ, 2016. – 41 с.
24. Земцова, И.И. Физиология спорта и двигательной активности. Практические занятия: учебное пособие / И.И. Земцова. – М.: ТВТ Дивизион, 2017. – 220 с.
25. Зулкарнаев, Т.Р. Влияние физической нагрузки различной интенсивности и гиподинамии на морфологические показатели внутренних органов в эксперименте / Т.Р. Зулкарнаев, А.И. Агафонов, Ф.А. Каюмов / Гигиена и санитария. – 2014. – № 4. – С. 104-106.
26. Иваницкий, В.Н. Физические качества человек – воспитание гибкости: учебно-методическое пособие / В.Н. Иваницкий, Н.А. Петухов, Н.П. Гордеева,

В.Э. Бельц, Н.С. Ермакова – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. Ун-та, 2017. – 47 с. ISBN 978-5-93057-594-1.

27. Капилевич, Л.В. Физиология человека. Спорт: учеб. пособие для прикладного бакалавриата / Л.В. Капилевич. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 141 с. – Серия: Университеты России. ISBN 978-5-9916-6534-6.

28. Картышева, С.И. Физиология физических упражнений: учеб.-метод. пос. / С.И. Картышева. – Воронеж, 2012. – 176 с.

29. Кондратенкова, Е.А. Биоритмы и их нарушения [Электронный ресурс]: учеб.-метод. матер. / Е.А. Кондратенкова, Н.О. Мартусевич. – Электрон. данные. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2016. – 44 с.

30. Корягина, Ю.В. Курс лекций по физиологии физкультурно-спортивной деятельности: учебное пособие / Ю.В. Корягина, Ю.П. Салова, Т.П. Замчий. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2014. – 152 с.

31. Корягина, Ю.В. Спортивная хронобиология: учебное пособие / Ю.В. Корягина, В.В. Вернер. – Омск: СибГАФК, 2000. – 54 с.

32. Корягина, Ю.В. Физиология силовых видов спорта: учебное пособие / Ю.В. Корягина. – Омск: СибГУФК, 2003. – 55 с.

33. Коц, Я.М. «Спортивная физиология» – учебник для институтов физической культуры / Я.М. Коц, Н.В. Зимкин, О.П. Панфилов, В.М. Волков. – «Физкультура и спорт». – 239 с.

34. Кузнецов, В.В. Трансформация ветровых волн на плоском береговом откосе / В.В. Кузнецов // Вестник МГУ. – 1970, № 4. – С. 432-436.

35. Ласукова, Т.В. Основы нейрофизиологии и высшей нервной деятельности: учебное пособие / Т.В. Ласукова. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2020. – 244 с.

36. Лемешевская, Е.П. Основы физиологии труда. Влияние особенностей трудовой деятельности на организм человека / Е.П. Лемешевская, Г.В. Куренкова, Е.В. Жукова; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра профильных гигиенических дисциплин. – Иркутск: ИГМУ, 2022. – 36 с.

37. Летунов, С.П. Медико-биологические проблемы физической культуры и спорта: [Избр. тр. С. П. Летунова]. К 75-летию со дня рождения С.П. Летунова / [Предисл. В.В. Матова]. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 214 с.

38. Литвин, Ф.Б. Комплексное применение природных биостимуляторов в тренировочном процессе высококвалифицированных легкоатлетов / Ф.Б. Литвин, Т.М. Брук, П.А. Терехов, Н.В. Осипова [и др.]. // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 5. – С. 135-139.

39. Лойко, Т.В. Физиологические основы развития физических качеств и формирования двигательного навыка: пос. / Т.В. Лойко; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2018. – 42 с.

40. Луцкай, Ю.С. Основы анатомии и физиологии собак / Ю.С. Луцкай, Л.В. Ткаченко. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 136 с. – ISBN 978-5-507-45897-4.

41. Малах О.Н. Физиология спорта: учебн-метод. комп. / О.Н. Малах. – Витебск: Витебский гос. ун-т, 2010. – 186 с. ISBN 985-517-247-7.

42. Мамылина, Н.В. Физиология и биохимия физической работоспособности: учебное пособие для высших и средних специальных учебных заведений / Н.В. Мамылина; Челябинск: издательство ЗАО «Библиотека А. Миллера», 2023. – 120 с.

43. Маркина, Е.А. Влияние перегрузок малой силы на показатели липидного обмена у испытуемых / Е.А. Маркина, О.А. Журавлева, Д.С. Кузичкин, А.В. Поляков, Л.В. Вострикова, И.В. Заболотская, А.А. Маркин, В.И. Логинов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 2 (104). – С. 38-42.

44. Матвеев, Л.П. Теория и методика физической культуры: (Общ. основы теории и методики физ. воспитания; теорет.-метод. аспекты спорта и проф.-прикл. форм физ. культуры) : [Учеб. для ин-тов физ. культуры] / Л.П. Матвеев. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 542 с.

45. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам [Текст] / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 253 с.

46. Мозжухин, А.С. Физиологические резервы спортсмена: (Лекция для ФПК) / А.С. Мозжухин. – Ленинград: ГДОИФК, 1979. – 154 с.

47. Никитин, Н.А. Развитие двигательных качеств студентов: учебное пособие/ сост. Н.В. Рыбицкий Н.П. Тагирова, Г.Р. Данилова; под общей редакцией Н.А. Никитина. – Набережные Челны: Изд.-полигр. центр Набережно-челнинского института К(П)ФУ КФУ, 2017. – 257 с.

48. Николаев, А.А. Развитие силы у спортсменов / А.А. Николаев, В.Г. Семенов. – М.: Спорт, 2019 – 208 с.

49. Ничипорук, И.А. Исследование биохимических показателей в ходе длительных космических полетов на Международной космической станции / И.А. Ничипорук, Б.В. Моруков // Международная космическая станция. Российский сегмент. Космическая биология и медицина. – Воронеж: Научная книга. – 2011. – Т. 2. – С. 228-234.

50. Озолин, Н.Г. Разминка спортсмена [Текст]. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Физкультура и спорт, 1967. – 40 с.

51. Орбели, Л.А. Избранные труды в 5-ти томах. Т. 1. Вопросы эволюционной физиологии. – Москва-Ленинград, 1961.

52. Осипова, Н.В. Сравнительная характеристика влияния низкоинтенсивного лазерного излучения на уровень физической работоспособности студентов различных специализаций спортивного вуза: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Осипова Наталья Владимировна. – СПб, 2008. – 26 с.

53. Павлов, И.П. Баланс азота в слюнной подчелюстной железе при работе: (Материалы к учению о восстановлении функционирующей железистой ткани) / И.П. Павлов // Врач. – 1890, № 7. – С. 153-156.

54. Павлов, И.П. Вначале была собака. Двадцать лет экспериментов / И.П. Павлов. – М.: Алгоритм, 2018. – 592 с.
55. Павлов, И.П. Рефлексы: о больших половинках мозга / И.П. Павлов. – М.: Родина, 2023. – 430 с.
56. Ромашов, А.В. Физиологические особенности мышечной деятельности: учебн. пос. / А.В. Ромашов. – Смоленск: СГАФКСТ. – 2015. – 112 с.
57. Рукавишников, И.В. Влияние гравитационной разгрузки на тонус мышц спины / И.В. Рукавишников, Л.Е. Амирова, Т.Б. Кукоба // Физиология человека. – 2017. – Т. 43. – № 3. – С. 64-73.
58. Салехов, С.А. Влияние гиподинамии на развитие соматопсихических нарушений / С.А. Салехов, Н.Н. Максимюк, М.П. Салехова // Вестник новгородского государственного университета. – 2016. – № 6 (97). – С. 124-126.
59. Сапов, И.А. Состояние функций организма и работоспособность моряков / И.А. Сапов, А.С. Солодков. – Ленинград: Медицина: Ленингр. отд-ние, 1980. – 192 с.
60. Селье, Ганс. Очерки об адаптационном синдроме [Текст] / Перевод с англ. В.И. Кандрора и А.А. Рогова; Ред. и вступ. статья [с. 5-34] проф. М. Г. Дурмишьяна. – Москва: Медгиз, 1960. – 254 с.
61. Сеченов, И.М. Биография. Главные труды / [авт. предисл., биогр. и коммент.] И.В. Князькин, А.Т. Марьянович. – СПб.: Деан, 2004 (ГПП Печ. Двор). – 811 с.
62. Смирнов, В.М. Физиология физического воспитания и спорта / В.М. Смирнов, В.И. Дубровский. – М.: Владос-Пресс, 2002. – 608 с.
63. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Советский спорт, 2008. – 620 с.
64. Солодков, А.С. Физиология спорта: учеб. пос. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – СПбГАФК им. П. Ф. Лесгафта. СПб., 1999. – 231 с.
65. Солопов, И.Н. Функциональные свойства подготовленности спортсменов и их оптимизация: моногр. / И.Н. Солопов, Н.Н. Сентябрьев, Е.П. Горбанева [и др.]. – Волгоград, 2009. – 183 с.
66. Судаков, К.В. Системокванты – основа голографического построения живых существ / К.В. Судаков // Вестник международной академии наук (Русская секция). – 2007. – № 2. – С. 5-11.
67. Терентьев, А.А. Биохимия мышечной ткани: учебное пособие / А.А. Терентьев. М.: ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, 2019. – 76 с.
68. Терехов, П.А. Современные методы функциональной диагностики спортсменов в подготовительном периоде подготовки / П.А. Терехов, А.А. Терехова, И.Е. Баранов // Сборник статей открытой научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий «Физическая культура,

спорт, олимпизм: проблемы и перспективы». – Великие Луки, 2021. – С. 195-200.

69. Тристан, В.Г. Физиология спорта: учебное пособие. / В.Г. Тристан, О.В. Погадаева. – Омск: СибГУФК, 2003. – 92 с.

70. Уилмор, Дж. Х. Физиология спорта и двигательной активности / Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – К.: Олимпийская литература, 2001. – 503 с.

71. Ульянкин, И.М. Исследование воздействия негативных факторов невесомости на организм человека / И.М. Ульянкин, И.В. Хромова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т.2. – С. 753-754.

72. Ухтомский, А.А. Избранные труды [Текст] / Сост. и коммент. Э.Ш. Айрапетьянца [и др.]; Под ред. акад. Е.М. Крепса; Статья Н.В. Голикова [с. 319-344]. – Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. – 358 с.

73. Фарфель, В.С. Управление движениями в спорте / В.С. Фарфель. – 2-е изд., стер. – М.: Сов. Спорт, 2011. – 202 с.

74. Чинкин, А.С. Физиология спорта: учебное пособие / А.С. Чинкин, А.С. Назаренко. – Москва: Спорт, 2016. – 120 с. ISBN 978-5-9907239-2-4.

75. Шалабот, Н.Е. Физиологические аспекты теории, методики и техники дрессировки собак: учеб. / Н.Е. Шалабот и др. – Пермь: РИА «Стиль – МГ», 2008. – 460 с.

76. Шераш, Н.В. Клинико-лабораторные критерии состояний переутомления и перенапряжения у спортсменов циклических видов спорта: практ. пособие / Н.В. Шераш [и др.]. – Минск: РНПЦ спорта, 2022. – 32 с. ISBN 978-985-90400-6-1.

Список иностранной литературы

77. Araujo L.G. Twenty-four-hour rhythms of muscle strength with a consideration of some methodological problems. – L. Araujo, J. Waterhouse, B. Edwards [et al.]// Biological Rhythm Research. – 2011. – V. 42, № 6. – P. 473-490.

78. Charles, Tipton M. History of exercise physiology / M. Tipton Charles. – Hardback. 2014. – 608 p.

79. Crowley S.J. Phase advancing human circadian rhythms with morning bright light, afternoon melatonin, and gradually shifted sleep: can we reduce morning bright-light duration? / S.J. Crowley, C.I. Eastman // Sleep Med. – 2015. – Vol. 16(2). – P. 288-297.

80. Degens, H. Disproportionate changes in skeletal muscle strength and size with resistance training and ageing / H. Degens, R.M. Erskine, C.I. Morse // Journal Musculoskeletal Neuronal Interaction, 2009. – Vol. 9. – No 3.– P.123-129.

81. Ehrman, J.K. Clinical exercise physiology, third edition / Jonathan K. Ehrman, Paul M. Gordon, Paul S. Visich, Steven J. Keteyian. – 2013, Hardback. – 776 p.

82. Folland, J.P. The adaptation to Strength Training. Morphological and Neurological contribution to Increased Strength / J.P. Folland, A.G. Williams // *Sports Medicine*, 2007. – Vol. 37. – No 2. – P. 145-168.
83. Georgopoulou N.A. Abolished circadian rhythm of salivary cortisol in elite artistic gymnasts / N.A. Georgopoulou [et al.] // *Steroids*. – 2011. – V. 76, № 10. – P. 353-357.
84. Gordon, A.M. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres / A.M. Gordon, A.F. Huxley, F.J. Julian // *Journal of Physiology*. – 1966. – Vol. 4. – P. 170-192.
85. Gupta O. Sports chronobiology: circadian rhythms in psychological, physiological and physical performances / O. Gupta [et al.] // *The Asian Man-An International Journal*. – 2011. – T. 5, № 1. – C. 40-44.
86. Haff, G. Laboratory manual for exercise physiology: predictions, equations, and test methods with web resource / G. Haff, C. Dumke. – 2012, Paperback. - 464 p.
87. Hale, T. History of developments in sport and exercise physiology: A.V. Hill, maximal oxygen uptake, and oxygen debt / T. Hale // *Journal of Sports Sciences*. – 2008. – Vol. 26. – P. 365-400.
88. Holzbaur, Katherine R.S. Moment-generating capacity of upper limb muscles in healthy adults / Katherine R.S. Holzbaur, Scott L. Delp, Garry E. Gold, Wendy M. Murray // *Journal of Biomechanics*. – 2006. – Vol. 4, № 1. – P. 42-50. doi:10.1016/j.jbiomech.2006.11.013.
89. Joyce, D. High-performance training for sports / D. Joyce, D. Lewindon // Includes bibliographical references and index. – *Human Kinetics*, 2014. – 393 p.
90. Joyner, M. The Copenhagen Muscle Research Centre (CMRC) / M. Joyner, M. Kjaer, P.O. Larsen // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. – 2015. – Vol. 25 Suppl 4. – P. 22-28.
91. Kiens, B. Exercise physiology: from performance studies to muscle physiology and cardiovascular adaptations / B. Kiens, E.A. Richter // *Journal of Applied Physiology*. – 2014. – № 117 (9). – P. 943-944.
92. Kris, E.B. *Essentials Research Methods in Health, Physical Education Exercise Science and Recreation* / E.B. Kris, W.L. Richard. – Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2007. – 332 p.
93. Leatherwood W.E. Effect of airline travel on performance: a review of the literature / W.E. Leatherwood, J.L. Drago // *Br. J. Sports. Med.* – 2013. – V. 47. – P. 561-567.
94. Lee S. Physiological implications of elevated lactate levels during exercise in the brain and body. / S. Lee, Y. Choi, E. Chung // *J. Biosci. Bioeng.* 2023. – Vol. 135(3). – P. 167-175. doi: 10.1016/j.jbiosc.2022.12.001.
95. McGuigan, M. *Monitoring Training and Performance in Athletes* / M. McGuigan // Champaign, IL, Human Kinetics, 2017. – 264 p.

96. Narici, V.M. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance / V.M. Narici, N. Maffulli // *British Medical Bulletin*, 2010. – Vol. 95. – P. 139-159.

97. Nicholson A.N. Sleep and intercontinental flights. / A.N. Nicholson // *Travel Med Infect Dis.* – 2006. – Vol. (4). – P. 336-339.

98. Nimphius, S. Agility training / S. Nimphius // *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions.* – 2017. - Vol. 11 (3). – P. 320-331.

99. Samuels C.H. Jet lag and travel fatigue: a comprehensive management plan for sport medicine physicians and high-performance support teams. / C.H. Samuels // *Clin. J. Sport. Med.* – 2012. – Vol. 22(3). – P. 268-273.

100. Santos de Araujo A.D. Heart rate variability (HRV): a checklist for observational and experimental studies. / A.D. Santos de Araujo, R. Shida-Marinho, A. Pontes-Silva // *Autoimmunity Reviews* – 2022. - Vol. 21(11). – P. 103-119. doi: 10.1016/j.autrev.2022.103190.

101. Seeley, Rod R. *Anatomy & physiology* / Rod R. Seeley, T.D. Stephens, P. Tate // Boston: McGraw-Hill. – 2007. – 1244 p.

102. Shahidi F. The Effect of a maximal aerobic exercise session in the morning and afternoon on certain hematological factors in young athletes / F. Shahidi, S. Alhosseini, Y.M. Kandi // *Annals of Biological Research.* – 2012. – № 3 (6). – P. 2703-2707.

103. Tiwari, R. Analysis of heart rate variability and the influence of various factors on heart rate variability. / R. Tiwari, R. Kumar, S. Malik // *Curr Cardiol Rev.* – 2021. – Vol. 17(5). – P. 335-345 doi: 10.2174/1573403X16999201231203854.

104. Tymko, M.M. Evaluating the methods used for measuring cerebral blood flow at rest and during exercise in humans / M.M. Tymko, P.N. Ainslie, K.J. Smith // *European Journal of Applied Physiology.* – 2018. – Vol. 118 (8). – P. 1527-1538.

105. Woods, A.L. New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile / A.L. Woods, L.A. Garvican-Lewis, B. Lundy // *PLoS One.* – 2017. – Vol. 12, № 3. – P. 1-17.

Кафедра биологических дисциплин
П.А. Терехов, Т.М. Брук

СПОРТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ
в историческом и профессиональном аспектах:
учебное пособие (для самостоятельной работы)

Формат 60x84¹/₁₆. Тираж 500 экз.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Печ. листов 9,31. Подписано в печать 02.05.2024 г.
Заказ № 24/69

Отпечатано в ФГБОУ ВО «СГУС»,
г. Смоленск, проспект Гагарина, 23.
Тел.: (4812) 30-71-69

ISBN 978-5-94578-212-9

