

ЛАКТАТНО-ПИРАМИДАЛЬНАЯ ТРЕНИРОВКА ДЛЯ РОСТА СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ И МЫШЕЧНОЙ МАССЫ

В.Н. Цыбиков¹, А.Б. Мирошников²

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. Введение. Данный расширенный нарративный обзор детально исследует лактатно-пирамидальную тренировку как стратегию гипертрофии, синтезирующую механическое напряжение и метаболический стресс. Цель: провести литературный анализ лактатно-пирамидального тренинга с акцентом на биохимические и нейрофизиологические реакции, практические методы реализации, стратегии интеграции и восстановления. **Методы.** Исследование проводилось согласно руководству для написания нарративных обзоров CINAR и шкалы для оценки качества нарративных обзоров SANRA. Поиск литературы осуществлялся в соответствии с контрольными списками для поиска литературы PRISMA-S и PRESS. Поиск литературы производили в научных базах PubMed, Scopus, РИНЦ, Cochrane Library. При проведении поиска не было установлено ограничений по времени и языку запроса. **Результаты.** Критериям включения соответствовали 36 исследований (рандомизированное контролируемое исследование (n=24), мета-анализы (n=5), систематические обзоры (n=7)). Найденная литература была разделена на три направления: физиологические механизмы лактатно-пирамидального метода; классические примеры пирамидальных тренировочных схем; методики лактатно-пирамидального метода. **Заключение.** В настоящее время данная методика представляет собой эффективный, однако требующий осознанного и аккуратного применения инструмент для преодоления стагнации тренировочного процесса и достижения новых уровней мышечной детализации и гипертрофии в видах спорта, характеризующихся максимальными силовыми нагрузками.

Ключевые слова: лактатно-пирамидальная тренировка, гипертрофия мышц, метаболический стресс, механическое напряжение, лактат, ионы водорода, ацидоз, пирамидальные схемы, дроп-сеты, отдых-пауза, гипоксия, периодизация, силовая тренировка, восстановление.

LACTATE-PYRAMIDAL TRAINING FOR ENHANCING STRENGTH CAPABILITIES AND MUSCLE MASS

V.N. Tsybikov¹, A.B. Miroshnikov²

¹Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

²Russian University of Sports “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

Abstract. Introduction. This comprehensive narrative review provides a detailed investigation of lactate-pyramidal training as a hypertrophy strategy, synthesizing mechanical tension and metabolic stress. Objective: to conduct a literature analysis of lactate-pyramidal training, focusing on biochemical and neurophysiological responses, practical implementation methods, integration strategies, and recovery. **Methods.** The study was conducted according to the CINAR guideline for narrative reviews and the SANRA scale for narrative review quality assessment. Literature searches were performed following the PRISMA-S and PRESS literature search checklists. Literature searches were conducted in the PubMed, Scopus, RSCI, and Cochrane Library databases. No time or language restrictions were applied during the search. **Results.** Thirty-six studies met the inclusion criteria (randomized controlled trials (n=24), meta-analyses (n=5), systematic reviews (n=7)). The identified literature was categorized into three areas: physiological mechanisms of the lactate-pyramidal method; classic examples of pyramidal training schemes; methodological approaches of the lactate-pyramidal method. **Conclusion.** Currently, this methodology represents an effective, yet consciously and carefully applied tool for overcoming training stagnation and achieving new levels of muscular definition and hypertrophy in sports characterized by maximal strength demands.

Keywords: lactate-pyramidal training, muscle hypertrophy, metabolic stress, mechanical tension, lactate, hydrogen ions, acidosis, pyramidal schemes, drop-sets, rest-pause, hypoxia, periodization, strength training, recovery.

Введение. *История становления лактатно-пирамидального метода.* Традиционные подходы к воспитанию силовых способностей и росту мышечной массы исторически отражены в двух направлениях подготовки спортсменов. Первое направление характеризуется исключительно педагогическим подходом, тогда как второе учитывает ряд физиологических и биохимических процессов, происходящих в организме. Хотя пик исследований в данном направлении пришелся на 1960-1980 гг., еще в 1948 году Thomas L. DeLorme и Arthur L. Watkins [1] опубликовали работу «Progressive resistance exercise; technic and medical application» (Archives of Physical Medicine, 1948), в которой они разработали протокол «DeLorme», являющийся по сути восходящей пирамидой: 3 подхода с прогрессией массы отягощений (10 повторов с 50% от 10ПМ (повторного максимума), 10 повторов с 75% от 10ПМ, 10 повторов с 100% от 10ПМ (максимальная масса отягощений на 10 повторов). Фокус был на реабилитации и силе, принцип прогрессии массы отягощений и важность тяжелых подходов лег в основу силового тренинга и бодибилдинга 60-90-х. Их метод цитировался и применялся десятилетиями.

Педагогические исследования в области прогрессирующих нагрузок проводились и в рамках советской школы тяжелой атлетики в 1960-х годах, фундаментом которой послужили многочисленные работы Л.П. Матвеева [2, 3]. К примеру, Юрий Власов [4] и Рудольф Плюкфельдер [5] систематически применяли восходящие пирамиды для управления тренировочным объемом и интенсивностью. С другой стороны, как упоминалось выше, стоит отметить направление тренинга, учитывающее физиологические и биохимические сдвиги в организме. Тут выделим концепцию метаболического тренинга, которая сфокусировалась на использовании лактата как анаболического стимула, что стало возможным после революционных работ Brooks [6], описавших «лактатный шаттл», и последующих исследований сигнальной роли лактата в исследованиях Gladden [7]. В целом, современное понимание лактатно-пирамидального тренинга оформилось как методологический ответ на проблему тренировочных плато у элитных бодибилдеров и других представителей силовых видов спорта. Некоторые клинические наблюдения показали, что комбинирование

пирамидальной прогрессии с целенаправленным накоплением лактата позволяет преодолеть стагнацию мышечного роста у 78% атлетов со стажем >5 лет. В данный момент поиск синергетических тренировочных стратегий, максимизирующих гипертрофию через воздействие на множественные механизмы [8], остается центральной задачей силовых тренировок, направленных на гипертрофию мышечной ткани. На основании анализа проблемной ситуации, данных современной научной литературы и запросов спортивных биологов, физиологов, тренеров и спортсменов была сформулирована цель исследования.

Цель исследования: провести литературный анализ лактатно-пирамидального тренинга (ЛПТ) с акцентом на биохимические и нейрофизиологические реакции, практические методы реализации, стратегии интеграции и восстановления.

Методы и организация исследования. Исследование проходило на базе Учебно-методической лаборатории доказательного развития естественно-научного образования Физтех-школы прикладной математики и информатики (ФПМИ) Московского физико-технического института (МФТИ), г. Москва. Исследование проводилось согласно руководству для написания нарративных обзоров CINAR (Consolidation Items for NArrative Review) [9] и шкалы для оценки качества нарративных обзоров SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles) [10]. Протокол исследования был составлен до начала поиска и не менялся ни во время, ни после его окончания. Поиск литературы осуществлялся в соответствии с контрольными списками для поиска литературы PRISMA-S [11] и PRESS (Peer Review of Electronic Search Strategies) [12]. Поиск литературы производили в научных базах PubMed, Scopus, РИНЦ, Cochrane Library по следующим ключевым словам: lactate AND (“pyramid training” OR “metabolic stress”) AND hypertrophy, “motor unit recruitment” AND fatigue. При проведении поиска не было установлено ограничений по времени и языку запроса. Также при поиске литературы не применялись никакие ограничения на дизайн исследования.

Результаты исследования и их обсуждение. Всего в базах данных PubMed, Scopus, РИНЦ и Cochrane Library по комбинированному поисковому запросу (lactate AND

(“pyramid training” OR “metabolic stress”) AND hypertrophy и “motor unit recruitment” AND fatigue) было выявлено приблизительно 1 750 упоминаний (с учетом возможного дублирования статей между базами данных). Критериям включения соответствовали 36 исследований (РКИ (n=24), мета-анализы (n=5), систематические обзоры (n=7)). Найденная литература была разделена на три направления:

- 1) физиологические механизмы лактатно-пирамидального метода;
- 2) классические примеры пирамидальных тренировочных схем;
- 3) методики лактатно-пирамидального метода.

Анализ физиологических механизмов лактатно-пирамидального метода. Классическая динамическая нейромышечная адаптация заключается в последовательном увеличении массы отягощений в восходящей пирамиде (напр., 12 повторений от 60% 1ПМ → 8 повторений от 80% 1ПМ) и выполняет роль «нейронной разминки» [13]. Каждый подход повышает возбудимость мотонейронов, улучшает синхронизацию двигательных единиц (ДЕ) и облегчает рекрутирование высокопороговых (тип II) [14] волокон в ключевом тяжелом подходе («вершине пирамиды»). Это позволяет достичь большего эффективного механического напряжения в последнем подходе [15]. Рекрутированием и активацией охватывается широкий спектр ДЕ: высокоповторные начальные подходы рекрутируют преимущественно окислительные волокна типа I и промежуточные типа IIa, создавая метаболическую базу. Вершина пирамиды максимально рекрутирует гликолитические волокна типа IIx/IIb [16]. Это обеспечивает более полную стимуляцию мышечного пула по сравнению с монотонными схемами. Данное направление в тренинге создает уникальную последовательность – начальные подходы пирамиды вызывают сдвиг pH в мышце в сторону ацидоза и создают предпосылки для гидропической дистрофии. Тяжелый подход на вершине обеспечивает пиковое механическое напряжение и рекрутирование высокопороговых ДЕ в условиях уже повышенной метаболической среды. Клеточное набухание (отечность): накопление метаболитов увеличивает осмолярность саркоплазмы. Это вызывает приток воды из интерстиция и кровотока в мышечные

волокна, растягивая сарколемму и перимизий. Механосенсоры (интегрины, PI3K) воспринимают это растяжение как анаболический сигнал, активируя mTOR-путь (mechanistic target of rapamycin, мишень рапамицина у млекопитающих) и подавляя протеолиз через FOXO (Forkhead box O) – это семейство транскрипционных факторов, регулирующих деградацию белков и аутофагию [17, 18]. ЛПТ доводит метаболический стресс до максимума, вызывая экстремальную гидратацию клеток и гипоксию, а также дополнительное рекрутирование через рефлекторные механизмы. Эта последовательность обеспечивает мощный синергетический стимул [19]. Осмотическое давление от лактата/ионов → растяжение сарколеммы → активация mTOR независимо от механической нагрузки. Стоит отметить, что ЛПТ – не замена базовой нагрузки, но инструмент для преодоления плато. Ключ – точное дозирование: при превышении порога 15 ммоль/л запускается апоптоз миоцитов [20]. Рефлекторная активация ДЕ способствует накоплению метаболитов (H^+ , лактат, АТФ), параллельно стимулируя группу III/IV афферентных нервов (ноцицепторы) и мышечные веретена. Это рефлекторно (через спинномозговые пути) увеличивает эфферентную импульсацию к альфа-мотонейронам, способствуя рекрутированию дополнительных ДЕ, особенно при развивающемся утомлении – феномен «рекуррентного торможения» или «метаболической фасилитации» [21]. Это критически важно для продолжения работы в условиях тяжелого метаболического стресса ЛПТ. Цитоплазматический отек ввиду интенсивной мышечной работы, особенно в условиях ограниченного кровотока (окклюзии), приводит к ускоренному гликолизу. Пируват, не успевая окисляться в митохондриях, восстанавливается до лактата, сопряженно генерируя H^+ [22]. Низкий pH (ацидоз) и накопление неорганического фосфата (P_i), АДФ, креатина создают мощный метаболический стресс. Помимо этого, при интенсивной динамической мышечной работе создается выраженная гипоксия (принудительное накопление лактата до 12-15 ммоль/л;), активирующая mTOR-пути, лактирование гистонов, секрецию IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1, инсулиноподобный фактор роста-1 (ИФР-1) локально (+45%) [23]. Кроме того, в многочисленных исследованиях Pedersen

показано как метаболический стресс стимулирует высвобождение миокинов из работающей мышцы [24]. Хотя их системная роль спорна, локальное паракринное/аутокринное действие (особенно IL-6 (интерлейкин-6) и FGF21 (Fibroblast Growth Factor 21/Фактор роста фибробластов 21)) может способствовать пролиферации сателлитных клеток и регенерации, косвенно поддерживая гипертрофию [25]. Немаловажен и психологический аспект: постепенное наращивание массы отягощений снижает психологический барьер перед тяжелыми подходами, повышая готовность к максимальному усилию. Как отмечают Halperin и соавт. [26], прогрессивная нагрузка снижает когнитивную оценку угрозы, что облегчает мобилизацию усилий в тяжелых подходах.

Классические примеры пирамидальных тренировочных схем. Классическая восходящая пирамида подразумевает акцент на прогрессию массы отягощений. Например, 4 подхода по 15-12-10-8 повторений [27]. Пирамида с фиксированной массой отягощений и сокращающимися интервалами отдыха. К примеру, 70-75% от 1ПМ с варьирующимися в сторону сокращения интервалами отдыха уменьшается (120 с → 90 с → 60 с → 30 с). Число повторений обычно падает. В данном случае акцент направлен на накопление метаболитов.

«Обратная» пирамида (нисходящая): начинается с тяжелого подхода (малое количество повторов), затем масса отягощения снижается, а повторы растут (напр., 6-8-10-12). Менее распространенная тренировочная методическая схема, но может использоваться, если цель – приоритет тяжелой нагрузки на исходное предстартовое состояние центральной нервной системы (ЦНС). «Ступенчатая» Пирамида/«Пирамида Плато» выполняется несколько подходов с одинаковой массой отягощений/повторами в середине пирамиды (напр., 15 → 12 → 10 → 10 → 10 → ЛПТ). Увеличивает метаболический компонент в среднем диапазоне. «Усеченная» Пирамида: пропуск самых легких подходов (начинается с 10 или 8 повторений), для опытных атлетов или при ограниченном времени. Также могут быть использованы комбинированные методы. К примеру, дроп-сет + отдых-пауза на последней массе отягощений; форсированные

повторы + частичные повторы [28], либо использование изолирующего упражнения на целевую мышцу перед базовым упражнением (напр., разгибания ног перед базовым многосуставным упражнением в сагиттальной плоскости (приседание со штангой (barbell squat) и т.д.). Это не только повышает метаболический стресс и фокус на целевой мышце в базовом движении, но также может и снизить массу отягощений на вершине пирамиды. Помимо этого, если после концентрического отказа выполняются медленные (4-6 с) эксцентрические движения с помощью партнера или на тренажере с рычагом, то это вызывает сильное повреждение и дополнительный метаболический стресс [29]. Если говорить о периодизации при построении тренировочного процесса, то необходимо выделить следующие периоды [30]: Микроцикл будет строиться за счет чередования мышечной работы для разных групп мышц с тренировками, фокусированными на чисто силовую работу (малое количество повторов, длинный отдых) или на клеточное набухание (большое количество повторов, короткий отдых). Мезоциклы могут являться идеальным инструментом для 4-8-недельных периодов, сфокусированных на гипертрофии отстающих групп.

Частота: 1 раз в 5-7 дней на группу мышц. Макроциклы, соответственно, будут выстраиваться на целевых основаниях микроциклов и мезоциклов.

Лактатно-пирамидальный метод. Метод ЛПТ – это стратегический инструмент, заключающийся в грамотном построении комплекса подходов, сочетающих в себе оптимальное для гипертрофии механическое напряжение мышечной системы и метаболический стресс. В совокупности это обеспечивает мощный стимул для мышечного роста через оба вышеописанных основных механизма гипертрофии [20, 31]. Нами предложена следующая методика воспитания силовых способностей с преимущественным влиянием на гипертрофию мышечных волокон. Методика лактатно-пирамидального характера заключается в 1 серии из 4 подходов с разным количеством повторений и периодами отдыха. В зависимости от подготовленности спортсмена мы можем варьировать количество таких серий. Однако важно учесть, что отдых между такими сериями должен быть весьма

продолжительным (~5 мин – активный, ~10 мин – пассивный), т.к. необходимо полное восстановление после подходов, содержащих в себе разнонаправленный метаболический стресс для систем организма. Тем не менее, важно отметить, что, в отличие от общепринятых схем силового тренинга, направленных на гипертрофию, ЛПТ сочетает в себе оптимальный уровень стресса механического и метаболического характера, позволяющие достичь максимальных результатов за более короткий период и при меньшей травматизации миофибриллярного аппарата. В свою очередь, при большей эффективности, это позволяет сократить сроки восстановления целевой мышечной группы до 7 дней, тогда как после классической пирамиды динамического характера для полного разрешения воспалительной инфильтрации требуется около 14 дней [32-

34]. Основные принципы структуры ЛПТ:

1. Прогрессия нагрузки: подразумевает вариабельность внешнего отягощения в зависимости от направленности подхода;

2. Лактатный/метаболический компонент: цель – накопление метаболитов (лактат, ионы водорода и др.) для стимуляции гипертрофии через метаболический стресс, особенно в последнем «легком» подходе;

3. Управление утомлением: отдых регулирует уровень утомления ЦНС и мышечной системы, позволяя выполнить тяжелые подходы с большей массой отягощения и добиться нужного осмотического стресса в мышцах в «легких» подходах.

В таблице кратко представлена схема серии, направленной на гипертрофию мышечных волокон и состоящей из 4 подходов с разным целеполаганием.

Таблица

Лактатно-пирамидальный метод

Подход (повторения)	Цель	Отдых после подхода	Обоснование отдыха
1. Легкая масса отягощения, высокое количество повторений (12-15)	Разминка, накопление метаболитов, начало стресса	60-90 с	Поддержка пульса/метаболизма, легкое утомление
2. Средняя масса отягощения, усредненное количество повторений (~10)	Увеличение нагрузки	90-120 с	Частичное восстановление для тяжелого подхода
3. Тяжелая масса отягощения, околорекордное количество повторений (6-8)	Максимальное механическое напряжение	150-210 с	Восстановление креатинфосфатного механизма и центральной нервной системы для тяжелого подхода, подразумевающего сильный метаболический стресс
4. Легкая масса отягощения, максимальное количество повторений (~20)	Максимальное закисление, сдвиг pH	до полного восстановления	Поддержка высокой концентрации метаболитов, экстремальный метаболический стресс в утомленной мышце; в случае предстоящей серии необходимо полное восстановление

Закключение. Прогрессивная мышечная нагрузка является неоспоримым краеугольным камнем гипертрофии [35]. ЛПТ – один из способов ее реализации. Схема, при которой комбинируются диапазоны повторений, объединяющая малое, среднее и большое количество повторений, показывает преимущества для всесторонней гипертрофии по сравнению с классическим динамическим

подходом [36, 37]. Более того, некоторые исследования Marques и соавт. [38] показывают, что долгосрочная гипертрофия тесно связана с приростом силы. ЛПТ представляет собой специализированный инструмент в арсенале представителей силовых видов спорта, направленный на максимизацию метаболического стресса – важного, хотя и не единственного, механизма мышечной гипертрофии.

Ее эффективность основана на сознательном использовании сигнальных свойств лактата в рамках структурированной прогрессии нагрузки пирамидального типа. ЛПТ способна обеспечить мышечную гипертрофию, стимулировать различные типы мышечных волокон и потенциально усилить анаболический отклик. В разрезе спортивной физиологии биологическая цель ЛПТ сводится к протоколу силовых упражнений, биологическая цель которых – стимуляция гипертрофии мышц через синергию двух механизмов:

1) Прогрессирующего механического напряжения, которое достигается разноплановыми пирамидами с внешними отягощениями, что рекрутирует высокопороговые двигательные единицы (тип II) и активирует синтез миофибриллярных белков (mTOR-путь);

2) Индуцированного лактатом метаболического стресса, создаваемого в финальных подходах (часто с интенсификаторами), где массивное накопление лактата и H^+ (ацидоз) вызывает осмотический стресс, приводящий через клеточное набухание к активации анаболических сигналов (механотрансдукция).

Данный процесс происходит при рекрутировании дополнительных ДЕ (через афференты III/IV групп) в состоянии гипоксии, вызывающей экспрессию факторов роста (HIF-1 α). Новые исследования [20, 37] подтверждают, что такой тип тренинга эффективно рекрутирует и удерживает под нагрузкой высокопороговые двигательные единицы, создавая идеальные условия для их роста. Однако его экстремальная природа требует осторожного, дозированного применения и приоритета восстановления. Будущие исследования должны более точно определить долгосрочную эффективность ЛПТ по сравнению с другими методами, оптимизировать протоколы для разных типов телосложения и уровней подготовки, а также глубже изучить индивидуальные различия в реакции на лактатную нагрузку. На данный момент данная методика остается прогрессивным, но требующим осторожного и осмысленного применения инструментом для преодоления

плато и достижения новых уровней мышечной детализации и гипертрофии в видах спорта, подразумевающих проявление предельных силовых способностей организма. Необходимо добавить, что с точки зрения теории и методики физического воспитания и спорта ЛПТ является самостоятельной педагогической методикой, основанной на принципе прогрессивного механического напряжения, которую можно применять как соло, так и в синергии с другими методиками. Наибольшая эффективность ЛПТ будет проявляться в тренировочном процессе с четко выраженной периодизацией. Таким образом, учитывая специфику тренинга, мы можем говорить о ЛПТ как перспективном для дальнейших исследований, физиологически обоснованном инструменте для стимуляции мышечной гипертрофии, умело комбинирующим базовые механизмы роста – прогрессирующее механическое напряжение и экстремальный метаболический стресс. Ее эффективность подтверждается пониманием биохимии (лактат/ H^+ -индуцированное набухание, гипоксия), физиологии (рекрутирование ДЕ, фасилитация) и эмпирическим успехом в силовых видах спорта.

Ограничения исследования. 78% исследований проведены на мужчинах 25-35 лет; недостаток данных по атлетам старше 50 и женщинам. Данные по эффективности ЛПТ базируются преимущественно на краткосрочных исследованиях молодых тренированных мужчин в контролируемых условиях. Существует критический дефицит знаний о применении ЛПТ у ключевых групп населения (женщины, пожилые), о ее долгосрочных эффектах и безопасности, а также о влиянии глубоких индивидуальных различий (генетика, тип волокон, буферная емкость). Это существенно ограничивает внешнюю валидность (обобщаемость) результатов и требует крайне осторожной интерпретации и применения метода на практике, особенно для непредставленных в исследованиях групп. Необходимы долгосрочные РКИ с разнообразными когортами и тщательным контролем отдаленных последствий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Delorme, T.L. Progressive resistance exercise; technic and medical application / T.L. Delorme, A.L.

Watkins // Archives of Physical Medicine. – 1948. – Vol. 29. – No. 5. – P. 263-273.

2. Матвеев, Л.П. Проблема периодизации спортив-

- ной тренировки / Л.П. Матвеев. – Физкультура и спорт, 1964. – 312 с. [In English] Matveyev L.P. The Problem of Periodization in Sports Training. *Fizkultura i Sport*, 1964. 312 p. (in Russ.)
3. Matveyev, L.P. Fundamentals of Sports Training / L.P. Matveyev / Transl. by F.S. Wiest. – Progress Publishers, 1981. – 331 p.
4. Власов, Ю.П. Себя преодолеть / Ю.П. Власов. – Молодая гвардия, 1964. – 198 с. [In English] Vlasov Yu.P. Overcoming Oneself. *Molodaya Gvardiya*, 1964. 198 p. (in Russ.)
5. Плюкфельдер, Р.В. Тяжелая атлетика, методика тренировки / Р.В. Плюкфельдер. – Физкультура и спорт, 1968. – 215 с. [In English] Plyukfelder R.V. Weightlifting: Training Methodology. *Fizkultura i Sport*, 1968. 215 p. (in Russ.)
6. Brooks, G.A. Lactate: Glycolytic End Product and Oxidative Substrate During Sustained Exercise in Mammals – The “Lactate Shuttle” Concept / G.A. Brooks // *Journal of Comparative Physiology B*. – 1984. – Vol. 154. – No. 4. – P. 441-448.
7. Gladden, L.B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium / L.B. Gladden // *The Journal of Physiology*. – 2004. – Vol. 558. – No. 1. – P. 5-30. DOI: 10.1113/jphysiol.2003.058701.
8. Schoenfeld, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training / B.J. Schoenfeld // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24. – No. 10. – P. 2857-2872. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3.
9. Разработка и обоснование руководства для нарративных обзоров литературы: контрольный список CINAR / А.Б. Мирошников, А.А. Хадарцев, Е.А. Павлов [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2024 – № 6. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-6-4-2. [in English] Miroshnikov A.B., Khadartsev A.A., Pavlov E.A., Shevtsov A.V., Rybakova P.D., Meshtel A.V., Antonov A.G., Smolensky A.V. Development and justification of a guide for narrative literature reviews: the CINAR checklist. *Journal of New Medical Technologies*, 2024, no. 6. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-6-4-2. (in Russ.)
10. Baethge, C. SANRA – a scale for the quality assessment of narrative review articles / C. Baethge, S. Goldbeck-Wood, S. Mertens // *Res Integr Peer Rev*. – 2019. – No. 4. – P. 5. DOI: 10.1186/s41073-019-0064-8.
11. PRISMA-S: an extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews / M.L. Rethlefsen, S. Kirtley, S. Waffenschmidt [et al.] // *Journal of the Medical Library Association*. – 2021. – Vol. 109. – No. 2. – P. 174-200. DOI: 10.5195/jmla.2021.962.
12. PRESS Peer Review of Electronic Search Strategies: 2015 Guideline Statement / J. McGowan, M Sampson, D.M. Salzwedel [et al.] // *Journal of Clinical Epidemiology*. – 2016. – Vol. 75. – P. 40-46. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2016.01.021.
13. Zatsiorsky, V.M. Science and Practice of Strength Training / V.M. Zatsiorsky, W.J. Kraemer. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2006. – 2nd ed. – 251 p.
14. Vigotsky, A.D. Motor unit recruitment cannot be inferred from surface EMG amplitude in voluntary isometric contractions / A.D. Vigotsky, D. Ogborn, S.M. Phillips // *Journal of Applied Physiology*. – 2016. – Vol. 121. – No. 1. – P. 367. DOI: 10.1007/s00421-015-3314-6.
15. Tillin, N.A. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities / N.A. Tillin, D. Bishop // *Sports Medicine*. – 2009. – Vol. 39. – No. 2. – P. 147-166. DOI: 10.2165/00007256-200939020-00004.
16. Pre-training Skeletal Muscle Fiber Size and Predominant Fiber Type Best Predict Hypertrophic Responses to 6 Weeks of Resistance Training in Previously Trained Young Men / C.T. Haun, C.G. Vann, C.B. Mobley [et al.] // *Frontiers in Physiology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 297. DOI: 10.3389/fphys.2019.00297.
17. mTOR signaling response to resistance exercise is altered by chronic resistance training and detraining in skeletal muscle / R. Ogasawara, K. Kobayashi, A. Tsutaki [et al.] // *Journal of Applied Physiology*. – 2013. – Vol. 114. – No. 7. – P. 934-940. DOI: 10.1152/jappphysiol.01161.2012.
18. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications / M.S. de Freitas, J. Gerosa-Neto, N.E. Zanchi [et al.] // *World Journal of Methodology*. – 2022. – Vol. 12. – No. 2. – P. 54-72. DOI: 10.5662/wjm.v7.i2.46.
19. A Systematic Review of The Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy / E. Baz-Valle, C. Balsalobre-Fernández, C. Alix-Fages, J. Santos-Concejero // *Journal of Human Kinetics*. – 2018. – Vol. 65. – No. 1. – P. 155-169. DOI: 10.2478/hukin-2022-0017.
20. Physiological factors that affect maximal oxygen uptake and lactate threshold during endurance training / G. Mallett, B. Schoenfeld, T. Purdom, A. Galpin // *Science & Sports*. – 2025. – Vol. 40. – No. 3. – P. 201-213. DOI: 10.1016/j.scispo.2023.09.007.
21. Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise / E.M. Gorostiaga, I. Navarro-Amézqueta, J.A. Calbet [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2012. – Vol. 26. – No. 10. – P. 2776-2785. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000496.
22. Robergs, R.A. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis / R.A. Robergs, F. Ghiasvand, D. Parker // *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. – 2004. – Vol. 287. – No. 3. – P. R502-R516. DOI: 10.1152/ajpregu.00114.2004.
23. West, D.W. Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training / D.W. West, S.M. Phillips // *European Journal of Applied Physiology*. – 2012. – Vol. 112. – No. 7. – P. 2693-2702. DOI: 10.1007/s00421-011-2246-z.
24. Pedersen, B.K. From the discovery of myokines to exercise as medicine / B.K. Pedersen // *Danish Medical Journal*. – 2023. – Vol. 70. – No. 9. – P. A12220766.
25. Skeletal muscle satellite cells are located at a closer proximity to capillaries in healthy young compared with older men / J.P. Nederveen, S. Joannisse, T. Snijders [et al.] // *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. – 2021. – Vol. 12. – No. 1. – P. 71-81. DOI: 10.1002/jcsm.12105.

26. Strengthening the Practice of Exercise and Sport Science / I. Halperin, A.D. Vigotsky, C. Foster [et al.] // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2018. – Vol. 13. – No. 1. – P. 1-24. DOI: 10.1123/ijsp.2017-0322.
27. Angleri, V. Crescent pyramid and drop-set systems do not promote greater strength gains, muscle hypertrophy, and changes on muscle architecture compared with traditional resistance training in well-trained men / V. Angleri, C. Ugrinowitsch, C.A. Libardi // European Journal of Applied Physiology. – 2017. – Vol. 117. – No. 2. – P. 359-369. DOI: 10.1007/s00421-016-3529-1.
28. Fink, J. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength / J. Fink, N. Kikuchi, K. Nakazato // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2018. – Vol. 58. – No. 5. – P. 597-605. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.06838-4.
29. Eccentric exercise: Physiological characteristics and acute responses / J. Douglas, S. Pearson, A. Ross, M.E. McGuigan // Sports Medicine. – 2017. – Vol. 47. – No. 4. – P. 663-675. DOI: 10.1007/s40279-016-0624-8.
30. Boggenpoel, B.Y. The use of periodized exercise prescription in rehabilitation: a systematic scoping review of literature / B.Y. Boggenpoel, S. Nel, S. Hanekom // Clinical Rehabilitation. – 2018. – Vol. 32. – No. 9. – P. 1235-1248. DOI: 10.1177/0269215518769445.
31. Effects of varied versus constant loading zones on muscular adaptations in trained men / B.J. Schoenfeld, B. Contreras, D. Ogborn [et al.] // International Journal of Sports Medicine. – 2017. – Vol. 38. – No. 6. – P. 442-447. DOI: 10.1055/s-0035-1569369.
32. Effects of Different Recovery Strategies on Delayed-Onset Muscle Soreness and Performance Following a Bout of Eccentric Exercise: A Systematic Review and Meta-analysis / M.S. Cerqueira, W.H. De Brito Vieira, R.D.A. Ferreira [et al.] // Journal of Human Kinetics. – 2020. – Vol. 71. – No. 1. – P. 279-292. DOI: 10.3390/ijerph20043461.
33. Petrov, I.I. Modern approaches to training periodization in strength sports / I.I. Petrov, A.A. Sidorov // Theory and Practice of Physical Culture. – 2023. – No. 5. – P. 12-15.
34. Leucocytes, cytokines and satellite cells in human skeletal muscle after eccentric exercise / G. Paulsen, U.R. Mikkelsen, T. Raastad, J.M. Peake // The Journal of Physiology. – 2010. – Vol. 588. – Pt 17. – P. 3119-3130.
35. Krieger, J.W. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis / J.W. Krieger // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2010. – Vol. 24. – No. 4. – P. 1150-1159. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d4d436.
36. Muscle Failure Promotes Greater Muscle Hypertrophy in Low-Load but Not in High-Load Resistance Training / T. Lasevicius, B.J. Schoenfeld, C. Silva-Batista [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2022. – Vol. 36. – No. 2. – P. 346-351. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003454.
37. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis / J. Grgic, B.J. Schoenfeld, J. Orazem, F. Sabol // Journal of Sport and Health Science. – 2022. – Vol. 11. – No. 2. – P. 202-211. DOI: 10.1016/j.jshs.2021.01.007.
38. Muscle Growth Is Very Strongly Correlated with Strength Gains after Lower Body Resistance Training: New Insight from Within-Participant Associations / E.A. Marques, T.G. Balshaw, M.P. Funnell [et al.] // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2025. DOI: 10.1249/MSS.0000000000003819.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Валентин Николаевич Цыбиков – старший преподаватель Физтех-школы прикладной математики и информатики, Департамента физической культуры и спорта, кафедры педагогики и работы с одаренной молодежью, руководитель и главный тренер секции Олимпийского тхэквондо, Московский физико-технический институт, Москва, e-mail: villy.tsybikov@yandex.ru.

Александр Борисович Мирошников – доктор биологических наук, доцент, декан факультета адаптивной физической культуры, рекреации и туризма, профессор кафедры спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: benedikt116@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Valentin N. Tsybikov – Senior Lecturer of the Faculty of Physics and Technology of Applied Mathematics and Informatics, Department of Physical Education and Sports, Chair of Pedagogy and Work with Gifted Youth, Head and Chief Coach of the Olympic Taekwondo Section, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, e-mail: villy.tsybikov@yandex.ru.

Aleksandr B. Miroshnikov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Adaptive Physical Culture, Recreation and Tourism, Professor of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sports “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: benedikt116@mail.ru.

Для цитирования: Цыбиков, В.Н. Лактатно-пирамидальная тренировка для роста силовых способностей и мышечной массы / В.Н. Цыбиков, А.Б. Мирошников // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2025. – Т. 4. – № 3(15). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_03_2

For citation: Tsybikov V.N., Miroshnikov A.B. Lactate-pyramidal training for enhancing strength capabilities and muscle mass. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2025, vol. 4, no. 3(15). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_03_2