

Л.М. Гунина
А.В. Дмитриев
Ю.Д. Винничук
Н.Л. Высочина
Н.Н. Сентябрьев

Медико- биологическое обеспечение подготовки хоккеистов



С П О Р Т

УДК 796.966:77.29.64
ББК 75.579.04
М42

Рецензенты:

Г.Б. Горская – профессор кафедры психологии Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, доктор психологических наук, профессор;

Л.В. Михно – зав. кафедрой теории и методики хоккея НГУ физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, доктор педагогических наук, профессор;

К.М. Милашюс – руководитель программы физической культуры и спорта Академии просвещения Университета им. Витаутаса Великого, габилитированный доктор биомедицинских наук, профессор.

М42 **Медико-биологическое обеспечение подготовки хоккеистов** / Л.М. Гунина, А.В. Дмитриев, Ю.Д. Винничук, Н.Л. Высочина, Н.Н. Сентябрев; под общ. ред. Л.М. Гуниной (изд. 2-е, перераб. и дополн.). – М.: Спорт, 2020. – 360 с., ил.

ISBN 978-5-907225-14-5

В монографии с точки зрения различий в механизмах энергообеспечения игроков с разным амплуа рассмотрены многогранные метаболические сдвиги в организме хоккеистов, являющиеся основой для применения комплекса внутренировочных факторов стимуляции работоспособности. Освещен обширный арсенал современных эргогенных средств, приведены способы их применения и дозировки в зависимости от периода подготовки хоккеистов и игрового амплуа. Рассмотрены способы регуляции содержания лактата в крови, а также общая концепция коррекции климато-часового десинхроноза. Детально описаны принципы рационального питания в практике подготовки квалифицированных игроков, приведены примеры дневных и недельных меню, а также способы поддержания водного баланса в процессе тренировочных и соревновательных нагрузок. Приведены требования для получения терапевтического разрешения (TUE) на применение субстанций запрещенного характера. Отдельный раздел, посвященный психологической подготовке в хоккее, содержит характеристику современных методик регуляции эмоциональных состояний и психологического контроля на различных этапах подготовки игроков.

Книга предназначена для тренеров, спортивных врачей, студентов и преподавателей высших учебных заведений в сфере физической культуры и спорта, специалистов в области биологии и медицины спорта.

УДК 796.966:77.29.64
ББК 75.579.04

© Гунина Л.М., Дмитриев А.В., Винничук Ю.Д.,
Высочина Н.Л., Сентябрев Н.Н., 2020
© Издательство «Спорт», издание, оформление,
2020

ISBN 978-5-907225-14-5

СОДЕРЖАНИЕ

Список условных сокращений	5
Предисловие редактора	7
Глава 1. Обмен веществ и энергии в процессе подготовки хоккеистов (Л.М. Гунина, Ю.Д. Винничук, Н.Н. Сентябрьев)	10
1.1. Особенности энергообеспечения игровой деятельности хоккеистов	11
1.2. Адаптационные физиологические и метаболические изменения в процессе подготовки квалифицированных хоккеистов	27
1.2.1. Биохимические изменения в организме хоккеистов	31
1.2.2. Гематологические показатели	45
1.2.3. Изменения состояния иммунной системы хоккеистов	53
1.3. Особенности лабораторного контроля в спорте	77
Глава 2. Основы рационального питания хоккеистов (Л.М. Гунина, А.В. Дмитриев)	81
2.1. Общие принципы организации питания хоккеистов	81
2.2. Характеристика основных пищевых компонентов и особенности их использования в рационе хоккеистов	90
2.2.1. Белки	90
2.2.2. Жиры	99
2.2.3. Углеводы	101
2.2.4. Витамины и минеральные элементы	106
2.3. Продукты повышенной биологической ценности и диетические добавки в сбалансированном рационе хоккеистов	119
2.4. Вода как незаменимый компонент обеспечения жизнедеятельности хоккеистов	128
2.5. Особенности питания хоккеистов на разных этапах подготовки	132
2.5.1. Питание хоккеистов во время тренировочной деятельности	135
2.5.2. Пищевая стратегия в хоккее в дни соревнований	139
2.5.3. Питьевой режим во время игры	149
Глава 3. Основы фармакологического и нутрициологического обеспечения тренировочной и соревновательной деятельности хоккеистов (Л.М. Гунина, А.В. Дмитриев)	152
3.1. Основные принципы использования эргогенных фармакологических средств и диетических добавок специального назначения в практике спортивной подготовки	152
3.2. Общая характеристика разрешенных фармакологических препаратов и специальных пищевых добавок, применяемых в практике обеспечения спортсменов	164
3.3. Препараты и диетические добавки, используемые в практике фармакологической и нутритивно-метаболической поддержки хоккеистов	179

3.4. Особенности фармакологического и нутрициологического обеспечения в зависимости от периода подготовки хоккеистов	213
3.4.1. Подготовительный период	223
3.4.2. Соревновательный период	225
3.4.3. Переходный (восстановительный) период	225
3.5. Рекомендации при построении индивидуализированных схем фармакологического обеспечения и нутритивно-метаболической поддержки хоккеистов	228
3.6. Накопление лактата у хоккеистов и внутренировочные методы коррекции лактат-ацидоза	232
3.7. Некоторые особенности фармакологического и нутрициологического обеспечения в женском хоккее на льду	240
3.8. Профилактика и лечение патологии опорно-двигательного аппарата при его длительной травматизации у спортсменов с помощью фармакологических средств и диетических добавок специального назначения.....	250
3.9. Климато-часовая дезадаптация: препараты и диетические добавки для ее коррекции	262
3.10. Некоторые особенности приема фармакологических препаратов и диетических добавок в спорте	270
3.11. Терапевтическое использование запрещенных препаратов в соответствии с требованиями WADA	272
Глава 4. Психологическое обеспечение подготовки хоккеистов (Н.Л. Высочина)	277
4.1. Основы психологической подготовки хоккеистов	277
4.2. Структура психических свойств личности хоккеиста	281
4.2.1. Характеристика свойств личности хоккеистов с учетом их игрового амплуа	283
4.2.2. Индивидуально-типологические особенности личности хоккеиста.....	290
4.3. Психологические аспекты построения соревновательного поведения в хоккее на льду	295
4.4. Управление предстартовыми психическими состояниями хоккеистов	300
4.5. Регуляция эмоциональных состояний хоккеистов и их психокоррекция	304
4.6. Дыхательные практики как прогрессивный метод восстановления и стимуляции работоспособности хоккеистов	314
4.7. Психологическая подготовка хоккеистов с учетом возрастных особенностей	322
4.8. Психологический контроль и управление спортивной деятельностью игроков в хоккее на льду	327
Список использованной литературы	330

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ХОККЕИСТОВ

Физиологические исследования, рассматривающие специфику функционирования организма игроков в хоккей с шайбой, далеко не полностью освещают особенности данного вида спорта. Этот недостаток знаний сказывается на обоснованности построения оптимальных планов тренировочного процесса, специфики тренировочных занятий, особенностей восстановления и др. (Сох et al., 1995). Такая точка зрения была высказана достаточно давно, и, несмотря на разнообразные сложности исследований в профессиональном спорте, за последние десятилетия их количество существенно выросло. Появились работы, изменяющие наши взгляды на некоторые аспекты адаптации организма к спортивной тренировке. Поэтому необходим анализ работ последних лет для обоснованных рекомендаций по построению тренировочного процесса в данном виде спорта.

Игровая деятельность комплексно влияет на все системы организма хоккеиста, повышая общий уровень функционирования и метаболического обеспечения, способствует развитию физических качеств (силы, скорости, выносливости, ловкости и гибкости) и формированию двигательных навыков. Вариативность игровой деятельности обуславливает необходимость постоянных перестроек работы всех систем организма, участвующих в осуществлении данной работы. Жесткость силового единоборства и высокая эмоциональность деятельности, соревнования вызывают большие психические и физические напряжения и тем самым усиливают ее действие на организм хоккеиста. Игровой деятельности хоккеиста присуще большое разнообразие движений переменной интенсивности, в которых задействовано подавляющее большинство мышечных групп, работающих в разных режимах энергообеспечения. Чтобы добиться успеха в хоккее на льду, игрокам, помимо обладания высокими технико-тактическими характеристиками, необходимо выполнять и специальную программу, направленную на увеличение силы, мощности, скорости и подвижности. Также необходимо подчеркнуть значительную интенсивность игры, с чем связан постоянный дефицит времени на принятие решений. Поэтому особое значение, во многом определяющее игровой потенциал хоккеиста, имеет высокая подвижность центральной нервной системы, способность к быстрому переключению процессов возбуждения и торможения. С такой особенностью нервной системы связана высокая подвижность механизмов энергообеспечения и эффективность восстановительных процессов.

При освоении типичных движений хоккеиста одной из ведущих особенностей является не только формирование двигательных навыков, но и развитие способности

к их использованию в условиях жесткого противодействия. В первую очередь это определяется достаточно высокой травмоопасностью, связанной с силовыми приемами (Самсонова и соавт., 2015).

Тренировка хоккеиста оказывает системное влияние на организм, повышая общий уровень функционирования и метаболического обеспечения (Павлов, 2008, 2017). В зависимости от степени интенсивности нагрузки многие виды спорта можно расположить на шкале между точками низкой и высокой интенсивности. Тренировка низкой интенсивности может продолжаться длительный период времени. Но высокоинтенсивная работа может представлять собой только чередование коротких периодов работы с регулярными промежутками отдыха для восстановления. Поэтому одна из серьезных проблем построения тренировочного процесса – умение выстроить соотношение режимов работы и отдыха. Во время игры хоккеистам необходимо уметь быстро развивать и замедлять скорость на временном отрезке, который длится всего 30–45 с. Матч состоит из этих отрезков, а отдыхает игрок, сидя на скамье. Кроме того, игрокам приходится переносить резкие всплески силы ввиду высокой скорости, развиваемой при скольжении. Это диктует необходимость адекватного энергообеспечения такой напряженной и разнообразной мышечной работы. Соотношение периодов отдыха и работы у форварда составляет, как правило, три к одному, а у защитников – примерно два к одному.

Как подчеркивают специалисты, тренерская игровая стратегия и тактика может быть воплощена игроками, способными их реализовывать, выполнять действия, неожиданные для соперников. Это требует не только высокого уровня функционирования систем, участвующих в энергообеспечении двигательной деятельности, но и адаптированности собственно мышечной системы, а также психофизиологической составляющей функциональной подготовленности (Иорданская, 2018).

1.1. Особенности энергообеспечения игровой деятельности хоккеистов

Современный хоккеист должен переносить большие тренировочные нагрузки, быстро восстанавливаться, причем часто в течение непродолжительного времени – непосредственно в ходе тренировки или игры, а также между отдельными тренировочными занятиями или играми, которые часто в рамках турнира следуют через день, а иногда и ежедневно, т.е. игрок должен быть выносливым. С учетом комплексности игровых ситуаций хоккеист высокой квалификации должен обладать скоординированными и сбалансированными способностями в сфере общей, скоростной, скоростно-силовой и специальной выносливости. Физиологическая основа выносливости хоккеистов определяется аэробной производительностью и связанными с ней энергетическими возможностями организма, и важнейшая роль в формировании высокого уровня физической и функциональной подготовленности и развития специальных двигательных качеств игрока принадлежит именно процессам энергообразования.

Существующие медико-биологические представления об адаптационных перестройках в организме спортсменов позволяют систематизировать факторы, обеспечивающие

характер энергообеспечения. Нейроэндокринная регуляция, изменяя метаболические адаптационные процессы на различных этапах подготовки спортсмена, определяет сценарий адаптации в каждом конкретном случае. Таких ключевых позиций несколько.

1. Существенный вклад генетической предрасположенности к выполнению работы скоростного, силового характера, на выносливость, координацию.

2. Существует зависимость от композиции мышц, т.е. от преобладания быстро или медленно сокращающихся мышечных волокон в структуре мышечного волокна.

3. Оказывает определенное влияние тип высшей нервной деятельности, эмоциональность и психическая устойчивость спортсмена.

4. Влияют резервные и наличные возможности коры надпочечников (высвобождение кортизола, изменение соотношения соматотропный гормон/кортизол); другие гормональные системы: адренокортикотропный гормон/кора надпочечников, гипофиз/гонады, гипоталамо-гипофизарные системы регуляции, детерминирующие интенсивность метаболических процессов: соматотропная, тиреотропная, инсулин, эритропоэтин и др.

5. Индивидуальная чувствительность к эрготропным воздействиям.

6. Уровень тренированности и связанные с ним экономизация работы, рациональная техника, повышение релаксационных возможностей мышц и пр.

Интенсивность энергообразования преимущественно определяется характером работы: чем больше различных групп мышц вовлекается в физическую работу, чем она интенсивнее и/или длительнее, тем больше организму требуется энергии, которая образуется путем утилизации пищевых веществ (нутриентов). Накопленная в них энергия сначала превращается в энергию макроэргических связей в молекуле аденозинтрифосфата (АТФ), а затем, в результате химических реакций, происходящих в АТФ, эта энергия высвобождается и используется для обеспечения различных процессов жизнедеятельности организма, в т.ч. и для мышечной работы. Необходимо отметить, что только половина химической энергии, содержащейся в пище, идет на образование АТФ, вторая половина сразу же превращается в тепло и рассеивается в окружающей среде. Синтезированные молекулы АТФ доносятся кровью до мышц, и там половина запасенной в них энергии используется в мышечном сокращении, а половина опять-таки превращается в тепло. На выполнение внешней работы (в т.ч. и во время игры) спортсмен может затратить не более 25% всей энергии, полученной им из пищи, остальные 75% уходят в тепло, но, несмотря на это, коэффициент полезного действия процесса энергообразования у человека достаточно высок и составляет около 25%. Расход энергии за одно тренировочное занятие в хоккее с шайбой достигает 900–1200 ккал. Наибольший расход энергии у хоккеистов наблюдается при ведении шайбы в скоростном беге с прыжками, затем – при скоростном беге. Наибольшее количество энергии требует обеспечение функционирования мышечной ткани, составляющей у хоккеистов до 50–51% массы тела (Конрад, 1974; Колосков, Климин, 1982).

Степень изменения биохимических процессов в организме при мышечной деятельности зависит от типа выполняемого упражнения, его мощности и продолжительности, а также от степени тренированности спортсмена. Однако и сокращение мышц, и их расслабление протекают при обязательном использовании энергии, которая выделяется

при распаде (гидролизе) молекулы АТФ. Поскольку запасы АТФ в мышечных клетках незначительны (в покое концентрация АТФ составляет $5 \text{ ммоль} \times \text{л}^{-1}$), их достаточно для мышечной работы в течение одной-двух секунд. Одновременно при физической работе в мышцах должен протекать процесс накопления (ресинтеза) АТФ, идущий с потреблением энергии. Если для обеспечения мышечного сокращения и расслабления используется только химическая энергия АТФ, то для ресинтеза ее пригодна химическая энергия самых разных соединений: углеводов (гликогена, глюкозы, фруктозы и др.), липидов (в т.ч. свободных жирных кислот), аминокислот и креатинфосфата. По своим возможностям для образования энергии в организме вышеназванные химические вещества имеют разные характеристики, например, при использовании гликогена для образования энергии образуется 38 молекул АТФ, а окисление одной молекулы жирной кислоты дает энергию для образования 138 молекул АТФ (Волков и др., 2000).

Образование энергии в организме может протекать с накоплением молочной кислоты (или ее соли – лактата; часто эти два вещества в спортивной литературе отождествляются) или без накопления лактата; в зависимости от этого механизмы энергообеспечения подразделяются на лактатные и алактатные.

В соответствии с источником энергии выделяют три основных пути ресинтеза АТФ, а именно: гликолитический (лактатный анаэробный, протекающий без участия кислорода или при его очень ограниченном количестве), креатинфосфатный (алактатный анаэробный), аэробный (окислительное фосфорилирование или тканевое дыхание, протекающее с обязательным участием кислорода). В зависимости от доминирования (преобладания) того или иного пути ресинтеза АТФ при разных видах деятельности выделяют и три компонента работоспособности: алактатная и лактатная, объединяемые в анаэробную, и аэробная работоспособность. Анаэробный механизм энергообеспечения мышечной деятельности в основном присущ взрывной работе короткой продолжительности и высокой интенсивности, а аэробный используется при длительных нагрузках умеренной интенсивности. Соотношение вкладов анаэробного и аэробного процессов в физическую работоспособность спортсмена очевидно: из одной молекулы глюкозы без использования кислорода организм получает две молекулы, а при использовании кислорода – 38 молекул АТФ. Таким образом, анаэробные процессы высвобождают чуть более 5% энергии, содержащейся в глюкозе, а аэробные – остальные 95%. Анаэробные механизмы имеют наибольшее значение на начальных этапах работы, в условиях кратковременной высокой интенсивности, а также при изменении мощности по ходу выполнения хоккеистом упражнения (Волков и др., 2000). Аэробное энергообеспечение играет главную роль при продолжительной работе и в период восстановления игроков (Михно, 2009).

Аэробный путь ресинтеза АТФ (синонимы – *тканевое дыхание, аэробное или окислительное фосфорилирование*) является основным, базовым способом образования АТФ, протекающим в митохондриях – специальных структурах различных клеток организма, в т.ч. и мышечных. Максимальная мощность этого процесса самая низкая среди всех путей ресинтеза АТФ. Это обусловлено тем, что возможности аэробного процесса ограничены доставкой кислорода в митохондрии и их количеством в мышечных клетках, что обусловлено индивидуальными особенностями, а также напрямую зависит от квалификации спортсмена. Поэтому общепринято считать, что за счет аэробного пути ресин-

теза АТФ возможно выполнение физических нагрузок только умеренной мощности. Однако это утверждение в последнее время подвергается определенному сомнению, о чем пойдет речь далее при рассмотрении проблемы.

Время развертывания этого механизма энергообеспечения составляет 3–4 мин, у высококвалифицированных спортсменов оно может быть около 1 мин. Время работы с максимальной мощностью при аэробном пути ресинтеза АТФ составляет десятки минут, поскольку в этом пути энергообеспечения используются углеводы, жиры и аминокислоты, распад которых завершается циклом Кребса. При этом могут быть использованы не только внутримышечные запасы данных веществ, но и те, что доставляются кровью в мышечные ткани при физической работе. Именно поэтому данный путь энергообеспечения может функционировать со своей максимальной мощностью продолжительное время (Мищенко, 1990).

По сравнению с другими путями аэробный ресинтез АТФ отличается высокой экономичностью и очень большой продолжительностью, поскольку он функционирует практически в течение всей жизни человека. В покое скорость этого пути энергообеспечения низкая, а при физических нагрузках достигает своей максимальной величины.

Недостатками такого пути ресинтеза АТФ является обязательное потребление кислорода, доставка которого в мышцы обеспечивается с помощью дыхательной и сердечно-сосудистой систем (в совокупности их обозначают термином «кардиореспираторная система»). Именно функциональное состояние этой системы является лимитирующим фактором, ограничивающим продолжительность аэробного пути ресинтеза АТФ с максимальной мощностью и величину самой максимальной мощности при таком механизме энергообеспечения (Волков и др., 2000; Hollman, 1986; Harris, Boyle, 2000).

Еще одним недостатком аэробного образования АТФ можно считать длительное время развертывания и небольшую по абсолютной величине максимальную мощность. Поэтому мышечная деятельность, свойственная большинству видов спорта, не может быть энергетически обеспечена только этим путем ресинтеза АТФ, и в мышцах дополнительно включаются анаэробные механизмы образования АТФ, имеющие более короткое время развертывания и более высокую максимальную мощность (Мохан и др., 2001).

В спортивной практике для оценки тканевого дыхания (аэробного механизма образования энергии) часто используются следующие показатели: максимальное потребление кислорода ($\dot{V}O_{2max}$), порог аэробного обмена (ПАО), порог анаэробного обмена (ПАНО), кислородный приход.

Максимальное потребление кислорода – это максимально возможная скорость потребления организмом кислорода в единицу времени при выполнении физической работы. $\dot{V}O_{2max}$ характеризует максимальную мощность аэробного пути ресинтеза АТФ: чем выше величина $\dot{V}O_{2max}$, тем больше скорость тканевого дыхания, т.е. эти две величины находятся в прямой зависимости. Это обусловлено тем, что практически весь поступающий в организм кислород используется в процессе тканевого дыхания (окислительного фосфорилирования). Термин «окислительное фосфорилирование» как раз и указывает, что накопление богатых энергией фосфатных связей в молекуле АТФ происходит с участием окислителя – кислорода воздуха. $\dot{V}O_{2max}$ представляет собой интегральный показатель, зависящий от многих факторов – функционального состояния кардиореспи-

раторной системы, содержания в крови гемоглобина, а в мышцах – белка миоглобина, количества и размера митохондрий. У нетренированных людей $\dot{V}O_{2max}$ обычно составляет 3–4 л × мин⁻¹, а у спортсменов высокой квалификации, тренировочная деятельность которых в значительной степени связана с выполнением аэробных нагрузок (продолжительных нагрузок умеренной мощности, обеспечиваемых с помощью тканевого дыхания), достигает 6–7 л × мин⁻¹. На практике, для исключения влияния на эту величину массы тела спортсмена, $\dot{V}O_{2max}$ рассчитывают на килограмм массы. В этом случае у здоровых нетренированных людей $\dot{V}O_{2max}$ составляет 40–50 мл × мин⁻¹ × кг⁻¹, а у игроков высокого класса может достигать 80–90 мл × мин⁻¹ × кг⁻¹, т.е. возрастая практически вдвое. В спортивной практике $\dot{V}O_{2max}$ используется также для характеристики относительной мощности аэробной работы, которая выражается потреблением кислорода в процентах $\dot{V}O_{2max}$. Например, у хоккеиста, имеющего $\dot{V}O_{2max}$ 6 л × мин⁻¹, относительная мощность работы, выполняемой с потреблением кислорода 3 л × мин⁻¹, будет составлять 50% уровня $\dot{V}O_{2max}$, т.е. 50% критической мощности. При повышении интенсивности работы соответственно увеличивается и количество потребляемого кислорода. Кроме того, величина $\dot{V}O_{2max}$ связана с уровнем игрового мастерства, и коэффициент данной корреляции составляет, по данным американских исследователей, соответственно: в 13, 14, 15 и 16 лет $r_1 = -0,487$ ($p < 0,05$), $r_2 = -0,368$ ($p < 0,05$), $r_3 = -0,507$ ($p < 0,05$), $r_4 = -0,642$ ($p < 0,01$) (Siff, Verkhoshansky, 1999). При этом как показатель развития адаптационных возможностей $\dot{V}O_{2max}$ наиболее информативен в 16 лет и составляет 3,8–4,5 л × мин⁻¹ (Марьянович, 2007).

Порог аэробного обмена – это наибольшая относительная мощность работы, измеренная по потреблению кислорода в процентах по отношению к $\dot{V}O_{2max}$, которая полностью обеспечивается тканевым дыханием. Концентрация лактата в крови при этом остается на исходном до нагрузки уровне. У нетренированных лиц ПАО составляет не более 20–30% уровня $\dot{V}O_{2max}$, а у высококлассных хоккеистов достигает 50–60% величины $\dot{V}O_{2max}$. Более высокие значения ПАО у игроков обусловлены лучшим индивидуальным развитием у них аэробного окислительного фосфорилирования, и поэтому такие нагрузки выполняются только за счет аэробного пути образования АТФ.

Порог анаэробного обмена – это минимальная относительная мощность работы, измеренная по потреблению кислорода в процентах по отношению к $\dot{V}O_{2max}$, при которой начинает включаться гликолитический (анаэробный) путь ресинтеза АТФ. При этом концентрация лактата в крови возрастает до 4 ммоль × л⁻¹. У нетренированных лиц ПАНО составляет 40–50% $\dot{V}O_{2max}$, а у хоккеистов высокого класса ПАНО может достигать 70%, а иногда и 75% величины $\dot{V}O_{2max}$. Более высокие величины ПАНО у тренированных спортсменов объясняются тем, что аэробное фосфорилирование у них дает больше АТФ в единицу времени, и поэтому переключение на анаэробный путь образования энергии – гликолиз – происходит при более интенсивных нагрузках (Katch et al., 1977; Katz, Sahlin, 1990).

Кислородный приход – это количество кислорода сверх исходного, дорабочего, уровня, использованное во время выполнения данной нагрузки для обеспечения аэробного ресинтеза АТФ. Кислородный приход характеризует вклад тканевого дыхания (аэробного окислительного фосфорилирования) в энергообеспечение всей проработанной работы.

Под влиянием систематических тренировочных занятий, направленных на развитие аэробной работоспособности и выносливости, в мышечных клетках возрастает количество митохондрий, увеличивается их размер и концентрация, а также активность в них ферментов тканевого дыхания. Одновременно происходит совершенствование кислород-транспортной функции: повышается количество кислородтранспортных белков (миоглобина в мышцах и гемоглобина в красных клетках крови – эритроцитах), улучшается функциональное состояние дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма.

Ранее во многих пособиях для тренеров по хоккею утверждалось (не всегда достаточно обоснованно), что энергия у хоккеистов должна поступать прежде всего из аэробных источников. Как следствие, практически до 1990-х годов приоритетным в хоккее было развитие аэробных способностей (Костка, 1996). Однако впоследствии, в результате более тщательного анализа нагрузок, исследователи пришли к иному заключению. Процентное обеспечение соотношения процессов образования энергии в разных режимах (гликолитический алактатный в покое и анаэробно-аэробный и смешанный – в движении) в динамике работы и во время отдыха у нападающего составляет, как правило, три к одному, а у защитников – примерно два к одному (Никонов, 2008а).

В зависимости от степени интенсивности нагрузки многие виды спорта и их дисциплины можно расположить на шкале между точками низкой и высокой интенсивности. Тренировка низкой интенсивности может продолжаться длительный период времени. Но высокоинтенсивная работа может представлять собой только чередование коротких периодов работы с регулярными промежутками отдыха для восстановления. Согласно этим определениям, хоккей на льду располагается ближе к высокоинтенсивному краю шкалы. Однако в связи с тем, что для игры в хоккей существует определенная необходимость в развитии аэробных способностей (Колузганов, 2007; Siff, Verkhoshansky, 1999) и поскольку около 25–40% всей потребности в энергии покрываются за счет аэробных механизмов энергообеспечения, определенный процент программы общефизической подготовки игроков должна составлять аэробная нагрузка (Никонов, 2008а). В хоккее атакующие комбинации могут продолжаться 45 с, поэтому развитие соответствующих аэробных способностей является важной задачей хоккейного тренера, и программа общефизической подготовки должна основываться на аналогичных интервалах. Развитие аэробных возможностей, конечно, является немаловажным фактором подготовки хоккеистов, но недавние исследования в области физиологии показали, что фокусировка на одном только аэробном аспекте может в результате привести к тому, что игрок будет более выносливым, но при этом и более медлительным (Савин, 2003; Harris, Boyle, 2000; <http://hardgainer.ru>).

Анаэробные пути ресинтеза АТФ (креатинфосфатный, гликолитический) являются дополнительными путями образования АТФ в тех случаях, когда основной – аэробный – путь ее образования не может обеспечить мышечную деятельность необходимым количеством энергии. Это бывает на первых минутах любой работы, когда тканевое дыхание еще полностью не развернулось, а также при выполнении физических нагрузок высокой мощности.

Максимальная мощность *креатинфосфатного (алактатного анаэробного)* пути в три раза выше соответствующего показателя для аэробного механизма ресинтеза АТФ.

Такая большая мощность обусловлена активностью фермента креатинкиназы, принимающего участие в процессе образования АТФ с помощью данного пути. Время разворачивания составляет всего 1–2 с. Запасов АТФ в клетках хватает как раз на это время, и к моменту их исчерпания креатинфосфатный путь уже функционирует со своей максимальной мощностью. Однако время работы этого механизма ресинтеза АТФ при максимальной скорости составляет всего 8–10 с, к концу 30-й секунды его скорость снижается вдвое, а к концу 3-й минуты интенсивность работы креатинфосфатного пути энергообеспечения в мышцах практически прекращается, что обусловлено небольшим исходным содержанием креатинфосфата в мышцах. Именно короткое время функционирования алактатного анаэробного пути является основным недостатком такого механизма энергообеспечения. Главными же преимуществами креатинфосфатного анаэробного пути ресинтеза АТФ являются очень малое время разворачивания и высокая мощность.

Креатинфосфокиназная реакция может неоднократно включаться во время выполнения физических нагрузок, что делает возможным быстрое повышение мощности выполняемой работы, развитие ускорения и выполнение рывка.

Креатинфосфатный путь ресинтеза АТФ количественно характеризуется таким показателем, как алактатный кислородный долг, т.е. повышенное (сверх уровня в покое) потребление кислорода в ближайшие 4–5 мин после выполнения кратковременной нагрузки максимальной мощности. Этот избыток кислорода требуется для обеспечения высокой скорости тканевого дыхания сразу же после окончания нагрузки для создания в мышечных клетках повышенной концентрации АТФ. Таким образом, алактатный кислородный долг характеризует вклад креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение выполненной физической нагрузки и дает представление относительно его метаболической емкости. Информацию о мощности этого способа образования энергии можно получить из показателя, представляющего собой отношение величины алактатного кислородного долга к параметру продолжительности выполненной работы. У квалифицированных спортсменов значение алактатного кислородного долга после нагрузок максимальной мощности обычно составляет 8–10 л (Колузганов, 2007).

Анаэробная работоспособность характеризуется максимальным кислородным долгом, а также количеством образующейся молочной кислоты при выполнении околопредельной мышечной работы продолжительностью от 20 с до 2–2,5 мин. Максимальное содержание молочной кислоты в крови хоккеистов может достигать $18,6 \text{ ммоль} \times \text{л}^{-1}$ и более (Волков и др., 2000; Astrand, Rodahl, 1986).

В результате систематических тренировочных занятий, направленных на развитие скоростно-силовых качеств у хоккеистов, в мышцах увеличивается концентрация креатинфосфата и повышается активность фермента креатинкиназы, что находит свое отражение в росте величины алактатного кислородного долга и суточного выделения креатинина с мочой (или накопления его в крови) (Ленкова и др., 1993). Таким образом, с ростом уровня спортивного мастерства хоккеиста увеличивается максимальная мощность и продолжительность функционирования креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ. Именно высокая мощность алактатного анаэробного механизма энергообеспечения определяет его очень значительную роль в таких видах спортивной деятельности, которые требуют выполнения кратковременной работы максимально возможной интенсивности,

в т.ч. в спортивных играх, связанных с жестким единоборством, в частности в хоккее на льду (Harris, 2000; Gleeson, 2002).

Для гликолитического (лактатного анаэробного) пути ресинтеза АТФ источником энергии является гликоген мышечной ткани. При анаэробном распаде гликогена, называемом гликолизом, путем ряда последовательных реакций (всего их 10) образуется молочная кислота (лактат). Гликолизу может подвергаться также глюкоза, поступающая в мышцы из кровеносного русла. В состоянии покоя гликолиз протекает очень медленно, а при интенсивной мышечной работе его скорость резко возрастает и может увеличиваться почти в 2000 раз по сравнению с уровнем покоя, причем ускорение гликолитического пути образования АТФ может наблюдаться уже в предстартовом состоянии (непосредственно перед началом игры) вследствие выброса адреналина.

Максимальная мощность лактатного анаэробного пути ресинтеза АТФ вдвое выше соответствующего показателя при тканевом дыхании, т.е. при аэробном механизме энергообеспечения. Высокое значение максимальной мощности гликолитического пути объясняется наличием в мышцах большого запаса его субстрата (гликогена) и тонкими ферментативными механизмами, обеспечивающими прирост скорости гликолиза в 2000 раз при отсутствии потребности в кислороде. Анаэробную гликолитическую мощность можно оценивать по избытку выделения CO_2 – величина этого показателя у хоккеистов может достигать $27\text{--}33 \text{ мл} \times \text{кг}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$.

Время развертывания гликолитического механизма энергообеспечения составляет 20–30 с, что опосредуется высокоактивными тонкими биохимическими механизмами. Время работы с максимальной мощностью при таком пути ресинтеза АТФ составляет всего 2–3 мин, что обусловлено, во-первых, высокой скоростью процесса гликолиза, а во-вторых, накоплением лактата, что нарушает кислотно-основное равновесие в мышечных клетках и, соответственно, тормозит работу ферментов, ответственных за образование АТФ. Молочная кислота будет до определенного предела накапливаться в крови до тех пор, пока нагрузка на организм не снизится и пока не поступит достаточное количество кислорода.

Лактатный анаэробный путь образования АТФ имеет ряд преимуществ перед аэробным путем, поскольку быстрее выходит на максимальную мощность (20–30 с), в то время как аэробному на это потребуется 3–4 мин. Кроме того, он имеет более высокую величину максимальной мощности (в два раза выше, чем при тканевом дыхании) и не требует участия митохондрий и кислорода.

Однако у гликолитического пути ресинтеза АТФ есть и недостатки. Этот процесс малоэкономичен, поскольку в конце гликолиза образуются только две молекулы АТФ, тогда как при аэробном механизме энергообеспечения образуется 38 молекул АТФ. Такая неэкономичность в сочетании с большой скоростью быстро приводит к исчерпанию запасов гликогена. Другой серьезный недостаток этого пути – накопление конечного продукта гликолиза – лактата, являющегося фактором, нарушающим структуру мышечных волокон и снижающим их функциональную активность. При снижении интенсивности мышечной работы, а также в промежутках отдыха во время тренировки или перерывах игры лактат частично выходит из мышечных клеток в кровь или лимфу, что делает возможным повторное включение гликолиза (Волков и др., 2000).

У тренированных спортсменов высокого класса в результате тренировочных занятий с использованием субмаксимальных нагрузок повышается исходная (в покое) концентрация гликогена в мышечных клетках, увеличивается скорость гликолиза за счет быстрой активации ферментов с одновременным развитием резистентности (нечувствительности) клеток к снижению кислотно-основного равновесия (рН) из-за накопления лактата, и поэтому они сравнительно легко адаптируются к снижению рН крови до 7,0. Существует высокая степень зависимости между ПАНО (лактатным порогом анаэробного обмена) и спортивными результатами в видах спорта, требующих выносливости (Платонов, 2004), в т.ч. и скоростно-силовой выносливости, как в хоккее. Таким образом, с ростом спортивного мастерства игроков у организма будут более высокими максимальная мощность лактатного анаэробного пути энергообеспечения и время работы с максимальной мощностью, а время разворачивания – более быстрым (Колупаев, 2004; Павлов, 2008). Анаэробная мощность организма спортсмена определяется его способностью мобилизовывать максимальное количество мышечных волокон и с помощью гликолиза снабжать их достаточным количеством АТФ. Однако этот путь является главным преимущественно при кратковременных мышечных нагрузках, поскольку кровь не успевает доставлять к мышцам необходимое количество кислорода, поэтому большая часть энергии образуется именно анаэробным путем.

Анаэробные лактатные источники являются превалирующими в механизмах энергообеспечения работы, продолжительность которой колеблется от 30 с до 6 мин, и поэтому в хоккее значение анаэробных источников энергии велико. При более длительной работе, которая обеспечивается преимущественно за счет аэробного пути ресинтеза АТФ, большое значение имеют и аэробные источники энергии. При этом даже частичное получение энергии аэробным путем дает организму значительные преимущества, поскольку образование АТФ идет более экономично, а для обеспечения доставки кислорода увеличивается мышечный кровоток, что позволяет накопившимся во время интенсивной мышечной работы токсическим продуктам метаболизма, прежде всего лактату, быстрее проникать из мышечных клеток в кровеносное русло и элиминироваться (удаляться) из него (Платонов, 2004).

Существует ряд важных характеристик лактатных механизмов энергообеспечения, знание которых необходимо тренеру для подготовки высококвалифицированных хоккеистов. Прежде всего – это *лактатный порог*. По мере того как игрок выполняет физическую нагрузку возрастающей мощности, молочная кислота накапливается в его мышцах и выходит в кровь. Часть лактата при этом нейтрализуется специальными веществами, содержащимися в крови, но постепенно все новые количества образующегося лактата проникают через мембрану мышечных клеток, и в результате концентрация молочной кислоты в крови начинает повышаться. В этот момент кривая концентрации накапливающегося лактата образует излом. Это означает, что к аэробному процессу получения энергии постепенно добавляется анаэробный процесс. Такой переход называется прохождением аэробного, или лактатного, порога. Большинство физиологов спорта и тренеров принимают за лактатный порог концентрацию молочной кислоты в крови $4 \text{ ммоль} \times \text{л}^{-1}$, тогда как в покое до начала работы этот показатель обычно не превышает $1\text{--}2 \text{ ммоль} \times \text{л}^{-1}$ (Волков и др., 2000; Wells, 1991).

Параллельно с накоплением молочной кислоты в крови в кислую сторону (т.е. в сторону уменьшения значений) изменяется и водородный показатель (рН). В покое его величина составляет 7,36–7,40, а после интенсивной работы снижается в среднем до 7,2–7,0. Наибольшие изменения концентрации лактата и рН крови, наблюдаемые после нагрузки «до отказа» в зоне субмаксимальной мощности, и характеризуют метаболическую емкость гликолиза. Максимальную мощность гликолитического пути ресинтеза АТФ можно оценить по скорости увеличения концентрации лактата или скорости снижения рН (Конрад, 1974; Макарова, Холявко, 2006).

Следующим важным показателем, характеризующим анаэробные механизмы энергообеспечения, является *анаэробный порог*, который соответствует потреблению кислорода в 3,5–4,5 л × мин⁻¹. После прохождения анаэробного порога частота и глубина дыхания резко возрастают. Уровень лактата в крови хоккеистов повышается, достигая к концу периодов матча 8–13 ммоль × л⁻¹, а у игроков высокого класса иногда – 15–17 ммоль × л⁻¹, что значительно превышает лактатный порог. Небольшое повышение концентрации молочной кислоты в крови «помогает» эритроцитам отдавать тканям кислород. Однако постепенно накопление молочной кислоты изменяет скорость многочисленных биохимических реакций в организме. Предполагают, что при этом нарушается кровоснабжение мышечных волокон (Никонов, 2008а), что негативно отражается на физической работоспособности игроков.

Наряду с исследованием крови и мочи для оценки параметров гликолитического пути ресинтеза АТФ может быть использовано определение *лактатного кислородного долга* – повышенного потребления кислорода в ближайшие 1–1,5 ч после окончания тренировки или игры. Этот избыток кислорода необходим для устранения молочной кислоты, накопившейся вследствие интенсивных физических нагрузок. Наибольшие величины лактатного кислородного долга определяются после нагрузок продолжительностью 2–3 мин, выполняемых с предельной мощностью. Максимальный кислородный долг у хоккеистов достигает 10–16 л (Марьянович, 2007). Продолжительность игрового микроматча в хоккее обычно составляет 1–2 мин, и за это время накапливается до трех литров кислородного долга, который в период отдыха между выходами хоккеиста на лед не успевает полностью ликвидироваться. Поэтому дальнейшая игровая деятельность выполняется в условиях кислородного долга, что является одним из факторов временного снижения работоспособности к концу хоккейного матча (Бриль, 1984; Горский, 1989; Колузганов, 2007).

У высококлассных игроков величина лактатного кислородного долга может достигать 18–20 л, а иногда и 20–22 л. Когда хоккеист прекращает работу или значительно снижает ее интенсивность, он устраняет несоответствие между потребностью мышц в кислороде и возможностями кардиореспираторной системы по его доставке. Лактат в несколько этапов окисляется в цикле Кребса до СО₂, который выводится легкими в окружающую среду, и таким образом происходит погашение кислородного долга (Никонов, 2008а).

Представление об использовании отдельных механизмов энергообеспечения можно получить по результатам изменения концентрации молочной кислоты (или лактата) и глюкозы в крови. Максимальное накопление лактата в крови достигается при исполь-

зовании алактатного механизма использования АТФ, а глюкозы – при главенстве аэробного механизма ресинтеза АТФ. При любой мышечной работе функционируют все три пути ресинтеза АТФ, но включаются они последовательно. В первые секунды работы ресинтез АТФ идет за счет креатинфосфатного (алактатного анаэробного) пути, затем включается гликолиз, и, наконец, по мере продолжения работы, на смену гликолизу приходит тканевое дыхание (аэробный механизм энергообеспечения).

Переход энергообеспечения мышечной деятельности с анаэробных путей на аэробный приводит к уменьшению суммарной выработки АТФ за единицу времени, что находит отражение в снижении мощности выполняемой работы (*табл. 1.1*). Конкретный вклад каждого из механизмов образования АТФ в энергообеспечении мышечных движений зависит от интенсивности и продолжительности физических нагрузок.

При кратковременной, но очень интенсивной работе (например, во время матча при атаке с ходу из зоны защиты и средней зоны, когда скорость атакующих действий, направленных на взятие ворот, очень высока) главным источником АТФ является креатинкиназная реакция (алактатный анаэробный путь энергообеспечения). Очень важен этот механизм энергообеспечения и для вратарей, которым требуется большая взрывная мощность при небольшой продолжительности работы.

Таблица 1.1

Сравнительные количественные характеристики основных механизмов энергообеспечения (цит. по Волков и др., 2000; Платонов, 2004, 2017)

Измеряемый параметр	Механизм энергообеспечения		
	алактатный анаэробный (креатинфосфатный)	алактатный анаэробный (гликолитический)	аэробный (тканевое дыхание)
Максимальная мощность, Вт × мин ⁻¹ × кг ⁻¹	900–1100	750–850	350–450
Время развертывания	1–2 с	20–30 с	3–4 мин
Время сохранения максимальной мощности	8–10 с	2–3 мин	Десятки минут

Преобладающая часть тренировочных занятий на развитие ловкости у хоккеистов выполняется в аэробном и аэробно-анаэробном режиме. В смешанном аэробно-анаэробном режиме, преимущественно направленном на повышение эффективности алактатного энергообеспечения, исполняются кратковременные, длительностью до 10–12 с, тренировочные задания, такие как эстафеты, слаломный бег с переключениями и др. Аэробные процессы, обладающие наибольшей емкостью и эффективностью, достигают максимума своей интенсивности приблизительно к пятой минуте после начала работы, т.е. тогда, когда работа имеет достаточно продолжительный характер. Аэробные механизмы энергообеспечения включаются и в период восстановления после нагрузок анаэробного

и смешанного характера в интервалах отдыха между тренировочными упражнениями, а также в случае остановки матча, между сменами и периодами игры. Кроме того, прослеживается четкая зависимость между анаэробной производительностью спортсменов и их квалификацией: накопление лактата у игроков сборной команды выше, чем у юниоров, примерно на 20–25%. Следует отметить, что для развития аэробной работоспособности необходимо тренировать игрока на первом этапе на повышение емкости аэробных процессов, а затем их мощности (Никонов, 2008а).

Эффективность тренировочной деятельности спортсменов в контексте механизмов энергообеспечения двигательной активности зависит также от структуры мышечных волокон. В процессе передвижения на коньках основную роль играют быстросокращающиеся мышечные волокна (белые специфические), а медленносокращающиеся мышечные волокна (красные неспецифические) – в процессе утилизации накопившейся молочной кислоты; таким образом происходит ускорение процессов восстановления. Исходя из этого, непродолжительная (15–20 мин) аэробная подготовка с использованием беговых нагрузок, занятий на велотренажере, легких силовых упражнений нескоростного характера, где в работу включаются неспецифические для обеспечения мышечной деятельности хоккеиста волокна, улучшает адаптационные возможности организма игроков и, соответственно, уровень их спортивного мастерства (Никонов, 2008а, б).

Однако прирост скорости движения игрока по площадке определяется совершенствованием анаэробных возможностей. При целенаправленной тренировке анаэробной алактатной системы энергообеспечения в мышечной ткани увеличивается содержание креатинфосфата (энергетического субстрата для этого пути ресинтеза АТФ) и повышаются компенсаторные и адаптационные возможности организма спортсмена.

В целом анаэробная производительность представляет собой совокупность функциональных возможностей организма, обеспечивающих выполнение интенсивной мышечной работы в условиях дефицита кислорода. Большое влияние на анаэробную производительность оказывает активность ферментов, участвующих в алактатном и гликолитическом процессах, величина внутримышечных запасов креатинфосфата и гликогена; уровень развития компенсаторных механизмов, обеспечивающих поддержание гомеостаза (включая величину щелочных резервов организма); степень приспособления внутриклеточных систем к работе при наличии резко выраженных неблагоприятных изменений во внутренней среде организма (Марьянович, 2007).

Хоккеист при передвижении на коньках выполняет различные виды бега (скользящими шагами, короткими шагами, скрестными шагами и др.), поворотов, прыжков, торможений и остановок, причем с неодинаковой скоростью и необходимостью быстрого переключения с одного вида движений на другой, поэтому и механизмы энергообеспечения в организме хоккеиста также комплексны и диктуют обязательность переключения этих механизмов, т.е. носят «рваный» характер. В процессе тренировочной соревновательной деятельности (как в единичном игровом отрезке, так и в матче в целом) хоккеист высокой квалификации выполняет работу разной мощности в следующих соотношениях:

- максимальной и субмаксимальной мощности – 14–16% в анаэробных режимах;
- большой мощности – 24–26% в аэробно-анаэробном режиме;
- умеренной мощности – 60% в аэробном режиме (Колосков, 1982).

За время игровой тренировки или игры организм хоккеиста характеризуется параметрами, представленными в *таблице 1.2*.

Таблица 1.2

Параметры организма хоккеиста во время физической нагрузки

(цит. по Никонов, 2008а, б)

№	Параметр	Количественная характеристика
1.	Общая характеристика игровых или тренировочных нагрузок	Пробег 5500 м за 20–28 мин на льду
2.	Продолжительность взрывной составляющей нагрузки	5–7 с
3.	Частота сердечных сокращений на льду	152–172 уд × мин ⁻¹
4.	Частота сердечных сокращений на скамье	96–120 уд × мин ⁻¹
5.	Среднее $\dot{V}O_2\text{max}$ на протяжении игры или тренировки	4,2–4,9 л × мин ⁻¹ или 54,0–57,4 мл × мин ⁻¹ × кг ⁻¹
6.	Потребление кислорода	70–80% $\hat{V}O_2\text{max}$

Из-за специфики игровых видов спорта, особенно хоккея на льду, где скорость высока и ситуация меняется очень быстро, весьма сложно спрогнозировать, какие именно механизмы энергообеспечения будут задействованы в каждом конкретном отрезке игры конкретным игроком. Мощность выполняемой работы постоянно изменяется, и работа в зоне большой мощности чередуется с работой в зоне максимальной или субмаксимальной мощности. Можно выделить и такие отрезки игры, когда мощность работы конкретного игрока существенно снижается (зона умеренной мощности). Поэтому при подготовке хоккеистов высокого класса необходимо применять тренировочные нагрузки, развивающие все механизмы ресинтеза АТФ с учетом игрового амплуа и конкретных особенностей организма игрока (Кулиненков, 2009). По данным J.F. Вигг и соавт. (2008), *«пиковая анаэробная выходная мощность важна для выбора более высокого драфта во всех позициях; однако степень важности этого измерения варьировалась в зависимости от игровой позиции»*. Данное исследование свидетельствует, что показатели пиковой анаэробной мощности наиболее полезны при дифференциации игроков, занимающихся защитными функциями.

При повышении интенсивности работы возрастает роль анаэробных поставщиков энергии. Так, при интенсивности работы, соответствующей 60–70% $\dot{V}O_2\text{max}$, энергообеспечение осуществляется как углеводами, так и жирами. Аэробные процессы энергообразования у хоккеистов играют существенную роль не только во время работы, но и в период отдыха после нее, в интервалах отдыха между отдельными тренировочными и соревновательными действиями. При интенсивности работы, соответствующей 100% $\dot{V}O_2\text{max}$, почти единственным источником энергии являются углеводы (Колузганов, 2007).

Аэробная производительность определяется суммарным $\dot{V}O_{2max}$, т.е. абсолютной величиной потребления кислорода ($л \times мин^{-1}$). Относительное значение $\dot{V}O_{2max}$ во многом зависит от массо-ростовых характеристик хоккеиста и, особенно, от компонентного состава его тела. Исследования показали, что у хоккеистов высокого класса значения $\dot{V}O_{2max}$ находятся в пределах $52-75 \text{ мл} \times \text{кг}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$. Наивысшая аэробная производительность у игроков отмечается в начале сезона после окончания подготовительного периода (Никонов, 2008а). Имеются сведения о том, что показатели аэробной производительности на уровне элитного молодежного хоккея с возрастом игроков увеличивались, однако темпы прироста от юношей к юниорам снижались. Есть еще одно обстоятельство, определяющее интерес к аэробным тренировкам хоккеистов как представителей видов спорта со значительным вкладом аэробного механизма энергообразования: адаптация к аэробной тренировке приводит к увеличению числа и размеров митохондрий (Leiter et al., 2015). Очевидный вывод из этого исследования – удвоение числа митохондрий удвоит количество участков для поглощения кислорода и обмена веществ. И хотя О.В. Bassett & Е.Т. Howley (2000) сообщают о том, что 2,2-кратное увеличение митохондриальных ферментов приводило лишь к незначительному увеличению $\dot{V}O_{2max}$ – на 20–40%, такой рост выгоден для спортсмена. Скорее всего, увеличение митохондрий и митохондриальных ферментов осуществляется при субмаксимальном потреблении кислорода в гораздо большей степени, чем при $\dot{V}O_{2max}$. Механизм этого явления заключается в том, что увеличение митохондрий предназначено для того, чтобы вызвать меньшие помехи в протекании гомеостатических реакций в тренированных мышцах (Holloszy, Coyle, 1984; Little et al., 2010). Таким образом, существуют два основных метаболических эффекта увеличения количества митохондриальных ферментов в клетках скелетной (и сердечной) мускулатуры: во-первых, мышцы, приспособленные к упражнениям на выносливость, будут окислять жир с более высокой скоростью, что поможет сохранению содержания мышечного гликогена и глюкозы в крови, и, во-вторых, снизится производство лактата во время физических упражнений.

Однако ни аэробная, ни анаэробная производительность не являются абсолютными факторами, определяющими специальную работоспособность хоккеиста. В ряде случаев установлено, что команды, игроки которых имеют самые высокие показатели $\dot{V}O_{2max}$, не всегда являются лидерами, а уровень мастерства команды не всегда совпадает с самым высоким показателем $\dot{V}O_{2max}$.

Известно, что при высоком уровне технико-тактического мастерства тренер может проводить тренировки, направленные на увеличение $\dot{V}O_{2max}$. При этом уровень технико-тактического мастерства хоккеистов продлится во времени и повысится. При более низком уровне мастерства игрока $\dot{V}O_{2max}$, в сочетании с ростом анаэробной производительности, следует повышать очень осторожно при строгом контроле аналитико-синтетической деятельности центральной нервной системы хоккеиста. При увеличении адаптационных возможностей хоккеистов прослеживается четкая зависимость между анаэробной производительностью спортсменов и их квалификацией: накопление лактата к концу игрового периода у высококвалифицированных членов сборной команды выше, чем у юниоров, примерно на 20–25% (Костка, 1996; Косилова, 2004).

Анаэробная работоспособность характеризуется максимальным кислородным долгом, а также количеством образующейся молочной кислоты при выполнении околопредельной мышечной работы продолжительностью от 20–30 с до 2–2,5 мин. В хоккее с шайбой одна смена совпадает по длительности с указанным выше временем. При этом интенсивность движений хоккеиста может быть очень высокой. Следовательно, тестирование анаэробной производительности является важным фактором оценки уровня профессионального мастерства хоккеистов.

Вместе с тем годичный тренировочный цикл хоккеистов высшей квалификации включает большой объем выполняемых физических упражнений, из которых значительную часть составляют соревновательные нагрузки. Обращает на себя внимание большая доля аэробной работы (63,2% общего объема), хотя в последние годы отмечается тенденция к некоторому ее снижению, и увеличение вклада аэробно-анаэробных тренировочных нагрузок. Тем не менее нельзя считать, что в вопросе соотношения интенсивности и направленности нагрузок с разным характером энергообеспечения имеется полная ясность. В то же время исследователи утверждают, что *«знания, которые получены в результате научных исследований, особенно необходимы для реализации тренировочных проектов при подготовке в таких видах, где аэробный и анаэробный метаболизм задействован в определенном соотношении»* (Duffield et al., 2005). Данные работы R. Duffield и соавторов, как и ряда других исследований, показали, что внедрение аэробного энергообеспечения в работу происходит значительно быстрее, чем это считалось ранее, т.е. вклад аэробных механизмов энергообеспечения ранее недооценивался. Соотношение вклада аэробных и анаэробных механизмов в работу максимальной интенсивности оценивали как $1/10$, а например, в беге на 100 м вклад анаэробной производительности считали равным практически 100%. В работах последних лет приведены другие значения вклада разных процессов энергообразования с учетом гендерных характеристик (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Соотношения аэробного и анаэробного энергообеспечения в беге от 100 до 3000 м для мужчин и женщин

Длина дистанции	Мужчины		Женщины	
	% аэробного энергообеспечения	% анаэробного энергообеспечения	% аэробного энергообеспечения	% анаэробного энергообеспечения
3000 м	85,9 (+7,1)	41,1 (+7,1)	93,9 (+2,3)	6,1 (+2,3)
1500 м	76,8 (+6,9)	23,2 (+6,9)	85,5 (+8,2)	14,5 (+8,2)
800 м	60,3 (+9,0)	39,7 (+9,0)	70,1 (+16,2)	29,9 (+16,2)
400 м	41,3 (+10,9)	58,7 (+10,9)	44,5 (+7,6)	55,5 (+7,6)
200 м	28,4 (+7,9)	71,6 (+7,9)	33,2 (+8,0)	66,8 (+8,0)
100 м	20,4 (+7,9)	79,6 (+7,9)	25,0 (+7,4)	75,0 (+7,4)

Именно в связи с такими сведениями дополнительно отмечается настоятельная необходимость повышения аэробных возможностей в тех видах спорта, где вклад аэробного компонента достаточно высок, и хоккей на льду не является исключением. При этом в тренировочных занятиях требуется увеличение доли специфических тренировочных упражнений. Важность такого подхода состоит и в том, что аэробная производительность также определяет скорость процесса восстановления. С.Е. Павлов (2008) считает, что попытки улучшения аэробной производительности с помощью медленного бега приводят к тому, что формируется функциональная система, не специфическая для хоккеиста. Она будет являться «функциональной системой медленного длительного бега без коньков». Свидетельством необходимости специфической подготовки является отсутствие связи между скоростью бега на коньках и скоростью бега без коньков (Савин, 2003; Allisse et al., 2017). Этими исследователями показано, что физиологические показатели адаптированности вне льда были слабо связаны с показателями специального тестирования, характеризующего производительность катания. Не менее интересны данные о том, что распространенные летние программы тренировки элитных юниоров, направленные, в частности, на повышение силы нижних конечностей, не способствуют улучшению основных навыков катания на коньках. М. Allisse и соавт. (2017) констатируют, что такие программы в лучшем случае поддерживают уровень энергообеспечения мышечной деятельности, достигнутый к концу предшествующего сезона. Важнейшим итогом цитированной работы является заключение, что предлагаемые упражнения должны быть максимально приближены к мышечным и кардиореспираторным требованиям, существующим во время хоккейного матча, что подтверждается и другими исследованиями (Lee et al., 2014).

Одновременное изучение временной структуры игры и биохимических показателей, отражающих степень активации биоэнергетических реакций, свидетельствует о том, что продолжительное выполнение интенсивной нагрузки в одной смене неизбежно приводит к значительному усилению гликолиза, поскольку емкость алактатного процесса оказывается в такой работе недостаточной (мощность креатинфосфатного пути энергообеспечения невелика), а аэробный процесс еще не успевает обеспечить максимальную скорость ресинтеза АТФ (время разветывания достаточно велико). Однако учитывая, что за время игры многократные выходы на лед чередуются с отдыхом на скамейке запасных и что интенсивность работы переменная, можно предположить значительное участие аэробного процесса в энергообеспечении игровой активности хоккеистов. Чем выше емкость алактатного (креатинфосфатного) источника энергии, тем в меньшей степени интенсифицируется гликолиз при кратковременных нагрузках максимальной мощности. Поскольку процент таких нагрузок в соревновательной деятельности хоккеистов весьма высок, быстрая смена механизмов энергообеспечения является необходимым условием проявления скоростно-силовых качеств хоккеиста (Никонов, 2008а). Таким образом, игровая деятельность хоккеиста предъявляет высокие требования ко всем видам аэробного и анаэробного энергообеспечения работы.

1.2. Адаптационные физиологические и метаболические изменения в процессе подготовки квалифицированных хоккеистов

Чтобы добиться успеха в хоккее на льду, игрокам, помимо обладания высокими технико-тактическими характеристиками, необходимо выполнять и специальные программы, направленные на развитие таких двигательных качеств, как сила, мощность, скорость (Кугаевский, 2012). Под влиянием тренировочного процесса достигается высокий уровень практически всех двигательных (физических) качеств: силовых, скоростно-силовых, выносливости, ловкости и гибкости, что обуславливает необходимость работы многих биоэнергетических систем (Nightingale et al., 2013) и, следовательно, диктует необходимость их целенаправленного совершенствования.

Специфичность адаптации в хоккее обусловлена рядом обстоятельств. Одним из первых является двигательная деятельность на скользкой поверхности, т.е. на льду, и связанные с этим биомеханические особенности деятельности и значительные сложности ее изучения (Buckeridge et al., 2015). В этой и других работах подчеркивается, что отличные способности катания на коньках служат одной из наиболее важных характеристик высококвалифицированных хоккеистов (Болотин, Михайлов, 2016; Buckeridge et al., 2015; Robbins et al., 2018). Достаточно специфичным является наличие игровых пауз при сменах состава и высокий уровень скоростно-силовой деятельности, что связано с наличием силовых приемов (Савин, 2003; Павлов С.Е., 2008; Павлов А.С., 2017). Последние требуют не только развития скоростно-силовых качеств, но и устойчивости организма к болевым раздражителям и многочисленным стрессорным факторам. Поэтому для успешной игровой деятельности необходима очень высокая степень освоения двигательных навыков, правильность выполнения биомеханической структуры действия. Но при этом важен не только объем, база действий, но и адекватность их использования конкретным игровым ситуациям (Зыков, Козин, 2014). Интересно, что, несмотря на определенное сходство высокого темпа игровой деятельности, квалифицированные хоккеисты обладают большей скоростью распознавания игровых действий по сравнению с опытными волейболистами (Smeeton и соавт., 2004), хотя неясно, является ли это результатом обучения или грамотного первичного отбора.

Некоторыми специалистами высказывается мнение о том, что в организме спортсмена происходит формирование специфической функциональной системы (ФС), направленной на достижение спортивного результата (Павлов С.Е., 2008), что определяет характер адаптивных изменений всех компонентов такой ФС. Возможная обоснованность такого мнения подтверждается специфичностью совершенствования зрительной системы. Речь идет об особенности фиксации взгляда, присущей хоккейным вратарям, наличия ярко выраженного феномена так называемого «спокойного глаза». Этот феномен заключается в том, что спортсмены-профессионалы фиксируют свой взгляд на объекте на гораздо более длительное время, чем спортсмены-любители. Так, например, при выполнении штрафного броска баскетболист-профессионал задерживает взгляд на кольце почти на секунду, а любитель – всего на 0,4 с. Исследования, проведенные с уча-

ствием хоккейных вратарей, показали, что они не только фиксируют взгляд на соперниках с шайбой, но и успешно координируют свои действия с кинематикой оппонента. Более значительная продолжительность рано начинающегося при броске «спокойного глаза» сопутствует большему числу «спасений», т.н. сейвов (Panchuk et al., 2017). В связи с этим следует считать, что тренерам необходимо разрабатывать такие упражнения, которые тренируют способность вратаря фиксировать взгляд на шайбе на ранних стадиях движения соперника и поддерживать длительную фиксацию взгляда на шайбе до тех пор, пока она не будет выпущена с клюшки.

Совершенствование двигательных качеств определяется особенностями игровой деятельности. Во время игры хоккеистам необходимо уметь быстро развивать и замедлять скорость на временном отрезке, который длится всего 30–45 с. Матч состоит из этих отрезков, а отдыхает игрок, сидя на скамье. Кроме того, игрокам приходится переносить резкие всплески силы ввиду высокой скорости, развиваемой при скольжении, что диктует необходимость адекватного энергообеспечения такой напряженной и разнообразной мышечной работы. Во время матча соотношение времени периодов отдыха и работы у форварда составляет, как правило, 3:1, а у защитников – примерно 2:1, хотя в зависимости от игровой ситуации это время может изменяться. Совокупность таких обстоятельств определяет характер адаптации организма хоккеиста и особенности построения тренировочного процесса.

Для квалифицированных спортсменов развитие двигательных качеств требует использования специфических упражнений определенного вида спорта. Хотя во многом подходы к развитию двигательных качеств изучены достаточно неплохо, нет оснований считать, что в процессе организации тренировок существует абсолютная ясность. Многие исследователи при рассмотрении проблем организации тренировочного процесса указывают на существующие препятствия при попытках одновременного развития необходимых двигательных качеств.

Многие специалисты определяют условия выполнения спортсменами скоростной работы: *«Техника скоростных упражнений должна обеспечивать их выполнение на предельных скоростях. Упражнения должны быть настолько хорошо изучены и освоены, чтобы основные усилия были направлены не на способ, а на скорость выполнения. Наконец, продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы при их завершении скорость, несмотря на утомление, не снижалась»* (Зациорский, 1966). В.П. Савин (2003) по отношению к хоккеистам подчеркивает, что *«...важное значение имеют режимы выполнения скоростных упражнений, их небольшая длительность (до 20–25 с), с небольшими интервалами отдыха, требующимися для восстановления. Отдых не может быть значительным, т.к. может уменьшиться оптимальная возбудимость ЦНС»*.

Но даже это описание показывает недостаточную обоснованность таких рекомендаций. Результаты исследований последних лет показывают, что приведенные выше эмпирические соображения относительно длительности упражнений максимальной интенсивности и продолжительности интервалов отдыха при развитии скоростных возможностей не согласуются с реальной действительностью. В самое последнее время получены данные о том, что при интервальной тренировке бегунов-спринтеров использование дополнительных интервалов отдыха делало тренировочное занятие более эффек-

тивным, поскольку максимальная мощность увеличивалась более значительно, чем при коротких, традиционно используемых интервалах отдыха (Ikutomo и соавт., 2018). Такого рода исследования для хоккеистов неизвестны, однако возможно предположить, что описанная закономерность характерна не только для бегунов, но может использоваться и в других видах спорта в развивающих аэробных микроциклах подготовки.

Отдельные исследователи считают, что *«вопреки сложившемуся в спортивной педагогике мнению, скоростные «качества» абсолютно тренируемы»* (Павлов С.Е. и соавт., 2008). Согласно представлениям этих авторов, организм должен быть поставлен в такие условия, в которых развиваются именно его скоростные качества, причем с обеспечением включения в это движение силового компонента. Одновременно нужно учитывать, что набор средств, используемый в воспитании специальных скоростных качеств хоккеистов, достаточно ограничен. Это обусловлено тем, что каждый двигательный акт абсолютно специфичен и эта специфичность отражена не только во «внешних» параметрах самого двигательного акта, но и в соответствии этим параметрам конкретных функционально-физиологических структур организма, обеспечивающих выполнение данного конкретного движения. Однако следует заметить, что, приводя такие соображения, эти авторы не учитывают специфику двигательной деятельности в хоккее, где скорость игрока связана с особенностями передвижения на коньках. В то же время канадские специалисты показали в своих исследованиях, проведенных на хоккеистах, наличие связи между скоростью бега и скоростью перемещения на коньках. Кроме этого, для развития высокой скорости бега на коньках большое значение имеют координационные возможности, что показывает корреляция показателей баланса и межмышечной координации со скоростью бега (Behm et al., 2005).

Наряду с этими сведениями исследования в более близком виде спорта (футбол) показали неоднозначность использования длинных или коротких интервалов отдыха при совершенствовании результатов бега на 20 и 200 м (Iaia et al., 2017). Был изучен вариант тренировок, включавший шестикратное повторение 30-метровых отрезков спринта с интервалами отдыха длительностью либо 15, либо 30 с. Итогом данного исследования явилось то, что тренировка с повторным спринтерским бегом (интервальная тренировка) с короткими интервалами отдыха повышала время наступления утомления и поддержания усилий максимальной интенсивности (супермаксимальные усилия), тогда как тренировка с более длительными интервалами отдыха являлась более значительным стимулом для увеличения общей скорости. Длительный отдых позволял спортсменам поддерживать более высокую скорость и значительно улучшал спринтерскую производительность на 20-метровом отрезке.

Такие различия мнений и результатов исследований показывают, что развитие скорости относится к достаточно сложным аспектам спортивной тренировки. Это в полной мере относится и к тренировке в хоккее с шайбой. Нередко сочетание двух различных тренировочных целей может приводить к противоположным изменениям, снижающим эффективность тренировки. Так, например, для развития быстрой силы выбирают тренировку с невысоким отягощением, что позволяет выполнять движения с высокой скоростью и в высоком темпе. Однако такой подход малоэффективен в отношении мышечной гипертрофии, для развития которой нужны движения с низкой скоростью, которые сопро-

обладают значительным закислением мышц, увеличением содержания анаболических гормонов и факторов роста в сыворотке крови. Поэтому у тренера всегда существует выбор в построении тренировочного процесса в зависимости от того, какие стороны данного качества он планирует развивать на данном этапе подготовки хоккеиста. В частности, например, стратегия использования большого отягощения направлена на развитие мышечной гипертрофии, но малоэффективна в отношении развития двигательных навыков. Определяется это тем, что при высокой интенсивности нагрузки суммарное количество тренировочных движений недостаточно для двигательного обучения. Таким образом, протокол тренировки, эффективный для увеличения объема мышечной массы, может не обеспечивать специфичности тренировочных воздействий, а протокол, направленный на совершенствование механизмов внутри- и межмышечной координации, может оказаться малоэффективным для наращивания массы скелетных мышц (тощей массы тела). Из этого вытекает необходимость динамического регулярного контроля показателя состава тела как фактора эффективности тренерских усилий. Исследования В.Р. Ronnestad и соавт. (2019) показали, что блочный принцип организации тренировок, направленных на развитие скорости (мощности), силы и выносливости, обладает большей эффективностью по сравнению с традиционной периодизацией у хоккеистов, несмотря на одинаковый объем и интенсивность тренировок (Верхошанский, 1977, 1985).

Таким образом, тренировочный процесс в хоккее на льду определяется значительным разнообразием и необходимостью развития нескольких двигательных качеств, что не может быть не связано с такими же многогранными и разнонаправленными гомеостатическими перестройками в организме игрока. Эта многогранность адаптационных изменений, происходящих в организме спортсмена в процессе его многолетней подготовки, значительное количество составляющих гомеостаза – биохимического, гематологического, иммунологического, гормонального и других, которые оказывают разнонаправленное влияние на составляющие эффективности тренировочной и соревновательной деятельности хоккеиста, диктует необходимость осведомленности тренера и спортивного врача в этом вопросе. Кроме того, одной из основ составления схем фармакологической поддержки на этапах годичного цикла подготовки является как можно более полная и достоверная информация касательно сдвигов параметров гомеостаза организма игрока. Например, оценка функционального состояния печени и поджелудочной железы является необходимым условием для правильной трактовки результатов электрокардиографии и назначения кардиотропных препаратов для улучшения сократительной способности миокарда и предотвращения развития синдрома патологического спортивного сердца, поскольку изменения на кардиограмме могут носить и экстракардиальный характер.

Или иной пример из практики спортивного врача, который показывает, что нарушения со стороны функции поджелудочной железы часто ассоциируются с высоким риском развития повреждения сухожилий. Этот процесс опосредуется через достаточно сложный биохимический механизм, результатом протекания которого является снижение эластичности связок за счет утраты коллагена – основного белка, формирующего соединительную ткань (Макарова, 2003; Гунина, Олейник, 2009).

Понимание, почему в сыворотке крови содержание мочевины выше или ниже референтных (свойственных здоровому представителю определенного вида спорта) значений,