

Методические рекомендации по применению информации о динамике концентрации лактата в крови в тренировочном и соревновательном процессах у спортсменов зимних олимпийских видов спорта, в том числе лиц с ограниченными возможностями»

Москва 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Механизм образования лактата при выполнении мышечной работы....	5
1.1. Анаэробный гликолиз и мышечная деятельность человека.....	5
1.2. Динамика изменения уровня лактата в крови спортсменов при аэробных и анаэробных нагрузках.....	11
2. Биохимические методы оценки уровня лактата в крови спортсменов..	20
3. Методические рекомендации по приему фармакологических средств и напитков до и во время выполнения физической нагрузки, для ускорения выведения лактата из скелетных мышц и крови.....	25
Заключение.....	35

Введение

Гликолитический механизм ресинтеза АТФ в скелетных мышцах заканчивается образованием лактата, который затем поступает в кровь. Выход его в кровь после прекращения работы происходит постепенно, достигая максимума на 3-7 минуте после окончания работы. Содержание лактата в крови в норме в состоянии относительного покоя составляет 1-1,5 ммоль/л и существенно возрастает при выполнении интенсивной физической работы. При этом накопление в крови совпадает с его усиленным образованием в мышцах, которое существенно повышается после напряженной кратковременной нагрузки и может достигать около 30 ммоль/кг массы при изнеможении.

В аэробной зоне физических нагрузок представителей зимних циклических видов спорта (биатлон, лыжные гонки) лактат составляет 2 ммоль/л, в смешанной - 4-10 ммоль/л, в анаэробной - более 10 ммоль/л. Условная граница анаэробного обмена соответствует 4 ммоль/л лактата и обозначается как порог анаэробного обмена (ПАНО).

Лактат крови помогает определить: тренированность спортсмена (аэробную и анаэробно-гликолитическую способность скелетных мышц); эффективность выполненных тренировочных программ; интенсивность нагрузок с преобладающим использованием тех или иных нутриентов и др.

Снижение содержания лактата у одного и того же спортсмена при выполнении стандартной работы на разных этапах тренировочного процесса свидетельствует о росте уровня тренированности, а повышение – о потере этого уровня. При хорошем спортивном результате значительные концентрации лактата в крови после выполнения максимальной работы свидетельствуют о высоком уровне тренированности или о повышенной метаболической емкости гликолиза.

Таким образом, применение информации о динамике концентрации лактата в крови у спортсменов зимних олимпийских видов спорта позволит существенно повысить эффективность подготовки спортсменов.

В данной работе описаны возможности применения информации о динамике концентрации лактата в крови в тренировочном и соревновательном процессах у спортсменов зимних олимпийских видов спорта, в том числе лиц с ограниченными возможностями.

1. Механизм образования лактата при выполнении мышечной работы.

1.1. Анаэробный гликолиз и мышечная деятельность человека

Начальный этап распада углеводных запасов в организме происходит без участия кислорода и поэтому является анаэробным процессом. Терминология зависит от начального этапа: распад глюкозы обозначается как гликолиз, тогда как гликогенолиз начинается с распада гликогена. За исключением случаев, имеющих непосредственное отношение к гликогену, термин «гликолиз» удобнее использовать для обозначения обоих процессов, которые протекают по общему пути после первого этапа.

Гликолиз эффективно преобразует шестиуглеродную в две трехуглеродные молекулы глюкозы. Конечным продуктом аэробного гликолиза является пируват, тогда как конечным продуктом анаэробного гликолиза - лактат. Во время этого процесса некоторое количество энергии, освобожденное при разрыве связей, преобразуется в энергию АТФ.

Перенос молекулы глюкозы через клеточную мембрану осуществляется специальным транспортным белком (ГЛЮТ4). Как только молекула глюкозы поступает внутрь клетки, первым этапом гликолиза становится ее необратимое фосфорилирование, предотвращающее выход этого ценного питательного вещества из клетки: глюкоза преобразуется до глюкозо-6-фосфата (Г-6-Ф). Этот этап протекает необратимо, по крайней мере в мышцах. Печень имеет фосфатазный фермент, который катализирует обратимую реакцию, позволяющую свободной глюкозе выходить из клетки в кровяное русло. Однако в мышцах этот фермент отсутствует.

Гексокиназа - фермент, осуществляющий фосфорилирование глюкозы, тесно взаимосвязан с переносчиком глюкозы, благодаря чему она легко захватывается мышечной клеткой. Гексокиназная реакция является энергозависимой и на каждую молекулу глюкозы требуется одна молекула АТФ. Это также обеспечивает возникновение концентрационного градиента

глюкозы на клеточной мембране, который способствует ее транспорту. Гексокиназная реакция угнетается Г-6-Ф, накопление которого во время выполнения высокоинтенсивных физических упражнений может лимитировать вклад глюкозы крови в углеводный метаболизм в сокращающихся мышцах.

Если гликоген, который предпочтительнее по сравнению с глюкозой крови, является субстратом для гликолиза, то первый этап этого процесса состоит в расщеплении его молекулы до одиночных молекул глюкозы. Это происходит при участии фермента глико-генфосфорилазы. В результате этой реакции образуется глюкозо-1-фосфат (Г-1-Ф) и молекула гликогена становится короче на одну глюкозную единицу. В данном случае субстратами служат гликоген и Фм, причем, в отличие от гексокиназной реакции, на этом первом этапе для расщепления не требуется АТФ. Фосфорилаза воздействует на α -1,4-углеродные связи свободных окончаний молекулы гликогена, но не может разрушать α -1,6-связи. Она прекращает свое действие перед каждой из четырех глюкозных единиц перед точкой ветвления, в результате чего от молекулы гликогена остается только сердцевина с короткими отростками (остаточный декстрин). Для дальнейшего распада молекулы гликогена требуется действие другого фермента - амило-1,6-глюкозидазы, который разрывает α -1,6-связь в точке ветвления и тем самым открывает для действия гликогенфосфорилазы новый участок полисахаридной цепи. Фосфорилаза не может проявлять активность в пределах четырех глюкозных остатков до точки ветвления, поэтому для дальнейшего расщепления требуется действие фермента, разрывающего связь в точке ветвления. Воздействие амило-1,6-глюкозидазы на точку ветвления освобождает глюкозу. Освобождающаяся глюкоза при участии гексокиназы быстро фосфорилируется до Г-6-Ф. Накопление свободной глюкозы в мышечных клетках происходит только во время их высокоинтенсивной сократительной активности при быстром протекании

гликогенолиза: поскольку в таких условиях мало α -1,6-связей, то не более 10 % глюкозных единиц появляется в виде свободной глюкозы.

Фермент фосфоглюкомутаза способствует тому, что образовавшийся в результате воздействия фосфорилазы на гликоген Г-1-Ф быстро преобразуется до Г-6-Ф, который затем включается в гликолитический процесс.

При участии фермента фосфоглюкоизомеразы из Г-6-Ф образуется Ф-6-Ф. Этот фермент характеризуется высокой активностью и реакция может протекать быстро в любом направлении. Затем следует второй этап фосфорилирования и Ф-6-Ф преобразуется во фруктозо-1,6-дифос-фат (ФДФ). Для данной реакции, катализируемой ферментом фосфофруктокиназой (ФФК), также требуется фосфатная группа, донатором которой служит АТФ. Активность ФФК находится под контролем многих внутриклеточных факторов, что играет важную роль в регуляции скорости метаболического процесса, протекающего по этому пути. Фосфофруктокиназная реакция является первым удобным пунктом, через который оказывается влияние на метаболизм как глюкозы, так и гликогена, и которую часто называют скоростьюлимитирующей реакцией гликолиза.

При любой последовательности реакций может быть только одна из них, которая лимитирует скорость всего процесса: он может протекать не быстрее, чем самая медленная из них (скоростьюлимитирующая реакция). Поэтому ФФК обычно является участком гликолиза, определяющим общую его продолжительность. Таким образом, для обеспечения гликолиза, предназначенного для снабжения клетки энергией, требуется две молекулы АТФ.

Фруктозо-1,6-дифосфат расщепляется ферментом альдолазой на две трехуглеродные молекулы: глицеральдегид-3-фосфат и дигидроацетонфосфат. Эти две молекулы взаимопревращаются под влиянием триозофосфатизомеразы и в дальнейшем их метаболизм происходит только через глицеральдегид-3-фосфат. Поэтому дигидрооксиацетонфосфат,

продуцируемый альдозазной реакцией, перед тем как подвергнуться дальнейшему метаболизму, преобразуется до глицеральдегид-3-фосфата. Следовательно, последующие этапы гликолиза удваиваются. Ни альдозаза, ни триозофосфатизомераза не лимитируют скорость гликолитического процесса.

Глицеральдегид-3-фосфат преобразуется в 1,3-дифосфоглицериновую кислоту в ходе сложной реакции, катализируемой глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназой и при этом одновременно происходит переход окисленной формы никотинамидадениннуклеотида (НАД^{*}) в его восстановленную форму (НАДН) с освобождением иона водорода. При физиологических значениях pH 1,3-дифосфоглицериновая кислота существует в ионизированной форме - 1,3-дифосфоглицерата (1,3-ДФГ). Присоединяя водородный ион, НАД^{*} присоединяет также два электрона. Дополнительная фосфатная группа, входящая в 1,3-ДФГ, поступает от неорганического фосфата и в дальнейшем АТФ не используется.

Следующим этапом гликолиза является киназная реакция, в ходе которой фосфатная группа от 1,3-ДФГ переносится к АДФ. При этом образуется АТФ, а 1,3-ДФГ в результате реакции, катализируемой фосфоглицераткиназой, метаболизируется до 3-фосфоглицерата.

В ходе реакции, протекающей при участии фермента фосфоглицеромутаза, происходит внутренняя реорганизация молекулы 3-фосфоглицерата, проявляющаяся в перемещении фосфатной группы ко второй углеродной позиции с образованием 2-фосфоглицерата. Впоследствии эта реакция сменяется катализируемой енолазой реакцией дегидратации, в результате которой образуется фосфоенолпируват (ФЕП). На последнем этапе гликолиза происходит перенос фосфатной группы от ФЕП к АДФ с образованием АТФ и пирувата. Эта реакция катализируется пи-руваткиназой и является второй киназной реакцией.

Таким образом, полный эффект гликолиза заключается в превращении одной молекулы глюкозы в две молекулы пирувата с образованием двух

молекул АТФ и превращением двух молекул НАД' в НАДН. Если стартовым этапом этого процесса является использование гликогена, то в этом случае вырабатывается три молекулы АТФ, поскольку на первом участке фосфорилирования не требуется первоначального вклада АТФ. Хотя чистый энергетический выход и кажется незначительным, все же относительная доступность углеводных запасов и высокая скорость протекания гликолиза позволяют выработать количество энергии, достаточное для обеспечения интенсивной мышечной работы. Так, при беге на 800 м общий энергетический запрос на 60 % удовлетворяется за счет анаэробного метаболизма, при этом около 100 г углеводов (в основном гликоген, количество которого эквивалентно 0,55 молям глюкозы) преобразуется до лактата менее чем за 2 мин. Количество образующегося таким путем АТФ (три молекулы АТФ на одну молекулу распавшейся глюкозы, всего - около 1667 ммоль) значительно превышает то его количество, которое поступает в результате гидролиза КФ. Высокая скорость анаэробного метаболизма позволяет не только быстрее достигнуть устойчивого состояния по сравнению со случаем, если бы мышечная работа обеспечивалась исключительно за счет аэробного метаболизма, но также позволяет развить более высокий темп в начале дистанции еще до того, как сердечно-сосудистая система приспособится к обеспечению возможности удовлетворять доставку и утилизацию кислорода.

Реакции гликолиза, протекающие в цитоплазме, приводят к образованию пирувата, который не фосфорилируется и поэтому легко покидает клетку. При высокой скорости гликолиза некоторая доля образовавшегося пирувата выходит из мышц, однако большая его часть впоследствии подвергается дальнейшему метаболизму. Дальнейшая его судьба зависит не только от такого фактора, как интенсивность физической нагрузки, но и от метаболической способности ткани.

При высокой скорости гликолиза важной проблемой для клетки становится наличие в ней НАД* - необходимого (лимитирующего) кофактора

в глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназной реакции. Количество НАД* в клетке очень незначительное - всего около 0,8 ммоль·кг⁻¹ мышечной ткани (в начале развития гликолиза). Во время интенсивной мышечной активности, как, например, при спринтерском беге, обращаемость АТФ может достигать около 125 ммоль·кг⁻¹·мин⁻¹, а при выполнении кратковременных физических упражнений взрывного характера - до 150 ммоль·кг⁻¹·мин⁻¹. Если образующийся в процессе гликолиза НАДН не реокисляется до НАД* с эквивалентной скоростью, то дальнейшее анаэробное энергообеспечение становится невозможным.

Существуют два механизма, благодаря которым в большинстве, но не во всех клетках может происходить окисление НАДН и регенерация НАД+. Это может достигаться восстановлением пирувата до лактата. Преимущество этой реакции состоит в том, что она может протекать в отсутствие кислорода. Лактат может накапливаться в мышечных клетках до таких высоких концентраций, которых не может достигнуть ни один из гликолитических интермедиатов. Однако когда это происходит, то присоединенные водородные ионы обуславливают снижение внутриклеточного рН. Некоторое количество лактата диффундирует в межклеточное пространство и постепенно начинает накапливаться в крови.

Лактату, выходящему из мышечных клеток, сопутствует выход водородных ионов. Несмотря на буферирование их во внеклеточном пространстве, все же происходит их накопление в экстрацеллюлярной жидкости, вызывающее снижение рН до уровня, который может нарушить функцию клетки. Нормальное значение рН для мышечных клеток в состоянии покоя находится около 7,1. Однако оно может достигать 6,5 и даже меньших значений при высокоинтенсивных физических нагрузках, когда происходит образование большого количества лактата. Поскольку некоторое количество водородных ионов буферруется во внутриклеточной и внеклеточной среде, повышение концентрации лактата и снижение рН происходит в нелинейной зависимости.

При рН 6,5 сократительная способность мышечных волокон начинает снижаться, что может сопровождаться угнетением активности таких ключевых ферментов гликолиза, как фосфоорилаза и фосфофруктокиназа. Снижение рН раздражает свободные нервные окончания в мышцах, что вызывает болевые ощущения. Хотя негативные эффекты ацидоза, возникающие из-за накопления лактата, часто носят затяжной характер, все же не следует забывать, что энергия, вырабатываемая в процессе анаэробного гликолиза, позволяет выполнять высокоинтенсивную мышечную работу, которая не может быть обеспечена аэробным энергетическим механизмом.

1.2. Динамика изменения уровня лактата в крови спортсменов при аэробных и анаэробных нагрузках

Гликолитический механизм ресинтеза АТФ в скелетных мышцах заканчивается образованием лактата, который затем поступает в кровь. Выход его в кровь после прекращения работы происходит постепенно, достигая максимума на 3-7 минуте после окончания работы. Содержание лактата в крови в норме в состоянии относительного покоя составляет 1-1,5 ммоль/л.

Содержание лактата в крови существенно возрастает при выполнении интенсивной физической работы. При этом накопление в крови совпадает с его усиленным образованием в мышцах, которое существенно повышается после напряженной кратковременной нагрузки и может достигать около 30 ммоль/кг массы при изнеможении. В аэробной зоне физических нагрузок представителей зимних циклических видов спорта (биатлон, лыжные гонки) лактат составляет 2 ммоль/л, в смешанной - 4-10 ммоль/л, в анаэробной - более 10 ммоль/л. Условная граница анаэробного обмена соответствует 4 ммоль/л лактата и обозначается как порог анаэробного обмена (ПАНО).

При работе низкой интенсивности ресинтез АТФ в активных мышцах идет практически полностью за счет аэробных реакций. Конечными

продуктами окисления являются углекислый газ и вода. Углекислый газ диффундирует в кровь, связывается с гемоглобином и удаляется из организма через легкие. Начиная с какой-то мощности, ресинтез АТФ обеспечивается не только за счет окисления, но и за счет гликолиза. Продукт гликолиза – пируват и водород. Пируват под действием фермента пируватдегидрогеназы может превращаться в ацетил-КоА и вступать в цикл трикарбоновых кислот. С помощью лактатдегидрогеназы пируват превращается в молочную кислоту/лактат, и наоборот, лактат может превращаться в пируват и далее использоваться, как субстрат для цикла трикарбоновых кислот.

Накапливающийся в цитоплазме лактат может выходить в интерстиций путем диффузии или с помощью специальных переносчиков (MCT1). Из межклеточного пространства лактат попадает в соседние волокна, где может вступить в цикл трикарбоновых кислот, по крайней мере, при низкой концентрации лактата в интерстиции, то есть при низкоинтенсивной работе, либо в кровь.

С кровью лактат переносится к активным скелетным мышцам и другим тканям (например, сердце, печень, скелетные мышцы), в которых может утилизироваться. Если продукция ионов лактата и водорода в клетке больше, чем их утилизация и удаление, то в мышечном волокне начинает возрастать концентрация лактата и падать рН. Повышение концентрации лактата способствует повышению осмотического давления внутри клетки (один из механизмов рабочей гемоконцентрации). По мнению некоторых авторов, лактат не оказывает прямого негативного влияния на сократительные возможности мышечного волокна. Однако лактат косвенно может способствовать снижению рН, влияя на Na^+/H^+ и $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ обмен в клетке. На мышцах животных показано, что ионы лактата способны ингибировать работу кальциевых каналов и активировать АТФ-зависимые калиевые каналы в саркоплазматическом ретикулуме и клеточной мембране, что также

может опосредовано влиять на сократительные способности мышечного волокна.

С другой стороны, повышение внутриклеточной концентрации ионов водорода негативно влияет на сократительные способности мышечного волокна. Как известно, при выраженном мышечном утомлении рН внутри волокна может снижаться до 6,17-6,5. Предполагается, что в этом случае ионы водорода могут влиять на процесс отделения поперечных мостиков миозина от актина за счет снижения чувствительности тропонина к кальцию. Это приводит к снижению силы сокращения мышечного волокна, а в крайнем случае, при выраженном снижении рН, к значительной потере сократительной способности. Кроме того, снижение рН оказывает тормозное влияние на активность некоторых ферментов анаэробного метаболизма, в частности на ключевое звено гликолиза фосфофруктокиназу.

Не следует связывать утомление, возникающее при мышечной работе, только с накоплением ионов водорода и лактата. Скорее всего, развитие утомления имеет комплексную природу, обусловленную изменением концентрации различных метаболитов и ионов, изменением величины мембранных потенциалов и возбудимости. Тем не менее, эти изменения прямым или косвенным образом связаны с выраженной интенсификацией гликолиза.

Во время и особенно после выполнения физической нагрузки лактат утилизируется гепатоцитами (окисление либо глюконеогенез), скелетными мышцами (окисление), либо выводится из организма почками.

Косвенно степень активности мышечного гликолиза при работе большой мышечной массы можно оценить, определяя концентрацию лактата или рН крови, поскольку транспорт протонов и лактата из мышечного волокна пропорционален их образованию. Более того, между концентрацией лактата в мышечной ткани и в крови после динамических упражнений найдена достоверная связь.

Оценка активности гликолиза по изменениям рН и концентрации лактата в крови дает валидные результаты только при работе большой мышечной массы. В противном случае, изменения концентрации лактата в крови малы. Конечно, нельзя ставить знак равенства между концентрацией лактата в крови или рН крови и активностью гликолиза, поскольку часть лактата может утилизироваться другими тканями (печенью, сердцем и др.). Поэтому наиболее объективным методом для оценки активности гликолиза является расчет суммарного выхода лактата из клеток как произведения кровотока на вено-артериальную разницу по лактату, но это инвазивный метод не пригодный для рутинных тестирований.

Изменения концентрации лактата и/или ионов водорода во время работы оценивают также непосредственно в интерстиции или в самом мышечном волокне, используя методы микродиализа или игольчатой биопсии и неинвазивный метод ^1H и ^{31}P -магниторезонансной спектроскопии. Современная техника микродиализа позволяет оценить динамику химизма интерстиция непосредственно во время статической и динамической работы. В исследовании с параллельным измерением лактата в интерстиции и венозной крови во время теста с возрастающей нагрузкой показана сходная динамика этих показателей. Причем концентрация лактата в венозной крови во второй половине теста не отличалась от концентрации лактата в интерстиции. ^1H и ^{31}P магниторезонансная спектроскопия также позволяет оценить изменение рН непосредственно во время работы, но из-за методических ограничений измерения возможны только при локальной работе.

Если во время длительной работы (10-30 мин) постоянной мощности активность гликолиза низкая, то через некоторое время в мышечной клетке установится равновесие между продукцией и утилизацией метаболитов гликолиза. При большей мощности активность гликолиза возрастет и равновесие установится на новом повышенном уровне. В какой-то момент увеличение мощности приведет к выраженному увеличению активности

анаэробных реакций: продукция метаболитов будет больше их утилизации. Концентрация ионов водорода и лактата в клетке, интерстиции и крови начнет непрерывно расти при постоянной мощности работы. В конечном итоге рН клетки упадет до предельно низких значений, сократительные возможности мышцы снизятся, и человек будет вынужден отказаться от продолжения работы (поддержания заданного уровня мощности).

Данные рассуждения нашли подтверждение в экспериментах с участием человека, когда измеряли лактат и/или рН крови при работе с постоянной нагрузкой. Концентрация лактата в ответ на нагрузку меняется быстро в течение первых 1-4 минут. Затем наблюдается медленный выход показателя на плато. Большинство авторов для оценки выхода этого показателя на плато используют эмпирический критерий: прирост концентрации лактата менее 0,025-0,05 ммоль/л/мин в период с 15-й по 20-ю минуту теста с постоянной нагрузкой. Та мощность, при которой наблюдается предельное устойчивое состояние между выходом в кровь и утилизацией продуктов гликолиза (выход на плато зависимости концентрации лактата от времени работы при заданной мощности), получила название максимального устойчивого состояния по лактату. Как правило, не удается идеально точно подобрать нагрузку, соответствующую мощности максимального устойчивого состояния по лактату. Поэтому выполняют две-три нагрузки с эмпирически выбранной мощностью и путем экстраполяции определяют мощность, на которой наблюдается критическая скорость прироста лактата.

Оказалось, что в среднем по популяции концентрация лактата при максимальном устойчивом состоянии составляет 4 ммоль/л. При этом могут наблюдаться достаточно широкие вариации (2-7 ммоль/л). Не удалось выявить связи между концентрацией лактата при максимальном устойчивом состоянии и уровнем тренированности. Однако выявлена четкая зависимость между мощностью, на которой проявляется максимальное устойчивое состояние по лактату, и уровнем аэробной работоспособности: чем выше

тренированность человека, тем больше мощность, при которой достигается максимальное устойчивое состояние по лактату. С точки зрения подготовки спортсменов, максимальное устойчивое состояние по лактату характеризует ту предельную мощность (скорость передвижения по дистанции), которую спортсмен способен поддерживать в течение нескольких десятков минут. В данном случае не рассматриваются сверхдлинные (марафонские) дистанции, где одним из лимитирующих работоспособность факторов может выступать истощение углеводных запасов.

Несмотря на явную прогностическую значимость показателя максимального устойчивого состояния по лактату, данный способ оценки аэробных возможностей имеет существенный недостаток – большую трудоемкость и нагрузочность. Это накладывает серьезные ограничения на использование этого теста в качестве рутинного диагностического инструмента. Учитывая тот факт, что большинство физиологических показателей в ответ на прирост нагрузки быстро – в течение первых одной-двух минут изменяются, можно оценивать переход от «чисто» аэробного к аэробно-анаэробному метаболизму в тесте со ступенчато возрастающей нагрузкой с продолжительностью ступени 2-3 минуты. В последующем для этих же целей стали использовать тест с непрерывно возрастающей нагрузкой со сходным градиентом нарастания нагрузки.

Лактатный порог – это мощность (потребление кислорода) во время теста с возрастающей нагрузкой, при которой выделяется перегиб на кривой, описывающей зависимость логарифма концентрации лактата в крови от логарифма потребления кислорода (мощности). Концентрация лактата определяется каждую минуту. Место перегиба определяется с помощью метода V-slope. Метод очень чувствителен к общему количеству измерений концентрации лактата во время теста. Недостаточное количество наблюдений на «чисто» аэробном участке может сильно исказить результат. Некоторые авторы измеряют концентрацию лактата не только во время теста,

но и в первые минуты восстановления после него, определяя так называемый индивидуальный анаэробный порог.

Порог анаэробного обмена (ПАНО) или анаэробный порог – это мощность (потребление кислорода) во время теста с возрастающей нагрузкой, при которой регистрируется концентрация лактата в крови, равная среднепопуляционной концентрации лактата при максимальном устойчивом состоянии по лактату – 4 ммоль/л, то есть та максимальная мощность, при которой продукция метаболитов гликолиза равна их утилизации. Недостатком метода является то, что у конкретного человека концентрации лактата при максимальном устойчивом состоянии может сильно отличаться от среднестатистического значения, что может давать неточный результат при сопоставлении аэробных возможностей у разных индивидуумов.

Кинетика молочной кислоты в крови у спортсменов при напряженной мышечной деятельности

Молочная кислота - конечный продукт анаэробного распада углеводов в работающих мышцах. Ее образование в результате гликолитической оксидоредукции происходит в строгой стехиометрии к количеству метаболизируемых субстратов (глюкозы или гликогена) и количеству АТФ (ресинтезируемой в реакциях гликолитического фосфорилирования). Относительно небольшая по своим размерам молекула молочной кислоты легко диффундирует из работающих мышц во внеклеточное пространство и с током крови быстро перераспределяется в организме. Отслеживая кинетику молочной кислоты в крови, нетрудно составить точное представление о степени усиления анаэробного метаболизма при работе и установить предельные возможности человека противостоять утомлению, возникающему в условиях неадекватного снабжения тканей кислородом.

Примененная в исследованиях Волкова Н.И. и соавторов (2011) методика быстрых, непрерывных заборов проб крови позволила выявить в кинетической кривой «накопление-устранение» молочной кислоты ряд деталей, которые при обычной методике взятия проб крови оставались

незамеченными. К числу таких наиболее важных кинетических моментов следует отнести наличие кратковременного (15 - 30 с) лаг-периода в начале упражнения, появление отставленного максимума после окончания упражнения и обнаруживающиеся на многих индивидуальных кривых выраженные осцилляторные отклонения от экспоненциального хода кривой в процессе восстановления.

Для установления наличия осцилляторных изменений в кривой «накопление - устранение» молочной кислоты был использован следующий прием. После выравнивания экспериментальных точек и определения параметров сглаженной кривой в полулогарифмическом графике, разности действительных значений концентрации молочной кислоты в крови и соответствующих им значений расчетной кривой откладывали против времени в обычном графике, где были нанесены 95% доверительные пределы для ошибки метода.

Наличие осцилляторности считалось доказанным, если размах колебаний разностных значений выходил за границы доверительной области. Установлено, что осцилляторность в кривых «накопление - устранение» молочной кислоты в крови увеличивается с возрастанием тяжести нагрузки. Проявление осцилляторности в кинетике молочной кислоты при напряженной мышечной работе носит индивидуальный характер: у отдельных испытуемых осцилляторность вообще не удавалось наблюдать, ни при каких условиях работы.

В настоящее время не представляется возможным строго идентифицировать причины наблюдаемой осцилляции в кривой «накопление-устранение» молочной кислоты в крови. Тем не менее установление количественных характеристик осцилляторной кинетики молочной кислоты может иметь столь же важное значение, как и определение основных кинетических параметров - L_{\max} , λ_1 , λ_2 .

Зависимость максимума накопления молочной кислоты в крови от мощности выполняемого упражнения представлена на графике, где

отложены результаты опытов в работе на велоэргометре. Она имеет вид линейной функции, наклон которой повышается вместе с увеличением продолжительности упражнения. С увеличением продолжительности упражнения, выполняемого при фиксированном значении мощности, максимум накопления молочной кислоты растет в экспоненциальной манере, достигая своих наивысших значений при предельной продолжительности упражнения в 60-90 с.

Кинетическая константа, характеризующая изменения скорости образования молочной кислоты в процессе анаэробного гликолиза, линейно увеличивается вместе с ростом «относительной мощности» выполняемого упражнения. Константа скорости устранения молочной кислоты, зависящая от скорости диффузии, величины кровотока в работающих мышцах и скорости окислительного устранения молочной кислоты в тканях, экспоненциально понижается с увеличением относительной тяжести упражнения.

В кинетике потребления O_2 при напряженной мышечной деятельности находят свое интегральное выражение все те сложные, многообразные процессы, которые обеспечивают усиление аэробного метаболизма в тканях. Поэтому анализ кинетических особенностей кривой потребления O_2 во время упражнения имеет особо важное значение для количественной оценки изменений, происходящих в сфере энергетического обмена при напряженной мышечной деятельности.

2. Биохимические методы оценки уровня лактата в крови спортсменов.

Условия проведения анализа на содержание лактата

Должны быть соблюдены правила забора пробы на лактат. Проба капиллярной крови по возможности должна быть немедленно исследована. В случае задержки она должна храниться в так называемой «ледяной бане», то есть охлажденной до 1-4 С°, что позволяет в несколько раз снизить уровень метаболизма в пробе цельной крови.

Для анализа лактата в спортивной медицине используются как портативные, так и стационарные анализаторы лактата. В современной лаборатории должны быть оба варианта анализаторов.

Примеры приборов, анализирующих лактат:

1. Анализатор глюкозы и лактата BIOSEN 5030. Современный автоматический анализатор для профессионального применения в клиниках, частных лабораториях, спортивной медицине.

Особенности:

- До 120 проб в час
- Чип-сенсор (без мембран) для удобного и быстрого применения
- Встроенная программа контроля качества
- Очень низкая стоимость одного измерения благодаря снижению потребления реагентов
- Компактный дизайн
- Память 500 результатов измерения

Технические характеристики анализатора глюкозы и лактата BIOSEN5030

Принцип измерения	Энзиматический, амперометрический
Электроды	Ферментативный чип-сенсор

Диапазон измерения:	Глюкоза	0.5-50 mmol/l (9-900 mg/dl)
	Лактат	0,5-40 mmol/l (5-360 mg/dl)
	Коэффициент вариаций	J 1.5 % @ 12 mmol/l
	Стабильность / дрейф	J 3 % при 10 измерении, относительно 12 mmol/l
Срок службы сенсоров:	Глюкоза	60 дней или около 7500 проб
	Лактат	50 дней или около 6000 проб
Измеряемый материал (тип пробы)		Кровь, плазма или сыворотка
Объем пробы		20 µl (10 µl)
Объем пробирки		2.0 ml (1.5 ml)
Языки		Немецкий, Английский, Русский, Испанский, Французский, Польский. Другие языки по запросу
Рабочий температур диапазон		От +15 до +35 °C
Влажность		20 - 85 %
Электропитание		100 - 250 VAC / 50 - 60 Hz
Потребляемая мощность		J 30 VAC
Размеры (Д x Ш x В)		280 x 280 x 95 mm
Вес		3 - 5 kg
Режимы калибровки		Автоматическая, Принудительная, Экономичная
Принтер		Параллельный интерфейс, RS 232 C (V.24)
Дисплей / Клавиатура		Графический сенсорный (320 x 240 точек)

2. Автоматический анализатор глюкозы и лактата Super GL Easy (Dr. Muller, Германия). Super GL Easy - анализатор глюкозы, лактата и гемоглобина, до 100 определений в час. Компактный, эргономичный дизайн, простое и понятное управление анализатором. Практически полное отсутствие технического обслуживания прибора. При выполнении анализа не надо предварительно центрифугировать пробу, что значительно сокращает время получения результата. В анализаторах используется реальное (прямое)

биосенсорное измерение глюкозы в цельной крови, сыворотке или плазме за очень короткое время. Глюкоза, растворенная в пробе, ферментативно окисляется на биосенсорной мембране, с образованием перекиси водорода. Затем H_2O_2 амперометрически регистрируется и переводится в концентрационные единицы глюкозы. Экономичное использование исследуемого материала позволяет значительно уменьшить объем измеряемой пробы для обоих параметров (глюкоза, лактат), и сократить расход реактивов.

Технические данные анализатора глюкозы и лактата Super GL Easy

Принцип измерения, электроды	Энзиматический, амперометрический. Ферментативный чип-сенсор
Измеряемый диапазон	глюкоза: 0.6-50 mmol/l (11-910 mg/dl), лактат: 0.5-30 mmol/l (4.5-270 mg/dl)
Коэффициент вариаций	до 1,5% @ 12 mmol/l
Стабильность / дрейф	до 3% при 10 измерениях, относительно 12 mmol/l
Рабочий диапазон температур	От +15 до +35оС
Проба	20 µl цельной крови, сыворотки или плазмы
Рабочая температура	от + 15 до + 35оС
Срок службы сенсоров	Глюкоза: до 6 месяцев, лактат: до 3 месяцев
Производительность	до 100 проб в час

3. Лактометр портативный LactateProfi 3000 (полуавтоматический анализатор лактата).

Параметры:

- Полуавтоматический анализатор лактата.
- BST (Германия)

- Измерения с помощью стабильной долгоживущей глюкозо-оксидазной мембраны.
- 10 сек - время измерения.
- Объем образца: 5 мкл цельной крови, плазмы, сыворотки, ликвора.
- Автокалибровка, готов к измерениям 24 часа в сутки.

4. Портативный монитор ЛактатСкаут.

Параметры:

- Несложные действия с использованием тест-полосок
- Необходимость забора лишь 1/1000 мл крови
- Длительность обработки пробы 15 с
- Диапазон измерения 0,5-25 mmol/l
- Вариабельность 3-8%
- Объем памяти - 250 проб, связь с персональным компьютером

Применение:

- Вставьте тест-полоску в LactateScout
- Проздезинфицируйте мочку уха или кончик пальца
- Выполните прокол для забора крови
- Поднесите ЛактатСкаут с вставленной тест-полоской для абсорбции ее кровью
- После заполнения тест-полоски капелькой крови измерение начинается автоматически
- Результат, появляющийся на дисплее через 15 с, заносится в память
- Обработка данных на ПК с помощью прилагаемого программного обеспечения.

Из описанного разнообразия приборов по определению лактата сотрудники клинико-диагностических лабораторий, работающих в области спорта могут решить для себя, какой прибор выбрать:

- Анализаторы глюкозы типа Biosen требуют от оператора минимальных трудозатрат, так как они полностью автоматизированы и достаточно производительны (скорость от 50 до 200 проб в час).

- Для мобильных лабораторий идеальное решение – анализаторы лактата типа Lactat Scout.

Т.о., задача КДЛ обеспечить не только быстрое, но и высокоточное определение глюкозы, на сегодняшний день вполне решаема.

3. Прием фармакологических средств и напитков до и во время выполнения физической нагрузки, для ускорения выведения лактата из скелетных мышц и крови.

Одним из основных способов выведения лактата из скелетных мышц и крови является прием растворов с буферирующими свойствами, которые способны нейтрализовать ионы водорода. При выраженном накоплении лактата в скелетных мышцах во время и после высокоинтенсивных нагрузок рекомендуется употребление свежего вишневого сока (защищает мышцы от повреждений во время нагрузок), щелочные минеральные (желательно с углеводами) воды.

В некоторых случаях в соревновательный период можно использовать продукты повышенной биологической ценности, например, «Лактат Пуффер» (буферирует молочную кислоту, повышает выносливость).

Описание ППБЦ «Лактат Пуффер»

- Продукт является эффективным спортивным напитком, содержит углеводы, цитратные и бикарбонатные основания для защиты мышц от переокисления во время интенсивных физических тренировок. Используется как необходимое дополнение во время углеводной загрузки.
- Содержит цитрат и бикарбонат натрия для предотвращения избыточного накапливания молочной кислоты (лактата), которая образуется во время напряженных анаэробных упражнений. Чем дольше будет ограничено образование и накопление молочной кислоты, тем продолжительнее и эффективнее будет анаэробная тренировка.
- Бикарбонатная загрузка с помощью ППБЦ «Лактат Пуффер» обеспечит высокую соревновательную активность во время спортивных соревнований с интенсивными и/или продолжительными

интервальными нагрузками с повторяющимися анаэробными упражнениями с пиковыми мышечными усилиями.

- Переокисление мышц всегда становится фактором, снижающим результаты. Но благодаря высокому содержанию углеводов, бикарбоната натрия и жидкости, ППБЦ «Лактат Пуффер» позволяет одновременно осуществить и бикарбонатную и углеводную загрузку перед соревнованиями.

Применение ППБЦ «Лактат Пуффер»:

- Для выдерживания максимальных анаэробных нагрузок принимать ежедневно в течение 5-6 дней по 1000 мл, разделив прием на 3 порции.
- В день соревнований принять 500-1000 мл за 90 минут перед выступлением.

Состав ППБЦ «Лактат Пуффер»: мальтодекстрин, сахароза, минералы (цитрат натрия, бикарбонат натрия), фруктоза, ароматизаторы, краситель - порошок красной свеклы.

Пищевая ценность и состав	100 г	80 г (1 л)
Калорийность, кДж (кКал)	1520 (360)	1224 (288)
Белки, г	0	0
Углеводы, г	90	72
Жиры, г	0	0

Вкус ППБЦ «Лактат Пуффер»: апельсин/персик. Упаковка: коробка 1 кг (12,5 л).

Кроме этого существует широкий спектр препаратов, направленных на быструю утилизацию лактата, его выведение и усиление аэробного окисления субстратов (антигипоксанты, витамины и витаминоподобные вещества, БАДы):

Наиболее значительную группу веществ, которые можно было отнести к регуляторным **антигипоксантам**, долгое время составляли неспецифические активаторы ферментных и коферментных систем. Их рассматривали в качестве единственно клинически доступных лекарственных средств этого плана; к ним относятся:

- витамины группы В - никотинамид, кокарбоксилаза, пиридоксин, пангамовая и фолиевая кислоты (кальция фолат), в меньшей степени - цианокобаламин;
- тиоловые производные - унитиол, ацетил -цистеин;
- производные пиримидина.

Их эффективность в клинической медицине оказалась весьма умеренной, а зачастую и не доказанной в стендовых испытаниях для повышения спортивной работоспособности. Так, для превращения никотинамида в НАД необходим ряд реакций направленного синтеза, которые ингибируются недостатком кислорода, а потому окончательный антигипоксический эффект никотинамида невелик и нестабилен. Тиамин и производный от него кофермент - кокарбоксилаза входят в состав многих клеточных дегидрогеназ, катализирующих окислительное декарбоксилирование кетокислот (пировиноградной и α -кетоглутаровой). Но даже большие дозы ко-фермента, не говоря об исходном тиамине, вряд ли могут проникнуть в клетку без дефосфорилирования, несомненно, энергозависимого. Антигипоксическое действие часто применяемых в сочетании с кокарбоксилазой аскорбиновой кислоты и рибофлавина невелико.

Эффективность **кокарбоксилазы** как восстановителя заслуживает внимания по той причине, что она регулирует скорость образования лактата в условиях дефицита инсулина (гипоинсулинемия), который развивается через 6-8 часов после соревнований или иных интенсивных физических и психоэмоциональных нагрузок и связан, как полагают, с выбросом

контринсулярных гормонов в ответ на стрессовую фазу физических нагрузок. В этой связи усиление транскетолазной реакции пентозного шунта под влиянием кокарбоксилазы увеличивает образование пирувата из лактата и его утилизацию в цикле Кори.

Представляется перспективным применение кокарбоксилазы в виде координационного комплекса с глицином и бетаином в составе препарата алактон. За счет усиления в печени реакций трансметилирования под влиянием бетаина и усиления образования НАДФН, основного источника энергии для реакции нейтрализации ксенобиотиков, алактон ускоряет восстановительные процессы в условиях физических нагрузок, оказывает актопротекторное действие, повышает детоксикационную функцию печени.

Значительный интерес в практическом плане представляют вещества, обнаруженные среди производных гуанилмочевины - **гутимин** и его производные, которые обладают очень широким спектром действия. Препараты гутиминового ряда второго поколения (амтизол, тримин) не только активируют гликолиз, но и снижают уровень лактата в цитоплазме, внеклеточной жидкости, крови и тканях (за исключением печени), нормализуя таким образом нарушенное в результате гипоксии кислотно-основное равновесие. Ресинтез глюкозы при этом происходит не за счет переключения цикла Кребса на преимущественное окисление пирувата, а в глюкозо-лактатном цикле Кори либо в глюкозо-аланиновом цикле.

Показано, что дериват тиомочевины - **амтизол-сукцинат** как циклическое производное гутимина наиболее активен в предупреждении кислородной недостаточности после постоперационной и посттрансфузионной гипоксии, острого падения сердечной деятельности на фоне инфаркта миокарда и после операций на открытом сердце (септический шок). Дозировка амтизола косвенно подтверждает его регуляторный характер как антигипоксанта: болюсная - 2-3 мг-кг⁻¹, суточная - 5-8 мг-кг⁻¹ массы тела на фоне наибольшей выраженности гипоксии.

У **амтизола** обнаружен четкий положительный инотропный эффект, а также способность препятствовать гиперкоагуляции и развитию послеоперационной тромбофилии на фоне дефицита кислорода и энергодающих субстратов. Он обладает выраженным мембраностабилизирующим действием, о чем свидетельствует способность снижать интенсивность ПОЛ.

В качестве клинически доступного регуляторного антигипоксанта может также рассматриваться депротеинизированный гемолизат крови молочных телят, содержащий широкий спектр низкомолекулярных веществ (гликолипиды, нуклеозиды и нуклеотиды, олигопептиды и аминокислоты). Препараты такого гемолизата - **солкосерил** и **актовегин** - применяются в больших дозах (до 2 г в сутки) для предупреждения состояний, в патогенезе которых определенное значение имеет гипоксия. Некоторая неудовлетворенность эффектом, скорее всего, связана с недифференцированным применением лекарств. Препараты могут ускорять течение восстановительных процессов, но вряд ли их можно рассматривать как средства мобилизирующего действия, что широко практикуется среди практических врачей, в том числе и спортивных.

Другой препарат подобного действия **убихинон** (убинон, coensym Q); опережающее защитное действие его при гипоксии оказывается исключительным, например, полное восстановление функции головного мозга после 15-минутной остановки кровообращения. Не исключено, что основное воздействие этого препарата сопряжено с его антиоксидантным влиянием. К сожалению, применение убихинона (по 30 мг 3-4 раза в день) на фоне уже развившейся гипоксии дает меньший эффект.

В основе механизма действия **бемитила** лежит активация синтеза РНК в разных клетках, приводящая к усилению синтеза белка, что обусловлено его взаимодействием с геномом, вероятно, вследствие структурного сходства бензимидазола с пуриновыми основаниями - аденином и гуанином. Данный эффект не является органо- или тканеспецифичным, однако он всегда более

выражен в тех органах и тканях, в которых активно протекают процессы синтеза РНК и, следовательно, белка.

Карнитин (витамин ВТ) является эндогенным соединением и образуется из лизина и метионина в печени и почках, играет важную роль в переносе длинноцепочечных жирных кислот через внутреннюю мембрану митохондрий, в то время как активация и проникновение низших жирных кислот происходит без него. Кроме того, L-карнитин играет ключевую роль в образовании и регуляции уровня ацетил-КоА. Физиологические концентрации коррелируют с повышением уровня пируватдегидрогеназы, которая обеспечивает окисление пирувата и ограничивает продукцию лактата. Таким образом, его антигипоксическое действие связано с транспортом жирных кислот в митохондрии, является дозозависимым и проявляется при назначении высоких доз препарата, в то время как низкие дозы обладают лишь специфическим витаминным действием.

Механизм влияния милдроната на физическую (в том числе и спортивную) работоспособность при отсутствии клинической патологии изучен недостаточно. Известно, что предварительное (за 30 мин перед физической нагрузкой в виде плавания) внутривенное введение крысам милдроната в дозе 100 мг-кг⁻¹ не выявило актопротекторного действия, как и в случае с триметазидином. Что же касается возможности эффективного использования милдроната в практике спортивной медицины, то серьезные исследования в этом направлении почти отсутствуют. Единственно известные нам результаты научных исследований, приведенные в работе Н. И. Волкова (1990), свидетельствуют о том, что разовый пероральный прием милдроната велосипедистами-гонщиками в дозе 1,0 г за 3 ч до нагрузки способствует большему использованию углеводных запасов в работающих мышцах, некоторому увеличению максимального потребления кислорода и улучшению показателей аэробной эффективности. Однако эти данные вряд ли можно считать достаточно убедительными в связи с тем, что в принципе невозможно ожидать от подобного препарата при пероральном приеме

немедленного эффекта, тем более, когда идет речь об изменениях основного критерия аэробной мощности - МП К. Другие авторы (Кулиненко, 2002) рекомендуют принимать милдронат в период интенсивных нагрузок (подготовительный период) по 1-2 капсуле через 30 мин после еды 2-3 раза в день в течение 10-14 дней, тогда как в начале специально-подготовительного этапа и непосредственно перед стартом дозировка не должна превышать половины указанной дозы.

Тиотриазолин обладает антиоксидантным, антирадикальным, противоишемическим действием, улучшает кровоснабжение тканей мозга, сердца, глаза; выявлено фибринолитическое, радиопротекторное влияние этого препарата.

Заслуживает внимания реализация кардиопротекции посредством применения антиоксидантов - **кверцетина** и его растворимой формы **корвитина**, которые проявляют свойства модулятора активности различных ферментов, принимающих участие в деградации фосфолипидов. Препараты способствуют образованию оксида азота, тормозят активность 5-липноксигеназы и синтез лейко-триенов, предотвращают повышение концентрации кальция в тромбоцитах.

Диетические добавки восстановительного действия

С целью лучшего восстановления после интенсивных физических нагрузок до тренировки и/или между приемами пищи применяется "**Аэробитин**" ("Aerobitine") производства фирмы "SNAC" (США). В состав продукта входят (на 1 капсулу) цитруллина - 1000, аргинина - 1000, фолиевой кислоты - 200 мкг, альфа-липоевой кислоты - 20 мг, биотина - 200 мкг, кислоты аскорбиновой - 300 мг, комплекс токоферолов (γ-токоферол - 85 мг, D-α-токоферол - 20 мг, β-токоферол - 30 мг, (З-токоферол - 5 мг). В соответствии с составом добавки для восстановления проявляют выраженные антиоксидантные и биосинтетические свойства.

Этот препарат считают одним из лучших восстановительных средств последних лет, его широко применяют спортсмены, в частности США, в подготовительный и соревновательный периоды. Курс приема данной добавки для восстановления составляет 2 мес, далее следует сделать месячный перерыв. Рекламируется как "средство для уничтожения кислот усталости", поскольку способствует быстрой элиминации из тканей молочной и пировиноградной кислот. Принимают "Аэробитин" 2-3 раза в день по 2-4 капсулы за 1 ч до тренировки или между приемами пищи. Он не содержит примесей допингового характера и не входит в Список запрещенных веществ и методов.

Эффективным восстановителем, предупреждающим развитие мышечных болей после интенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок, является "Антилактат" (линия "Ванситон", Украина) - вещество метаболитного строения, производное яблочной и янтарной кислот. Обладает широким адаптивным спектром действия, обеспечивая повышение устойчивости организма при физических нагрузках в условиях пониженной температуры окружающей среды.

Продукт увеличивает потребление кислорода и глюкозы тканями мозга, печени, миокарда, скелетных мышц, способствует выведению из тканей мышц молочной кислоты, тем самым снимает либо значительно уменьшает так называемую крепатуру и ускоряет восстановление после физических нагрузок (тренировки). В условиях холодового воздействия нормализует энергетический обмен (восстанавливает содержание в тканях АТФ, креатинфосфата, окисленных форм никотинамидных коферментов).

Показания к применению: состояние усталости, боли в мышцах ("крепатура") после тренировок; необходимость ускорения восстановления после физических нагрузок (тренировки), адаптации к низким температурам окружающей среды (экспедиции в районы Антарктики и Заполярья, адаптация лиц, проживавших в теплых регионах, к зимним температурам нашего климатического пояса и т. д.). Эффективен у спортсменов,

специализирующихся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости, особенно зимних, в скоростно-силовых видах спорта и в спортивных единоборствах.

Принимают "Антилактат" в процессе тренировочных занятий (во второй половине) либо после них по следующей схеме: первый прием - 0,5 г (при массе тела до 100 кг) или 1 г (при массе тела свыше 100 кг); последующие приемы - с интервалом 4 ч по 0,5 г, желательно запивать протеиновым напитком. Максимальна суточная доза - 2 г.

Для усиления тренировочного эффекта (сборы, соревнования) рекомендуется прием препарата по указанной схеме курсом во все "рабочие" дни, но не более 10 дней. Для избежания эффекта кумуляции после такого курса следует сделать 5-дневный перерыв, после чего его можно повторить.

В целях повышения адаптации к холоду "Антилактат" принимают внутрь по 0,5 г в капсулах каждые 6 ч, максимальная суточная доза - 2 г.

Побочные эффекты не выявлены. Выпускается в капсулах по 0,5 г.

Средствами для ночного восстановления являются "Секретагог-1" и "ZMA".

"Секретагог-1" ("Secretagogue-one") производства известной фирмы фирмы МНР ("Maximum* Human Performance", США) представляет собой смесь сложного состава (запатентованная формула). В одном пакетике содержится (мг): субстанция передней доли гипофиза - 25, глюкозаминокислотно-глюкозный комплекс - 4200, полимеры глюкозы - 1700, аминокислотная смесь (глицин, L-глутамин, тирозин, у-аминомасляная кислота, L-аргинин, пироглутамовая кислота, L-лизин) - 5000, мука белой фасоли - 10.

Полученная формула естественным путем стимулирует выработку гормона роста (hGH) и инсулиноподобных факторов роста (IGF-1), обладает выраженным иммунопротекторным действием. Проявляет свойства эффективного восстановления организма, особенно в ночное время, что, вероятно, связано со снижением выработки мелатонина, однако механизм

действия "Секретагог-1" в настоящее время до конца не выяснен, и добавка находится в разработке WADA.

"Секретагог-1" не определяется современными методами антидопингового контроля. Диетическая добавка проверена на спортсменах сборных команд США, показывает высокую эффективность. В упаковке массой 390 г содержится 30 пакетиков по 13 г (порция). Принимается на ночь по одной порции, предварительно разведенной в воде.

ZMA - продукт функционального питания производства фирмы "SciFit" (США) или "SNAC" (США) следующего состава (на 3 капсулы): цинк (монометионин и аспартат) - 30 мг, магния аспартат - 450 мг. В упаковке - 90 капсул, принимать следует по 2-3 капсулы за 30 мин до сна. Это самая продаваемая диетическая добавка, разработанная фирмой "SNAC/Balco" для спорта.

Выраженное восстановительное действие добавки для восстановления является результатом целенаправленного подбора компонентов для достижения наибольшей активности каждого ингредиента смеси для получения так называемого эффекта синергизма. Снимает боль и усталость в мышцах в ночное время. При приеме не сочетать с кальцийсодержащими препаратами, не запивать кефиром или молоком.

Заключение

Любая физическая работа сопровождается изменением скорости метаболических и биохимических процессов в организме, работающих мышцах, внутренних органах и крови. Содержание лактата в крови существенно возрастает при выполнении интенсивной физической работы. При этом накопление в крови совпадает с его усиленным образованием в мышцах, которое существенно повышается после напряженной кратковременной нагрузки и может достигать около 30 ммоль/кг массы при изнеможении. В аэробной зоне физических нагрузок представителей зимних циклических видов спорта (биатлон, лыжные гонки) лактат составляет 2 ммоль/л, в смешанной - 4-10 ммоль/л, в анаэробной - более 10 ммоль/л. Условная граница анаэробного обмена соответствует 4 ммоль/л лактата и обозначается как порог анаэробного обмена (ПАНО).

Лактат крови помогает определить:

- тренированность спортсмена (аэробную и анаэробно-гликолитическую способность скелетных мышц),
- эффективность выполненных тренировочных программ,
- интенсивность нагрузок с преобладающим использованием тех или иных нутриентов и др.

Снижение содержания лактата у одного и того же спортсмена при выполнении стандартной работы на разных этапах тренировочного процесса свидетельствует о росте уровня тренированности, а повышение – о потере этого уровня. При хорошем спортивном результате значительные концентрации лактата в крови после выполнения максимальной работы свидетельствуют о высоком уровне тренированности или о повышенной метаболической емкости гликолиза.

Таким образом, применение информации о динамике концентрации лактата в крови у спортсменов зимних олимпийских видов спорта позволит существенно повысить эффективность подготовки спортсменов.