

Тренировки с ограничением кровотока

Тренировки с ограничением кровотока (BFR) представляют собой тренировочную стратегию, включающую применение манжет или бинтов, которые накладывают на конечности на время выполнения упражнений, для поддержания артериального притока к мышцам и препятствия венозному оттоку. BFR можно применять в сочетании с тренировками с отягощением или с другими методиками, включая ходьбу.

По-видимому, программы тренировок с отягощением и с BFR при низкой нагрузке (20-30% 1 повторного максимума (ПМ)), повышают силу. Программы с BFR повышают силу в большей степени, чем тренировки с отягощением без BFR при использовании соответствующих относительных нагрузок, однако они имеют либо сходную, либо меньшую эффективность по сравнению со стандартными тренировками с отягощением с несоответствующими (высокими) относительными нагрузками.

По-видимому, программы тренировок с отягощением и с BFR при низких нагрузках (20-30% от 1 ПМ) вызывают развитие гипертрофии. BFR программы увеличивают размер мышц в большей степени, чем тренировки с отягощением без ограничения кровотока при применении соответствующих (низких) относительных нагрузок, но являются сходными по эффективности со стандартными тренировками с отягощением с несоответствующими (высокими) относительными нагрузками.

Существуют доказательства того, что тренировки с отягощением и с BFR, возможно, могут улучшать мышечную силу, скорость бега на короткие дистанции и выносливость, и того, что методы тренировок без отягощения (такие как ходьба) с ограничением кровотока могут вызывать развитие гипертрофии, хотя относительно этого вопроса пока проведено небольшое количество исследований.

Механизмы, при помощи которых BFR может привести к повышению адаптации к нагрузкам по сравнению со сходными упражнениями без BFR, все еще в целом остаются неясными.

Тренировки с отягощением и с BFR и низкие относительные нагрузки демонстрируют большую мышечную активность, чем сопоставимые стандартные тренировки с отягощением с соответствующими нагрузками, что может отражать повышенную вовлеченность мышечных волокон, вызывая развитие гипертрофии в большей степени.

Тренировки с отягощением и с BFR и низкие относительные нагрузки демонстрируют больший синтез мышечных белков после тренировки, большую выработку гормона роста и более стабильный ответ на молекулярном уровне по сравнению со стандартными тренировками с отягощением с соответствующими нагрузками.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Тренировки с ограничением кровотока (BFR) в наиболее типичном случае подразумевают тренировки с отягощением с низкими нагрузками, приблизительно равными 20-30% 1 повторного максимума (ПМ), с применением манжет, накладываемых на тренируемую конечность с субъективной степенью сдавливания 7 баллов из 10. В качестве метода тренировки он может иметь преимущества в отношении развития мышечной адаптации с более низкими нагрузками и более низкими объемами по сравнению с сопоставимыми тренировками с отягощением. Некоторые сомнения существуют относительно безопасности метода, в основном по причине его новизны, а не по результатам наблюдения за частыми нежелательными эффектами. Современные противопоказания включают наличие в анамнезе тромбоза глубоких вен, беременности, варикозного расширения вен, высокого артериального давления и заболеваний сердца. При наличии каких-либо сомнений относительно безопасности следует рассмотреть возможность ведения медицинским специалистом.

ПРЕДПОСЫЛКИ

ЦЕЛЬ

В данном разделе предоставлены определения тренировок с ограничением кровотока (BFR), а также исторические предпосылки и основные проблемы, касающиеся их применения, такие как риск повреждения и влияние, оказываемое степенью используемого давления.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Введение

Тренировки с ограничением кровотока (BFR) представляют собой новейшую стратегию тренировок, которая включает применение манжет или бинтов, накладываемых на проксимальную часть конечности, целью которых является сохранение притока артериальной крови при окклюзии венозного оттока во время выполнения упражнений (Scott et al. 2015). Тренировки с ограничением кровотока применялись во время выполнения широкого спектра тренировок. Они включали ходьбу, велосипедный спорт и тренировки с отягощением (силовые). При выполнении тренировок с отягощением с ограничением кровотока, относительно невысокие нагрузки и при этом в меру тугие манжеты или бинты используются наиболее часто. На практике тренировки с ограничением кровотока наиболее часто применяются при проведении тренировок с отягощением с низкими нагрузками приблизительно равными 20-30% от 1 повторного максимума, а также используются бинты, которые оборачиваются вокруг конечности с субъективной степенью сдавливания 7 из 10 баллов.

Метод Kaatsu

Метод Kaatsu представляет собой запатентованный метод, который был разработан доктором Есиаки Сато (Yoshiaki Sato). Данный метод подразумевает сдавление сосудистого русла проксимально от рабочих мышц при помощи прибора, известного как Kaatsu Master Device.

Тренировки с ограничением кровотока

Когда компрессия сосудистого русла проксимально от рабочих мышц достигается при помощи способов, отличных от применения прибора Kaatsu Master Device, более часто использую термин «тренировки с ограничением кровотока». Популярной альтернативой является применение такого же давления путем использования эластичных бинтов для коленей. По причине простоты данного метода такой тип тренировок с ограничением кровотока часто называют «практической тренировкой с ограничением кровотока» для того, чтобы отличать его от более тщательно контролируемого метода, при котором используют надуваемые манжеты для того, чтобы обеспечить точные величины давления.

Окклюзионная тренировка

Термин «окклюзионная тренировка» часто используется взаимозаменяемо с термином «тренировка с ограничением кровотока». Таким образом, окклюзионная тренировка также представляет собой стратегию тренировки, которая включает использование манжет или бинтов, которые размещаются проксимально вокруг конечности во время выполнения упражнений.

Гипоксическая тренировка

Термин «гипоксическая тренировка» относится к практике ограничения доступа кислорода во время выполнения упражнений. Это часто достигается путем использования гипоксических камер. В то время, как считается, что тренировки с ограничением кровотока оказывают эффект локальной гипоксии, использование гипоксических камер чаще приводит к развитию системной гипоксии.

ИСТОРИЯ

Введение

Интерес к тренировкам с ограничением кровотока происходит из разработанных доктором Есиаки Сато тренировок Kaatsu. По имеющимся сведениям доктор Сато изначально экспериментировал на себе, применяя различные велосипедные камеры, веревки и ленты на различных частях своего тела (см. Kaatsu-global.com для получения дополнительной информации). В 1994 году доктор Сато подал свой первый патент, когда начал изготавливать первые ленты Kaatsu, доступные для продажи.

Практическое применение ограничения кровотока

ВВЕДЕНИЕ

На основании того, что тренировки с отягощением (и другие методы) в сочетании с ограничением кровотока, по-видимому, имеют вполне очевидные преимущества, требуется наличие практического руководства. Тем не менее, качественное руководство по определенным причинам было трудно создать на основании имеющихся литературных данных. Многие из современных исследований, касающихся тренировок с ограничением кровотока, лишены подробной информации, касающейся параметров применения метода ограничения кровотока. Например, точные цифры применяемого давления часто не раскрыты, а это является очень важным параметром (см. дополнительные обзоры Loenneke et al. [2013b](#); Loenneke et al. [2014c](#)). Было выдвинуто предположение, что чрезмерно высокое давление может повышать риски, но адекватные величины давления необходимы для развития адаптации. В этом отношении, стоит отметить, что Sugaya et al. ([2011](#)) обнаружили - накопление внутримышечного неорганического фосфата (индикатор утомления) может быть достигнуто только при применении высоких величин давления (230 мм рт. ст.), а не умеренных величин давления (180 мм рт. ст.)

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОМЕТРИИ

Важным фактором, влияющим на корректность рекомендаций относительно давления манжеты для ограничения кровотока, является индивидуальные особенности, которые являются следствием различий в антропометрии (см. дополнительный обзор Loenneke et al. [2013b](#)). В этом отношении Loenneke et al. ([2015a](#)) обнаружил, что обхват бедра является наилучшим прогностическим средством артериальной окклюзии в нижней части тела. Также Karabulut et al. ([2011](#)) обнаружили, что состав и размеры бедра также оказывают значительное влияние на эффекты давления, вызывающего ограничение кровотока. Более того, на результаты электромиографии (ЭМГ) оказывает значительное влияние плотность наложения манжеты и толщина кожи и подкожной клетчатки (Karabulut et al. [2013](#)). Эти результаты предполагают, что величины давления манжеты для ограничения кровотока следует корректировать в соответствии с индивидуальными антропометрическими показателями с целью достижения сопоставимых величин у всех участников исследования.

ВЕЛИЧИНА ДАВЛЕНИЯ

В исследовании степеней необходимого давления с целью артериальной окклюзии, которое обеспечит наиболее надежный острый мышечный ответ, Loenneke et al. ([2014a](#)) сообщили, что давление повышало мышечную активацию при артериальной окклюзии от 40% до 50%, но не приводило к дальнейшему повышению показателей при более высоких величинах

давления. Таким образом, можно сделать вывод, что величина давления, которая приводит к артериальной окклюзии от 40% до 50%, является оптимальной. Тем не менее, Wilson et al. (2013) обнаружили, что при практическом ограничении кровотока (в случае, когда для давления применяют эластичные бинты) и субъективной степени давления 7 из 10 баллов наблюдается полная венозная, но не артериальная окклюзия. Это соответствует установленной цели тренировки с ограничением кровотока в виде поддержания притока артериальной крови при окклюзии венозного оттока во время выполнения упражнений. Более того, данная величина сжатия манжетой также использовалась Lowery et al. (2014) в исследовании, демонстрировавшем эффективность тренировки с ограничением кровотока в отношении целевой гипертрофии.

ВИД МАТЕРИАЛА

Вид материала, которые используются для изготовления манжет, обеспечивающих ограничение кровотока, по-видимому, не является важным (Loenneke et al. 2014d). Тем не менее, дополнительный анализ проводится в отношении того, является ли давление манжеты длительным или дробным. Предварительные данные предполагают, что гемодинамика в остром периоде может быть изменена в соответствии с тем, какое давление применяется, непрерывное или дробное (Brandner et al. 2014). Тем не менее, в большинстве современных исследований используют непрерывное ограничение кровотока.

Дизайн программы

Для тренировок с ограничением кровотока в литературе зарегистрировано множество стратегий. Тем не менее, тренировки с низкой относительной нагрузкой с 20%-30% 1 ПМ являются, наиболее часто применяемой стратегией тренировки. Ходьбу также часто применяют в сочетании с ограничением кровотока. Fahs et al. (2012b) описывают тренировки с ограничением кровотока как эффективную альтернативу для людей, которые не могут выполнять высокоинтенсивные упражнения с отягощением. С другой стороны, Horiuchi et al. (2012) предполагают, что тренировки с ограничением кровотока могут представлять собой новейшее средство для преодоления противоречий между аэробными тренировками и высокоинтенсивными тренировками с отягощением. Это предполагает, что тренировки с ограничением кровотока могут быть благоприятными для спортсменов, проходящих параллельно тренировки на силу и на выносливость.

Безопасность

ВВЕДЕНИЕ

Как в случае всех видов тренировок с отягощением, существуют риски, ассоциированные с ограничением кровотока. В целом, риски, ассоциированные с тренировками с отягощением недостаточно изучены. Несмотря на недостаток базовой информации о рисках,

ассоциированных с тренировками с отягощением в целом, множество проблем было обозначено в отношении тренировок с ограничением кровотока.

ПРИМЕНЕНИЕ В ПОПУЛЯЦИЯХ

Применение тренировок с ограничением кровотока в популяциях в целом кажется относительно безопасным. Scott et al. ([2014](#)) пришли к выводу, что неправильное применение ограничения кровотока может привести к вредным воздействиям, включая петехиальные кровоизлияния (т.е. точечные кровоизлияния) и головокружение. Тем не менее, Mattar et al. ([2014](#)) обнаружили значительные улучшения в результатах некоторых опросников о состоянии здоровья после выполнения тренировок с ограничением кровотока. Тем не менее, они не обнаружили каких-либо доказательств в собственных наблюдениях, касающихся каких-либо нежелательных явлений, также они не наблюдали изменений в результатах лабораторных исследований (показатели креатинкиназы и альдолазы). Сходным образом, Karabulut et al. ([2013](#)) сообщали об отсутствии изменений в активности креатинкиназы сыворотки и содержании интерлейкина-6 (IL-6) в покое после 6 недель проведения тренировок с ограничением кровотока.

ПРИМЕНЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Дополнительные комментарии по безопасности были разработаны в отношении применения тренировок с ограничением кровотока в специализированных условиях. Например, задачей тренировок с ограничением кровотока может быть симуляция силы тяжести в качестве нагрузки в условиях невесомости (Nakajima et al. [2008](#)). Тем не менее, синкопальное состояние в результате депонирования крови в области нижних конечностей и последующее снижение венозного возврата может быть вызвано тренировками с ограничением кровотока в условиях микрогравитации (Nakajima et al. [2008](#)), что может сделать применение этого метода непривлекательным по соображениям безопасности.

ПРИМЕНЕНИЕ В ПОПУЛЯЦИИ ЛЮДЕЙ С ТРАВМАМИ

Как и в случае применения тренировок с ограничением кровотока в специальных условиях, имеются вопросы безопасности, которые поднимаются при применении таких тренировок в популяции людей с травмами. Как бы то ни было, в том, что касается популяции людей с травмами, предварительные данные указывают на то, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока могут быть полезными, в частности, для восстановления поврежденных костей (Loenneke et al. [2013a](#)). Однако, данные результаты нельзя обобщать для того, чтобы делать выводы об эффективности и безопасности применения тренировок с ограничением кровотока при повреждении мягких тканей.

ПРИМЕНЕНИЕ В ПОПУЛЯЦИЯХ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Как и в случае применения тренировок с ограничением кровотока в специальных условиях и в популяции людей с травмами, имеются вопросы безопасности, которые поднимаются при применении таких тренировок у людей с хроническими заболеваниями. Тем не менее, было продемонстрировано, что тренировки с ограничением кровотока дают сходные посттренировочные гипотензивные результаты, как и тренировки с отягощением с нормальным кровотоком (Neto et al. [2015](#)). С учетом этого гипотензия может быть важной стратегией в контроле артериального давления в покое у людей с артериальной гипертензией (Kenny and Seals, [1993](#)), что предполагает возможную пользу тренировок с ограничением кровотока для улучшения здоровья людей с хронической патологией. Более того, Maderame et al. ([2013](#)) сообщили об обнадеживающих результатах в отношении безопасности тренировок с ограничением кровотока у пациентов с ишемической болезнью сердца, поскольку оказалось, что тренировки с ограничением кровотока не влияют отрицательно на гемостатический и воспалительный ответы, индуцируемые упражнениями. Тем не менее, результаты, указывающие на увеличение двойного произведения (индекс потребности миокарда в кислороде) в 3 раза после ходьбы на тредмиле с ограничением кровотока, в сравнении с таким же показателем без ограничения кровотока, привели нас к выводу, что применение тренировок с ограничением кровотока могут потребовать мер предосторожности у людей с нарушениями функции сердца (Renzi et al. [2010](#)).

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ

Возможно из-за новизны метода или из-за ограничения кровотока, которое имеет место, рекомендуется применять дополнительные меры предосторожности в штатном режиме при выполнении тренировок с ограничением кровотока в особых популяциях вдобавок к стандартным тренировкам. Например, и Loenneke et al. ([2011a](#)), и Loenneke et al. ([2014b](#)) пришли к выводу, что противопоказания к тренировкам с ограничением кровотока включают наличие в анамнезе тромбоза глубоких вен, беременности, варикозно расширенных вен, повышенного артериального давления и заболеваний сердца. В дополнение, Pope et al. ([2013](#)) отметили тот факт, что чрезмерно длительная ишемия может привести к некрозу мышечной ткани. Таким образом, очевидно, следует избегать проведения тренировок с непрерывным ограничением кровотока в течение длительных периодов времени.

ВЫВОДЫ ДАННОГО РАЗДЕЛА

Термин «тренировка Kaatsu» следует применять только при использовании прибора Kaatsu Master Device. Тем не менее, термины «тренировка с ограничением кровотока» и «окклюзионная тренировка» часто применяют взаимозаменяемо.

Тренировка с ограничением кровотока наиболее часто применяется с тренировками с отягощением с низкими нагрузками (20-30% от 1 повторного максимума) и с лентами, которые оборачивают с субъективной степенью сдавливания 7 из 10 баллов.

По-видимому, тренировки с ограничением кровотока являются относительно безопасными. Тем не менее, существуют определенные противопоказания и меры предосторожности, которые нужно иметь в виду при работе в особых популяциях, в особых условиях, а также во время длительных периодов времени.

ДОЛГОСРОЧНОЕ ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОК С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА **НА СИЛУ**

ЦЕЛЬ

Данный раздел содержит обзор исследований, касающихся долгосрочного (хронических) влияния тренировок с ограничением кровотока на улучшение показателей силы.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ВЫСОКОЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора:

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая долгосрочная программа тренировки с отягощением с ограничением кровотока с низкой относительной нагрузкой (10% - 30% 1 повторного максимума)

Группа сравнения – программа тренировки с отягощением без ограничения кровотока с высокой относительной нагрузкой (70 – 90% 1 повторного максимума),

Конечный результат – любое измерение показателей силы, проведенное перед и после эксперимента, включая максимальную произвольную изометрическую силу

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Karabulut ([2010](#)), Clark ([2011](#)), Karabulut ([2011](#)), Laurentino ([2012](#)), Martin-Hernandez ([2013](#)), Thiebaud ([2013](#)), Vechin ([2014](#)), Libardi ([2015](#)).

Полученные данные

Во всех исследованиях было установлено, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока улучшали силу по меньшей мере по одному измеряемому показателю. Таким образом, тренировки с отягощением с ограничением кровотока оказываются эффективными для повышения показателей силы. Также в большинстве исследований были обнаружены

сходные улучшения показателей силы в группе с ограничением кровотока с применением низких относительных нагрузок, а также в группе стандартных тренировок с отягощением с высокими относительными нагрузками для большинства показателей в результатах с двумя главными исключениями: Martin-Hernandez (2013) и Vechin (2014), которые обнаружили значительно большие увеличения показателей силы в группах применения стандартных тренировок с отягощением. Также Karabulut (2010) и Karabulut (2011) сообщили, что один из полученных результатов отображает большее повышение показателя в группах применения стандартных тренировок с отягощением. Это предполагает, что тренировки с ограничением кровотока с относительно низкими нагрузками могут привести к сходным или незначительно более низким результатам по сравнению со стандартными тренировками с отягощением при применении в стандартной группе высоких относительных нагрузок.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая долгосрочная программа тренировки с отягощением с ограничением кровотока (как изолированно, так и в комбинации со стандартной тренировкой с отягощением)

Группа сравнения – тренировки с отягощением с соответствующей относительной нагрузкой, без ограничения нагрузки

Конечный результат – любое измерение показателей силы, проведенное перед и после эксперимента, включая максимальную произвольную изометрическую силу и 1 повторный максимум

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Ohta ([2003](#)), Madarame ([2008](#)), Patterson ([2010](#)), Yasuda ([2010](#)), Madarame ([2011](#)), Patterson ([2011](#)), Nielsen ([2012](#)), Godawa ([2012](#)), Laurentino ([2012](#)), Yamanaka ([2012](#)), Weatherholt ([2013](#)), Manimmanakom ([2013](#)), Cook ([2014](#)), Fahs ([2014](#)), Fitschen ([2014](#)), Luebbers ([2014](#)), Segal ([2015](#)).

Полученные данные

В результате всех исследований обнаружено, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока улучшали силу по меньшей мере по одному показателю в полученном результате. Таким образом, тренировки с отягощением с ограничением кровотока кажутся эффективными в отношении повышения силы. В дополнение, в результате большинства исследований установлено, что повышение показателей силы в группе с ограничением кровотока было выше по сравнению с группой стандартных тренировок с отягощением. Это предполагает, что тренировки с отягощением могут привести к лучшим результатам по сравнению со стандартными тренировками с отягощением, когда стандартная группа использует такую же

относительную нагрузку.

- **ТРЕНИРОВКИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ СИЛЫ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любой протокол тренировки с отягощением в сочетании с ограничением кровотока, применяемый длительно.

Группа сравнения – контрольная группа без тренировок или отсутствие контрольной группы

Конечный результат – любое измерение силы, проведенное перед и после эксперимента, включая максимальную произвольную изометрическую силу и 1 повторный максимум

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Cook ([2010](#)), Mattar ([2014](#)), Hylden ([2015](#)).

Полученные данные

В выбранных исследованиях зарегистрированы улучшения силы в результате тренировки с отягощением с ограничением кровотока. Данные исследования являются менее надежными по сравнению с теми, которые сравнивают результаты, полученные в исследуемой и контрольной группах тренировок с отягощением, но они обеспечивают дополнительное подтверждение факта эффективности тренировок с отягощением с ограничением кровотока в отношении улучшения силы.

- **СРАВНЕНИЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ И НОРМОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая программа долгосрочных тренировок с отягощением, проведенных в гипоксической среде.

Группа сравнения – тренировки с отягощением с соответствующей относительной нагрузкой и объемом, но в нормоксической среде.

Конечный результат – любое измерение показателей силы, проведенное перед и после эксперимента, включая максимальную произвольную изометрическую силу и 1 повторный максимум

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Kurobe ([2015](#)), Manimmanakom ([2013](#)).

Полученные данные

В обоих исследованиях зарегистрированы улучшения показателей силы после тренировок с отягощением в гипоксической среде. Таким образом, тренировки с отягощением в

гипоксической среде являются эффективными для повышения показателей силы. Наблюдались большие улучшения после тренировок с отягощением в условиях недостатка кислорода по сравнению с тренировками в условиях нормального содержания кислорода по мнению Manimmanakom et al. (2013). Тем не менее, Kurobe et al., (2015) сообщали об отсутствии различий между группами. Эти противоречивые результаты предполагают, что тренировки с отягощением в условиях недостатка кислорода могут не быть более эффективными, чем тренировки в условиях нормального содержания кислорода.

- **ТРЕНИРОВКИ БЕЗ ОТЯГОЩЕНИЯ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ СИЛЫ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки без отягощения, проводимые длительно с ограничением кровотока.

Группа сравнения – любые тренировки без отягощения, проводимые длительно без ограничения кровотока.

Конечный результат – любое измерение показателей силы, проведенное перед и после эксперимента, включая максимальную произвольную изометрическую силу и 1 повторный максимум

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Sundberg ([1994](#)), Abe ([2006b](#)), Abe ([2010](#)).

Полученные данные

Данные исследования отображают противоречивые результаты. Учитывая различия в протоколах, используемых в данных исследованиях, можно предположить, что существовали факторы, которые существенно различались и привели к отличиям в результатах, например, пороговая величина относительной нагрузки, ниже которой улучшения показателей силы могут не происходить.

- **ОТСУТСТВИЕ УПРАЖНЕНИЙ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ СИЛЫ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любое ограничение кровотока, проводимое длительно без сопровождающих упражнений.

Группа сравнения – любые методы, включающие упражнения.

Конечный результат - любое измерение показателей силы, проведенное перед и после эксперимента, включая максимальную произвольную изометрическую силу и 1 повторный максимум

Результаты

Было идентифицировано одно исследование: Kubota et al. ([2008](#)).

Полученные данные

В данном исследовании изучалась эффективность ограничения кровотока при отсутствии упражнений в отношении поддержания силы у людей с гипсовой иммобилизацией голеностопных суставов. Было обнаружено, что по сравнению с проведением изометрических упражнений, ограничение кровотока без упражнений защищает от снижения силы в течение двухнедельного периода иммобилизации.

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА

Долгосрочные программы тренировок с отягощением с ограничением кровотока и низкими нагрузками, по-видимому, увеличивают силу. К тому же подобные программы, могут увеличивать силу в большей степени, нежели тренировки с отягощением без ограничения кровотока при использовании соответствующих (низких) относительных нагрузок.

Долгосрочные программы тренировок с отягощением с ограничением кровотока и низкими нагрузками кажутся одинаковыми по эффективности или незначительно менее эффективными по сравнению со стандартными тренировками с отягощением с (несоответствующими) высокими относительными нагрузками.

ДОЛГОСРОЧНОЕ ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ КРОВОТОКА НА ПОКАЗАТЕЛИ **МОЩНОСТИ**

ЦЕЛЬ

Данный раздел касается обзора долгосрочных (хронических) эффектов тренировок с ограничением кровотока на мощность.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ВЫСОКОЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые долгосрочные тренировки с отягощением с ограничением кровотока с низкой относительной нагрузкой (20 – 30% 1 повторного максимума).

Группа сравнения – Тренировки с сопротивлением без ограничения кровотока с высокой относительной нагрузкой (70-80% 1 повторного максимума).

Конечный результат – любое прямое или косвенное измерение показателей мощности, проведенное перед и после эксперимента, включая выполнение прыжка вверх и 1 повторный максимум силового взятия штанги на грудь

Результаты

Не было обнаружено ни одного исследования, которое соответствовало данным критериям.

Полученные данные

Таким образом, остается неясным, являются ли долгосрочные программы тренировок с отягощением с низкими нагрузками и ограничением кровотока такими же эффективными как долгосрочные программы тренировок с отягощением с высокими нагрузками в отношении улучшения мышечной мощности.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая долгосрочная программа тренировок с отягощением с ограничением кровотока

Группа сравнения – любая долгосрочная программа тренировок с отягощением без ограничения кровотока с применением соответствующих относительных нагрузок

Конечный результат – любое прямое или косвенное измерение показателей мощности, проведенное перед и после эксперимента, включая выполнение прыжка вверх и 1 повторный максимум силового взятия штанги на грудь

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Madarame ([2011](#)), Cook ([2014](#)), Fahs ([2014](#)), Segal ([2015](#)).

Полученные данные

Среди данных исследований в трех из четырех зарегистрировано улучшение показателей мощности после проведения тренировок с отягощением с ограничением кровотока. Тем не менее, только Cook et al. (2014) обнаружили, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока приводили к большим улучшениям показателей мощности по сравнению с тренировками с отягощением без ограничения кровотока. Добавление ограничения кровотока к тренировкам с отягощением при применении соответствующих относительных нагрузок может, таким образом, не предоставить каких-либо преимуществ при попытке улучшить мышечную мощность.

- **ТРЕНИРОВКИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЩНОСТИ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – протокол любых тренировок с отягощением в сочетании с ограничением кровотока, применяемый длительно

Группа сравнения – контрольная группа без тренировок или отсутствие контрольной группы

Конечный результат – любое прямое или косвенное измерение показателей мощности, проведенное перед и после эксперимента, включая выполнение прыжка вверх и 1 повторный максимум силового взятия штанги на грудь

Результаты

Было идентифицировано одно исследование в дополнение к тем, которые описаны в анализе ранее: Hydlen et al. ([2015](#)).

Полученные данные

В единственном исследовании оценивалось влияние тренировок нижней части туловища с ограничением кровотока в течение двух недель на изокинетическую мощность ног. Наблюдалось улучшение мощности между 42% и 81%, в зависимости от направления сокращения и скорости. Тем не менее, данное исследование проводилось с участием людей с хронической слабостью четырехглавых мышц и мышц задней поверхности бедра, контрольная группа при этом отсутствовала.

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА

Длительное ограничение кровотока во время тренировок с отягощением с низкими нагрузками может повысить мышечную мощность. Тем не менее, в настоящее время существует очень ограниченное количество доказательств данного результата.

ДОЛГОСРОЧНОЕ ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОК С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА НА СКОРОСТЬ БЕГА НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ

ЦЕЛЬ

Данный раздел содержит обзор исследований, касающихся долгосрочных (хронических) влияний тренировок с ограничением кровотока на скорость бега на короткие дистанции.

- ТРЕНИРОВКИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ БЕГА НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – протокол любых тренировок с отягощением в сочетании с длительным ограничением кровотока

Группа сравнения – любая контрольная группа или отсутствие контрольной группы

Конечный результат – любые показатели скорости бега на дистанции <100 м.

Результаты

Было идентифицировано одно исследование: Cook ([2014](#)).

Полученные результаты

В данном исследовании изучалось влияние тренировок с отягощением с ограничением кровотока на скорость бега на короткие дистанции у двадцати мужчин, полупрофессиональных регбистов, которые проводили 5 подходов по 5 повторений жима лежа, подтягиваний и приседаний три раза в неделю в течение трех недель. В одной группе использовали протокол с ограничением кровотока, в другой группе проводили упражнения по протоколу без ограничения кровотока. Улучшения в отношении максимальной скорости бега в большей степени наблюдались у группы с применением ограничения кровотока по сравнению со стандартной группой.

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА

Длительное ограничение кровотока во время тренировок может усилить прибавку к скорости бега на короткие дистанции. Тем не менее, существует слишком небольшое количество доказательств для данного результата.

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ТРЕНИРОВОК С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА НА ПОКАЗАТЕЛИ ВЫНОСЛИВОСТИ

ЦЕЛЬ

Данный раздел содержит обзор исследований долгосрочных (хронических) эффектов тренировок с ограничением кровотока на показатели выносливости.

ПРЕДПОСЫЛКИ

Введение

Существует множество причин, по которым можно ожидать, что методы тренировок с отягощением или без отягощения, проводимые в условиях ограничения кровотока, будут иметь больше преимуществ в отношении улучшения показателей выносливости по сравнению с подобными методами без ограничения кровотока. Эти явления можно изучать по отношению к исследованиям непосредственного влияния тренировок с отягощением с ограничением

кровотока или без него на различные аспекты физиологической адаптации, включая изменение функции сосудов.

Действие ограничения кровотока в остром периоде

Например, в исследованиях действия в остром периоде было продемонстрировано, что ограничение кровотока во время тренировок с отягощением приводит к 30% снижению количества повторений, проводимых до отказа, по сравнению с тренировками с отягощением без ограничения кровотока (Labarbera et al. (2013)). Можно ожидать, что этот большой стимул утомления вызовет лучший ответ в отношении выносливости.

Долгосрочные влияния ограничения кровотока

В некоторых долгосрочных исследованиях были идентифицированы некоторые положительные элементы физиологической адаптации, которые развиваются в результате тренировок с ограничением кровотока и могут оказывать положительное влияние на выносливость. Например, продемонстрировано, что упражнения в ходьбе в сочетании с ограничением кровотока улучшают венозную эластичность по сравнению с ходьбой без ограничения кровотока (Lida et al. 2011), а тренировки с отягощением, по-видимому, улучшают фильтрационную способность микрососудистого русла в большей степени, чем тренировки с отягощением без ограничения кровотока (Evans et al. 2010). Это может происходить благодаря повышенной капилляризации после тренировки с ограничением кровотока. Более того, Fahs et al., (2014b) обнаружили, что 6 недель унилатеральных тренировок мышц-разгибателей коленного сустава с отягощением с ограничением кровотока привели к повышению артериальной ригидности, в то время как подобные изменения не наблюдались при сходных состояниях без ограничения кровотока. А Hunt et al. (2013) обнаружили, что 6 недель унилатеральных тренировок с отягощением подошвенной флексии при 30% от 1 повторного максимума привели к различным вариантам сосудистой адаптации. И наконец, Hunt et al. (2012) сообщили об увеличении диаметра плечевой артерии в ответ на программу тренировки с отягощением с ограничением кровотока, в большей степени по сравнению с тем, которое наблюдалось при применении сходного протокола без ограничения кровотока.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая программа долгосрочной тренировки с отягощением с ограничением кровотока

Группа сравнения – любая программа долгосрочной тренировки с отягощением без ограничения кровотока

Конечный результат – любые измерения показателей выносливости или аэробного соответствия, проведенные перед и после эксперимента, включая время до истощения,

повторы до отказа и VO2-max.

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Manimmanakom ([2013](#)), Fahs ([2014](#)), Libardi ([2015](#)).

Полученные данные

Во всех трех исследованиях зарегистрированы улучшенные показатели выносливости. Таким образом, кажется, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока являются эффективными для улучшения выносливости. Тем не менее, в двух из трех исследований (Fahs et al. 2014; Libardi et al. 2015) наблюдались сходные результаты в группе с применением ограничения кровотока и в группе без ограничения кровотока. Таким образом, тренировки с отягощением с ограничением кровотока могут являться не более эффективными, чем стандартные тренировки с отягощением для улучшения показателей выносливости.

- **ТРЕНИРОВКИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВЫНОСЛИВОСТИ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая программа долгосрочной тренировки с отягощением с ограничением кровотока

Группа сравнения – отсутствует или контрольная группа без тренировок

Конечный результат – любые измерения показателей выносливости или аэробного соответствия, проведенные перед и после эксперимента, включая время до истощения, повторы до отказа и VO2-max.

Результаты

Было обнаружено одно исследование, в котором проводилась оценка влияния тренировки с отягощением с ограничением кровотока на показатели выносливости: Cook ([2010](#)).

Полученные данные

В данном исследовании изучалось влияние тренировок с отягощением с ограничением кровотока в течение трех дней и было обнаружено, что они улучшали выносливость мышц-разгибателей коленного сустава на 30% в группе участников исследования, которые проходили тридцатидневный период мышечной разгрузки.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ БЕЗ ОТЯГОЩЕНИЯ С СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая программа долгосрочной тренировки без отягощения с ограничением кровотока

Группа сравнения – любая программа долгосрочной тренировки без отягощения без ограничения кровотока

Конечный результат – любые измерения показателей выносливости или аэробного соответствия, проведенные перед и после эксперимента, включая время до истощения, повторы до отказа и VO₂-max.

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Sundberg ([1993](#)), Sundberg ([1994](#)), Abe ([2010](#)).

Полученные данные

Во всех трех исследованиях наблюдались улучшенные показатели выносливости. Таким образом, методы тренировки без отягощения с ограничением кровотока, по-видимому, являются эффективными для улучшения выносливости. Более того, во всех трех исследованиях наблюдались большие улучшения в группе применения тренировок без отягощения с ограничением кровотока по сравнению с группой применения тренировок без отягощения без ограничения кровотока. Таким образом, по-видимому, методы тренировки без отягощения с ограничением кровотока являются более эффективными для улучшения выносливости по сравнению с методами тренировки без отягощения без ограничения кровотока. Тем не менее, литературные данные очень ограничены и данные вывод является очень неточным.

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА

По-видимому, долгосрочные тренировки с отягощением с ограничением кровотока, улучшают показатели выносливости по меньшей мере в той же степени, что и сходные программы тренировок без ограничения кровотока.

Вероятно, программы долгосрочных тренировок без отягощения с ограничением кровотока улучшают показатели выносливости в большей степени по сравнению со сходными программами тренировок без ограничения кровотока. Тем не менее, литературные данные очень ограничены и данные вывод является очень неточным.

ДОЛГОСРОЧНОЕ ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОК С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА НА ПОКАЗАТЕЛИ ГИПЕРТРОФИИ

ЦЕЛЬ

В данном разделе приведен обзор исследований долгосрочных (хронических) влияний тренировок с ограничением кровотока на показатели гипертрофии.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ВЫСОКОЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая программа долгосрочной тренировки с отягощением с низкой относительной нагрузкой (10 – 30% от 1 ПМ) с ограничением кровотока.

Группа сравнения – любая программа тренировки с отягощением с высокой относительной нагрузкой (60 – 90% от 1 ПМ) без ограничения кровотока.

Полученный результат – любые измерения показателей размера мышц, проведенные перед и после эксперимента.

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Laurentino ([2012](#)), Lowery ([2013](#)), Thiebaud ([2013](#)), Martin-Hernandez ([2013](#)), Vechin ([2014](#)), Libardi ([2015](#)).

Полученные данные

Во всех данных исследованиях было установлено, что тренировка с отягощением с ограничением кровотока приводят к улучшениям по меньшей мере одного показателя размера мышц. Таким образом, кажется, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока являются эффективными для развития гипертрофии. Тем не менее, во всех исследованиях обнаружены сходные прибавки показателей размеров мышц при проведении тренировок с отягощением с низкой нагрузкой с ограничением кровотока и при проведении стандартных тренировок с высокой нагрузкой без ограничения кровотока. Таким образом, тренировки с отягощением с низкой нагрузкой с ограничением кровотока и стандартные тренировки с отягощением с высокой нагрузкой без ограничения кровотока являются сходными по эффективности в отношении увеличения размера мышц.

- **СРАВНЕНИЕ С ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая программа долгосрочной тренировки с отягощением с ограничением кровотока.

Группа сравнения – любая программа тренировки с отягощением без ограничения кровотока с использованием таких же относительных нагрузок

Полученный результат– любые измерения показателей размера мышц, проведенные перед и после эксперимента

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Ohta ([2003](#)), Madarame ([2008](#)), Yasuda ([2010](#)), Madarame ([2011](#)), Laurentino ([2012](#)), Nielsen ([2012](#)), Yamanaka ([2012](#)), Manimmanakom ([2013](#)), Weatherholt ([2013](#)), Fahs ([2014](#)), Fitschen ([2014](#)), Luebbers ([2014](#)), Segal ([2015](#)).

Полученные данные

Во всех данных исследованиях было обнаружено, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока приводят к улучшению по меньшей мере одного показателя размера мышц. Таким образом, кажется, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока являются эффективными для развития гипертрофии. В дополнение, в большинстве исследований было обнаружено, что улучшение показателей размеров при проведении тренировок с отягощением с ограничением кровотока были выше, чем в случае проведения стандартных тренировок с отягощением. Это предполагает, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока могут приводить к лучшим результатам по сравнению со стандартными тренировками с отягощением при использовании таких же относительных нагрузок.

- **ТРЕНИРОВКИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА РАЗМЕР**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любой протокол тренировки с отягощением, проводимой длительно в сочетании с ограничением кровотока

Группа сравнения – контрольная группа без тренировок или отсутствие контрольной группы

Полученный результат – любые измерения показателей размера мышц, проведенные перед и после эксперимента

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Cook ([2010](#)), Mattar ([2014](#)).

Полученные данные

В данных исследованиях также зарегистрированы увеличения размера мышц после применения протокола долгосрочных тренировок с отягощением с ограничением кровотока. Хотя данные исследования являются менее надежными, они предоставляют дополнительное подтверждение эффективности применения тренировок с отягощением с ограничением кровотока для развития гипертрофии.

- **СРАВНЕНИЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ И НОРМОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любая долгосрочная тренировка с отягощением, проводимая в среде с пониженным содержанием кислорода

Группа сравнения – тренировка с отягощением с соответствующим объемом и относительной нагрузкой, проводимая в среде с нормальным содержанием кислорода

Полученный результат – любые измерения показателей размера мышц, проведенные перед и после эксперимента

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Manimmanakom ([2013](#)), Kurobe ([2015](#)).

Полученные данные

В обоих исследованиях зарегистрировано увеличение размера мышц после проведения тренировок с отягощением в среде с пониженным содержанием кислорода. Таким образом, тренировки с отягощением в среде с пониженным содержанием кислорода кажутся эффективными для развития гипертрофии. В дополнение, оба исследования продемонстрировали развитие гипертрофии в большей степени после проведения тренировок с отягощением в условиях пониженного содержания кислорода по сравнению с тренировками с отягощением с соответствующей относительной нагрузкой в условиях нормального содержания кислорода. Таким образом, кажется, что тренировки с отягощением в среде с пониженным содержанием кислорода являются более эффективными для гипертрофии по сравнению с тренировками с отягощением с соответствующей относительной нагрузкой в условиях нормального содержания кислорода.

- **МЕТОДЫ ТРЕНИРОВОК БЕЗ ОТЯГОЩЕНИЯ С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА: ВЛИЯНИЕ НА РАЗМЕР**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые методы тренировок без отягощения, применяемые длительно с ограничением кровотока

Группа сравнения – любые методы тренировок без отягощения, применяемые длительно без ограничения кровотока

Полученный результат – любые измерения показателей размера мышц, проведенные перед и после эксперимента

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Abe ([2006b](#)), Kubota ([2008](#)), Abe ([2010](#)), Sakamaki ([2011](#)).

Полученные данные

Во всех исследованиях было обнаружено, что применение методов тренировок без отягощения с ограничением кровотока ведет к развитию гипертрофии (или профилактике атрофии в случае, зарегистрированном Kubota et al. 2008) по меньшей мере по одному показателю. Таким образом, кажется, что методы тренировок без отягощения с ограничением кровотока являются эффективными для развития гипертрофии. Более того, во всех исследованиях зарегистрирована большая степень гипертрофии после применения методов тренировок без отягощения с ограничением кровотока по сравнению со сходными типами упражнений без ограничения кровотока. Таким образом, по-видимому, что методы тренировок без отягощения с ограничением кровотока являются более эффективными для увеличения размера мышц по сравнению с такими же упражнениями без ограничения кровотока.

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА

По-видимому, что долгосрочные программы тренировок с отягощением с ограничением кровотока и низкими нагрузками ведут к увеличению размера мышц. В дополнение, такие программы ведут к увеличению размера мышц в большей степени по сравнению с тренировками с отягощением без ограничения кровотока при применении соответствующих (низких) относительных нагрузок.

Кажется, что долгосрочные программы тренировок с отягощением с ограничением кровотока и низкими нагрузками сопоставимы по эффективности со стандартными тренировками с отягощением с (несоответствующими) высокими относительными нагрузками.

По-видимому, что долгосрочные программы тренировок без отягощения (такие как ходьба) с ограничением кровотока могут обеспечить прирост показателей размера мышц. Это может быть преимуществом для реабилитации и для пациентов старшего возраста.

МЕХАНИЗМЫ

ЦЕЛЬ

В данном разделе содержится обзор кратковременных (в раннем периоде/немедленных) влияний тренировок с ограничением кровотока, которые могут представлять собой механизмы, лежащие в основе долгосрочных влияний, перечисленных ранее.

ПРЕДПОСЫЛКИ

Введение

Механизмы, при помощи которых тренировки с ограничением кровотока обеспечивают данные положительные эффекты, остаются неясными. Дискутируют о том, что данный недостаток информации должен вызывать опасения в применении данного метода. Тем не менее, Loenneke et al. ([2013d](#)) отметили, что существует множество лекарственных препаратов, которые назначают ежедневно и механизм действия которых неизвестен. Таким образом, данный аргумент кажется спорным. Более того, существует большое количество исследований, в которых производились попытки понять механизмы, лежащие в основе тренировок с ограничением кровотока, большая часть из них приведена далее.

Краткий обзор

В целом, считается, что основной ведущей силой для развития мышечной гипертрофии является механическая нагрузка и метаболический стресс (см. обзор Pearson и Hussain, [2015](#)), при наличии множества дополнительных ведущих сил после этих ключевых стимулов. Несмотря на то, что было предложено несколько объяснений того, как тренировки с ограничением кровотока могут работать через данные основные силы, чтобы обеспечить большее увеличение мышечной силы и размера по сравнению со стандартными тренировками с отягощением с соответствующей нагрузкой (например, см. обзор Loenneke et al. [2010b](#)), в целом, пришли к выводу, что за это несет ответственность больший метаболический стресс. По-видимому, что тренировки с ограничением кровотока обеспечивают больший метаболический стресс путем повышения концентрации лактата в крови, что ведет к повышенному высвобождению гормона роста и инсулиноподобного фактора роста (ИФР)-1. Метаболический стресс также включает активность белков теплового стресса и повышенный клеточный отек, каждый из которых может быть усилен при помощи ограничения кровотока, что может быть важным для объяснения положительных эффектов данного вида тренировок (см. обзоры Loenneke et al. [2010b](#); Loenneke et al. [2012b](#)). В дополнение, поскольку ограничение кровотока приводит к большему утомлению мышц при использовании низкой относительной нагрузки (возможно посредством повышенного метаболического стресса), считается, что это приводит к большему, чем ожидалось вовлечению мышечных волокон II типа при данной относительной нагрузке (см. обзоры Loenneke et al. [2010b](#); Loenneke et al. [2011b](#)). Все эти изменения в участвующих механизмах проявляются в последующей активации сигнальных путей, действующих при помощи молекул (таких как пути мишени рапамицина в клетках млекопитающих (mTOR) и миостатина), и в повышении синтеза мышечного белка (см. обзор Loenneke et al. [2010b](#)).

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «МЕХАНИЗМЫ»

1. [Синтез мышечных белков: сравнение](#)

2. [Синтез мышечных белков: влияние](#)
3. [Работа мышц](#)
4. [Изменения в генерировании силы](#)
5. [Накопление продуктов метаболизма](#)
6. [Мышечная болезненность](#)
7. [Утолщение мышц](#)
8. [Перегрузка](#)
9. [Кислород крови](#)
10. [Гормоны](#)
11. [Сигнальные молекулы: сравнение](#)
12. [Сигнальные молекулы: влияние](#)

- **ВЛИЯНИЕ НА СИНТЕЗ МЫШЕЧНЫХ БЕЛКОВ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в остром периоде

Группа сравнения – сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в остром периоде

Конечный результат – повышение синтеза мышечных белков перед и после эксперимента

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Fujita ([2007](#)), Fry ([2010](#)), Gundermann ([2012](#)).

Полученные данные

Во всех трех данных исследованиях было обнаружено, что тренировки с ограничением кровотока привели к увеличению синтеза мышечных белков в раннем периоде. Более того, во всех исследованиях увеличение в раннем периоде не наблюдалось при применении такого же протокола тренировки с отягощением без ограничения кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ НА СИНТЕЗ МЫШЕЧНЫХ БЕЛКОВ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в остром периоде

Группа сравнения – контрольная группа до тренировки или без тренировок
Полученный результат – повышение синтеза мышечных белков перед и после эксперимента

Результаты

Было идентифицировано одно исследование: Gundermann ([2014](#)).

Полученные данные

В данном исследовании было установлено, что синтез мышечных белков повысился на 42% через 3 часа после выполнения упражнения с ограничением кровотока и на 69% через 24 часа после выполнения упражнения с ограничением кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ, ОКАЗЫВАЕМОЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения – сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – показатели работы мышц, измеряемые при помощи электромиографии (ЭМГ), проводимой во время выполнения упражнения

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Sundberg ([1994](#)), Wernbom ([2009](#)), Wilson ([2013](#)), Yasuda ([2013](#)), Yasuda ([2014a](#)), Yasuda ([2014b](#)).

Полученные данные

Среди этих исследований в 4 из 6 зарегистрированы большие показатели работы мышц во время тренировки с отягощением с низкой нагрузкой с ограничением кровотока по сравнению с тренировкой с низкой нагрузкой без ограничения кровотока. Это может отражать большее, чем ожидалось вовлечение в процесс мышечных волокон II типа для данной относительной нагрузки. Данные результаты предполагают, что большая активность на ЭМГ (и, возможно, большее вовлечение в процесс мышечных волокон) могут представлять собой основополагающий механизм, который объясняет, почему тренировки с отягощением с низкой нагрузкой с ограничением кровотока являются более эффективными для развития мышечной

силы и размера мышц по сравнению с тренировками с отягощением с низкой нагрузкой без ограничения кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ НА ИЗМЕНЕНИЯ В ГЕНЕРИРОВАНИИ СИЛЫ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения – сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – кратковременные снижения показателя максимального произвольного изометрического сокращения (MVIC) генерирования силы непосредственно после эксперимента.

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Cook ([2007](#)), Wernbom ([2012](#)), Neto ([2014](#)).

Полученные данные

Из данных исследований в 2 из 3 не было обнаружено различий между состояниями с ограничением кровотока и без него. Это предполагает, что острое утомление в большей степени может не являться важным механизмом, лежащим в основе долговременной адаптации, которая ассоциирована с тренировками с отягощением с ограничением кровотока. Тем не менее, Cook et al. (2007) обнаружили, что тренировки с отягощением с ограничением кровотока на 20% MVC (максимальное произвольное сокращение) привели к значительно большему утомлению по сравнению со сходными тренировками с отягощением без ограничения кровотока. Поскольку в этих случаях применяли более низкую относительную нагрузку по сравнению с другими двумя исследованиями, может потребоваться дополнительный анализ для определения, зависят ли различия в показателях утомления от применяемой относительной нагрузки

- **ВЛИЯНИЕ НА НАКОПЛЕНИЕ МЕТАБОЛИТОВ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения – сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в

раннем периоде

Полученный результат – накопление и истощение метаболитов в остром периоде

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Sundberg ([1994](#)), Suga ([2009](#)), Suga ([2010](#)), Loenneke ([2010a](#)), Inagaki ([2011](#)), Manini ([2012](#)), Kumagai ([2012](#)), Loenneke ([2012f](#)), Loenneke ([2012e](#)), Suga ([2012](#)), Takada ([2012](#)), Yasuda ([2014a](#)), Kim ([2014](#)).

Полученные данные

В данных исследованиях получены чрезвычайно противоречивые результаты, касающиеся накопления метаболитов и их истощения после сеансов тренировок с отягощением с ограничением кровотока и без него в остром периоде. Эти противоречивые данные затрудняют понимание роли лактата в крови и прочих элементов метаболического стресса, провоцируемого метаболитами, в долгосрочной адаптации, ассоциированной с тренировками с ограничением кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ НА МЫШЕЧНУЮ БОЛЕЗНЕННОСТЬ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения – сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – выявление маркеров повреждения мышц, в том числе мышечной болезненности в раннем периоде

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Wernbom ([2009](#)), Wilson ([2013](#)).

Полученные данные

Wernbom et al. (2009) обнаружили, что после тренировки с отягощением без ограничения кровотока мышечная болезненность наблюдалась в большей степени по сравнению с тренировками с отягощением с ограничением кровотока. Wilson et al. (2013) не обнаружили различий между тренировками с отягощением с ограничением кровотока и без него. Данные предварительные результаты предполагают, что повреждение мышц может не являться важным механизмом, лежащим в основе хронической адаптации, ассоциированной с тренировками с ограничением кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ НА УТОЛЩЕНИЕ МЫШЦ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения – сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – изменение толщины мышц в раннем периоде

Результаты

Было идентифицировано два исследования: Yasuda et al. ([2014](#)), Loenneke et al. ([2012d](#)).

Полученные данные

Yasuda et al. (2014) обнаружили, что толщина мышц увеличивалась после тренировок с отягощением с применением 20% 1 ПМ с ограничением кровотока или без него Loenneke et al. (2012d) также обнаружили увеличение толщины мышц в раннем периоде после тренировок с отягощением с ограничением кровотока. Тем не менее, в данном исследовании не проводилось сравнение этих результатов с группой, в которой проводились тренировки с отягощением без ограничения кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ НА ПЕРЕГРУЗКУ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения - сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – изменения частоты сердечных сокращений, ударного объема и артериального давления в остром периоде

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Kumagai ([2012](#)), Loenneke ([2012f](#)), Vieira ([2013](#)), Araujo ([2014](#)), Neto ([2014](#)), Poton ([2014](#)), Maior ([2015](#)).

Полученные данные

В данных исследованиях получены противоречивые данные относительно перегрузки при

выполнении тренировок с отягощением с ограничением кровотока или без него. Таким образом, кажется маловероятным, что существуют значительные различия между перегрузкой при выполнении тренировок с отягощением с ограничением кровотока или без него. Это соответствует данным, представленным Loenneke et al. (2015b), которые обнаружили, что упражнения с ограничением кровотока не усиливают перцептивный ответ, наблюдаемый при упражнениях с низкой нагрузкой до отказа. Тем не менее, это не соответствует наблюдению о том, что тренировки с отягощением и низкой относительной нагрузкой с ограничением кровотока приводят к повышению тренировочных показателей субъективной перегрузки, несмотря на то, что такие тренировки включают более низкую нагрузку в целом по сравнению с высокоинтенсивными тренировками с отягощением (Vieira et al. 2014).

- **ВЛИЯНИЕ НА СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА В КРОВИ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с сопротивлением с ограничением кровотока в остром периоде

Группа сравнения - сходные тренировки с сопротивлением без ограничения кровотока в остром периоде

Полученный результат – дополнительное потребление кислорода после тренировки (EPOC) и изменения содержания кислорода в крови в остром периоде

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Neto ([2014](#)), Cayot ([2015](#)), Mendonca ([2015](#)).

Полученные данные

Результаты данных исследований демонстрируют, что энергетические затраты организма повышаются при применении ограничения кровотока. Это может быть причиной того, почему добавление ограничения кровотока к тренировкам без отягощения является более эффективным для развития выносливости и гипертрофии по сравнению со сходными упражнениями без ограничения кровотока. В дополнение, Loenneke et al. (2013c) исследовали гемодинамические эффекты ограничения кровотока при отсутствии упражнений в остром периоде. Они обнаружили, что ограничение кровотока в покое приводит к резкому снижению венозной пластичности и максимального венозного оттока.

- **ВЛИЯНИЕ НА ГОРМОНЫ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения - сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – содержание гормонов в раннем периоде

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Abe ([2006b](#)), Fujita ([2007](#)), Inagaki ([2011](#)), Manini ([2012](#)), Patterson ([2013](#)), Kim ([2014](#)).

Полученные данные

За исключением Kim et al. (2014) во всех исследованиях был обнаружена большая выработка гормона роста в раннем периоде после упражнений с ограничением кровотока по сравнению с выполнением сходных упражнений без ограничения кровотока. Это предполагает, что повышение выработки гормона роста может являться основополагающим механизмом, который объясняет, почему упражнения с ограничением кровотока являются более эффективными для развития силы и гипертрофии по сравнению с тренировками без ограничения кровотока. Имеется меньшее количество доказательств относительно первичного ответа на ограничение кровотока для других гормонов.

- **ВЛИЯНИЕ НА ОТВЕТЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СИГНАЛЬНЫМИ МОЛЕКУЛАМИ В РАННЕМ ПЕРИОДЕ: СРАВНЕНИЕ СО СТАНДАРТНЫМИ ТРЕНИРОВКАМИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения - сходные тренировки с отягощением без ограничения кровотока в раннем периоде

Полученный результат – ответы, обусловленные сигнальными молекулами в раннем периоде

Результаты

Были идентифицированы следующие исследования: Fujita ([2007](#)), Drummond ([2008](#)), Fry ([2010](#)), Manini ([2011](#)), Gundermann ([2012](#)), Larkin ([2012](#)), Wernbom ([2013](#)), Patterson ([2013](#)), Cumming ([2014](#)), Dorneless ([2015](#)).

Полученные данные

Хотя в данных исследованиях сообщались результаты, касающиеся большого диапазона различных сигнальных путей, прослеживается тенденция к обнаружению более высокой передачи сигналов при помощи молекул после тренировок с отягощением с низкой нагрузкой с ограничением кровотока по сравнению с тренировками с отягощением с низкой нагрузкой без ограничения кровотока.

- **ВЛИЯНИЕ НА ОТВЕТЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СИГНАЛЬНЫМИ МОЛЕКУЛАМИ, В РАННЕМ ПЕРИОДЕ**

Критерии выбора

Популяция – любая

Экспериментальная группа – любые тренировки с отягощением с ограничением кровотока в раннем периоде

Группа сравнения – контрольная группа до тренировки или без тренировок

Полученный результат – ответы, обусловленные сигнальными молекулами в раннем периоде

Результаты

Было идентифицировано одно исследование: Gundermann ([2014](#)).

Полученные данные

В данном исследовании обнаружили, что фосфорилирование mTORC1 повышалось после тренировки с отягощением с ограничением кровотока. Хотя в исследовании не сравнивали влияние данного протокола со сходным протоколом тренировок без ограничения кровотока, результаты предоставляют дополнительное подтверждение того, что больший ответ, обусловленный сигнальными молекулами, может представлять собой основополагающий механизм, который объясняет, почему упражнения с ограничением кровотока являются более эффективными в развитии силы и гипертрофии по сравнению с упражнениями без ограничения кровотока.

ВЫВОДЫ РАЗДЕЛА

Механизмы, при помощи которых ограничение кровотока может привести к улучшению адаптации к тренировкам по сравнению со сходными упражнениями без ограничения кровотока, во многом остаются неясными.

Тренировки с отягощением с ограничением кровотока и низкими относительными нагрузками демонстрируют большую работу мышц по сравнению с сопоставимыми стандартными тренировками с отягощением с соответствующими нагрузками, что может отображать повышенную вовлеченность в процесс мышечных волокон, что ведет к большему развитию гипертрофии.

Тренировки с отягощением с ограничением кровотока и низкими относительными нагрузками также демонстрируют большой синтез белка после тренировки, большую выработку гормона роста и более устойчивые ответы, обусловленные сигнальными молекулами, по сравнению со стандартными тренировками с отягощением с соответствующими нагрузками.

[В начало](#)