

Физиологические основы применения тренинга ускорением в медицине спорта высоких достижений

В.Ф.Пятин

ГОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет», Россия, Самара
ООО «Power Plate Russia», Россия, Москва

Введение. Под тренингом ускорением понимается физическое воздействие на организм спортсмена импульсной трехплоскостной гипергравитации. Источником подобного физического воздействия является вибротренажер Power Plate, а параметрами - частота и амплитуда движения платформы тренажера при обязательном ее смещении в трех плоскостях и фактор гипергравитации. При этом импульсное ускорение, передаваемый телу человека платформой тренажера способно оказывать на организм спортсмена тренирующий эффект на уровне высокого спорта (по программе), способствующий достижению в комплексе со специальной тренировкой наивысших спортивных результатов. Самое парадоксальное и перспективное, что эта технология обладает восстановительным и лечебным эффектами. Лечебный эффект тренинга ускорением основан, прежде всего, на технологии быстрой и сильной рефлекторной релаксации любой группы скелетных мышц (глубокие и поверхностные) через натуральные рефлексy. Этому же способствует феномен сокращения/расслабления (с частотой 30-50 Гц), аутогенное торможение, мгновенная локальная стимуляция кровотока, увеличение гибкости, интенсификация выведения из тканей продуктов метаболизма (стимуляция крово- и лимфодренажа) и быстрый гормональный ответ. Кроме того, тренинг ускорением позволяет в медицине спорта в течение нескольких десятков секунд усиливать феномен релаксации технологиями массажа и растяжки. Обе последние технологии с успехом используются в самостоятельных программах спортивной медицины. В итоге речь идет о принципиальной смене парадигмы ряда направлений в медицине спорта высоких технологий, наряду с увеличением эффективности существующего медицинского обеспечения. Эта смена заключается в новой технологии немедикаментозной терапии и в резком сокращении времени на терапию спортсмена на любом этапе спортивной деятельности. Физиологические эффекты тренинга ускорением на организм спортсмена развиваются за очень короткий период времени (например, антиболевой ответ за 60 сек) и характеризуется устойчивостью, что важно для восстановления спортивной формы. Медицинское воздействие на организм спортсмена при тренинге ускорением связан с анаболическим ответом. Наконец, наряду с релаксацией, массажем и растяжкой тренинг ускорением решает еще одну важнейшую проблему спорта – он высокоэффективен в профилактике травматизма. Эту проблему до настоящего времени не решена в медицине высокого спорта. Показателен успех Олимпийской команды Китая и спортсменов других стран на летней Олимпиаде 2008 в Пекине, которые применяли в тренировочном и реабилитационном процессах тренинг ускорением на тренажерах Power Plate.

Быстрый и выраженный релаксационный эффект

Релаксация при тренинге ускорением обусловлена быстрой активацией нескольких физиологических механизмов. Прежде всего, они направлены на ослабление стрессового состояния центральной нервной системы, формирование баланса стрессового ответа вегетативной нервной системы по типу «fight or flight». Релаксационный ответ организма усиливается технологией растяжки с помощью тренинга ускорением. Последнее связано, в частности, с увеличением гибкости через спинальный рефлекторный механизм торможения активности α -мотонейронов спинного мозга афферентными влияниями от сухожильных органов Гольджи.

Антистрессорный эффект, способствующий релаксации при тренинге ускорением, обусловлен регуляцией уровня активности оси «проприорецепторы скелетных мышц –

гипоталамус», в результате которой происходит снижение секреции содержания кортизола в плазме крови в среднем на 32% (Mester et al., 2006; Guus van der Meer et al., 2007). Очень важно, что мишенью раздражающего воздействия импульсной трехплоскостной гипергравитации являются мышечные веретена. Эти проприорецепторы относятся к медленно адаптирующимся рецепторам, но при растяжении скелетных мышц во время вибрационного воздействия с частотой 30–50 Гц они сохраняют высокий уровень активации в Ia типе афферентных волокон. При традиционной релаксационной технике отсутствует подобный уровень активации афферентов мышечных веретен.

Понижение активности симпатической нервной системы. Следует подчеркнуть, что высокий уровень активации Ia-афферентов мышечных веретен относится к важнейшему фактору, вызывающему торможение активности симпатической нервной системы во время мышечной деятельности и формированию баланса стресс ответа по типу «fight or flight». Центральный механизм торможения симпатической активности при стимуляции проприорецепторов скелетных мышц был впервые установлен автором этих строк в экспериментальных исследованиях на животных (В.Ф. Пятин с соавт., 2006, 2007). Нейрофизиология тормозного взаимодействия между проприорецепторами скелетных мышц и симпатическими структурами ствола мозга включает в себя активацию проприоцептивных нейронов норадренергической зоны моста А5 в момент ритмической стимуляции мышечных веретен и возникающую при этом блокаду активности мультицептивных нейронов зоны А5. Функция последних заключается в моносинаптической активации преганглионарных симпатических нейронов и через них в поддержании тонуса гладких мышц сосудов. Результатом блокады симпатизирующих нейронов зоны А5 моста при проприоцептивной стимуляции является быстрое и резкое снижение системного артериального давления в опытах у наркотизированных животных. Аналогичная закономерность «поведения» системного артериального давления во время тренинга ускорением выявлена в исследованиях на человеке. Известно, что под влиянием физических факторов интенсивного тренинга ускорением у молодых людей систолическое артериальное давление повышается в среднем на 10-15 мм рт.ст., а диастолическое давление, напротив, понижается на 30-50 мм рт.ст. (Kerschman-Schindl et al., 2001 и др.)

Проприоцептивное нейромышечное облегчение. Мышцы при стрессе имеют повышенный тонус. Такие мышцы укорочены и имеют повышенную плотность. Проприоцептивное мышечное облегчение и возникает во время упражнения растяжки при тренинге ускорением, благодаря рефлекторному механизму: аутогенному торможению. Растяжка в тренинге ускорением вызывает как пассивные движения, так и активные мышечные сокращения. Процесс представлен фазами «сокращение», «остановка» и «расслабление». Количество чередующихся фаз при тренинге ускорением достигает 900 за 30 секунд. Аутогенное торможение при участии сухожильных органов Гольджи заключается в выключении сокращения и инициации в мышце расслабления под влиянием афферентных сигналов по мере роста мышечного напряжения (Kelderman, 2005). Возникающий рефлекторно эффект релаксации под влиянием импульсного гипергравитационного воздействия вызывает адаптацию мышцы к новой ее длине.

Другие факторы, снижающие стресс. Технология массажа при тренинге ускорением, когда одно упражнение локального импульсного гипергравитационного воздействия в течение одной минуты инициирует 2100-2400 колебаний ткани, что усиливает локальный крово- и лимфоток. В технологии массажа тренинга ускорением существенно уменьшается время, затрачиваемое на восстановительную терапию (в целом время массажа не превышает 5-6 минут).

Наконец, активация всех физиологических механизмов по сути дела «бессознательной» релаксации спортсменов поддерживается на высоком уровне, благодаря фактору гипергравитационного воздействия на организм человека. В частности, сила гравитации, создаваемая генератором тренажера Power Plate составляет 1,8-6,25 G.

Несомненно, что технология быстрой и высокоэффективной рефлекторной релаксации тренинга ускорением может применяться в спорте высоких достижений в комплексе с традиционной технологией «осознанной» релаксации.

Быстрый и устойчивый антиноцицептивный эффект

Тренинг ускорением уменьшает или полностью устраняет боль (Bruyere et al., 2005; Cardinale, Pope, 2003; Rittweger et al., 2002; Guus van der Meer et al., 2007; Bakhtiary et al., 2007). Все структуры нейромышечной системы содержат ноцицепторы, которые при травме через структуры ЦНС активируют α -мотонейроны спинного мозга, что вызывает спазм мышц в области повреждения. Возникает известный цикл боль/спазм, который, в свою очередь, может быть источником боли. На уровне микроциркуляции мышечный спазм ведет к ишемии, в результате сдавливания капилляров. Спазмированные мышцы имеют повышенную скорость метаболизма и усиленное потребление кислорода, которого недостаточно из-за ограничения кровотока в зоне повреждения, что чревато возникновением клеточных повреждений. В этих условиях нормализация функции мышечной системы требует применения быстрого антиноцицептивного воздействия.

Что же имеется в традиционном антиноцицептивном арсенале спортивной медицины? Перечень показывает, что это далеко не быстрые антиноцицептивные мероприятия: «антиноцицептивная» поза, постельный режим, поддерживающий пояс при болях в спине, нестероидные и противовоспалительные средства, электротерапия, магнитные поля, ультразвуковая терапия, легкий массаж, инверсионный стол и др. Тактика меняется в зависимости от степени и локализации источника болевого ощущения. Однако быстрая и стойкая реабилитация болевого синдрома достигается далеко не часто. Принцип воротного механизма боли, свидетельствует, что боль является результатом взаимодействия различных нейронных групп. Прежде всего, происходит взаимодействие на тормозных интернейронах желатинозной субстанции задних рогов спинного мозга сигналов, поступающим по $A\delta$ и C волокнам, и сигналов, передаваемых по $A\alpha$ и $A\beta$ волокнам. Поэтому нейрофизиологически существует один путь выключить или снизить боль путем стимуляции механорецепторов мышц, что приведет к активации нервных волокон большого диаметра от механорецепторов мышц, т.е. от мышечных веретен и сухожильных органов Гольджи. Активация волокон большого диаметра активирует тормозные интернейроны желатинозной субстанции, которые, в свою очередь, уменьшают или полностью тормозят передачу ноцицептивных импульсов в структуры головного мозга. При тренинге ускорением достигается максимальная активация механорецепторных афферентов скелетных мышц (30-50 раз в секунду), сигналы от которых в течение короткого интервала времени способны «отключить» спастический мышечный участок и выключить цикл спазм/боль: этот результат можно достигнуть за одно воздействие длительностью 60 секунд. Дополнительными антиноцицептивными факторами при тренинге ускорением служат локальная стимуляция кровообращения (микроциркуляции), механизм «сокращение/расслабление», стимуляция лимфотока и удаление из зоны повреждения нейротрансмиттеров боли и, наконец, секреция анаболических гормонов и нейротрансмиттеров, повышающих порог болевой чувствительности.

Существенное увеличение гибкости и подвижности

Тренинг ускорением увеличивает гибкость, благодаря вовлечению нескольких физиологических механизмов (Issurin, Tenenbaum, 1999; Cardinale, Bosco, 2003; Cardinale, Lim, 2003; Cochrane, Stannard, 2005; Kelderman, 2005; Fagnani et al., 2006; Sands et al., 2006; Paradisis, Zacharogiannis, 2007; Kinzer et al., 2008):

- рефлекса растяжения и сухожильный рефлекс вызывают рефлекторное торможение α -мотонейронов спинного мозга, что увеличивает степень движения подобно тому, что происходит при растяжке в цикле «сокращение/расслабление»;

- увеличения локальной температуры тканей в результате стимуляции кровотока под действием вибрации, что также снижает сопротивление мышечной ткани при ее растяжении;

- уменьшения ощущения боли и дискомфорта, обусловленное локальным повышением температуры в мышечной ткани и улучшения амплитуды движения.

Во время тренинга ускорением, трехплоскостная импульсная гипергравитационная вибрация платформы активирует мышечные веретена и сухожильные органы Гольджи в ответ на увеличение растяжения мышцы и увеличение ее напряжения. Это адаптирует мышцу к новой длине, увеличивая последнюю при пассивной позиции растяжки. Кроме того, во время тренинга ускорением увеличивается гибкость, поскольку активация полисинаптических путей вызывает быструю смену сокращений и расслаблений (30-50 раз в секунду). Растяжка под действием импульсной трехплоскостной гипергравитации, обусловлена рефлексом растяжения и аутогенным торможением, благодаря активации полисинаптических нейронных дуг. Одновременно происходит реципрокное торможение мышц антагонистов и синергистов. В результате интернейронный механизм обеспечивает улучшение амплитуды движения при одновременном развитии мышечной силы.

Повышение скорости локального кровотока и температуры тканей. При каждом силовом упражнении тренинга ускорением (время 30-60 сек) скорость кровотока в тренируемой скелетной мышце возрастает примерно в два раза от 6,5 до 13,0 см/с (Kerschman-Schindl et al., 2001; Rittweger et al., 2001; Mester et al., 2006; Lohman et al., 2007; Maloney-Hinds et al., 2008). Механизм повышения скорости кровотока при тренинге ускорением обусловлен насосной функцией мышцы при ее сокращении (Назаров В.Т., 1986). При этом насосная функция мышцы осуществляется со скоростью 30-50 Гц. Это повышает капиллярную емкость мышечной ткани и снижает периферическое сопротивление току крови. В частности последний эффект происходит при участии стволового механизма снижения тонуса симпатической нервной системы под действием интенсивной проприоцептивной стимуляции (Pyatin et al., 2006, 2007).

Температура мышцы при непосредственном ее измерении у спортсменов во время каждого упражнения тренинга ускорением повышается в среднем на 1,5° С. В опытах на животных во время одного упражнения с вибрацией всего тела, скорость повышения локальной температуры составляла 0,30°С/ мин (Cochrane et al., 2008).

В наших пилотных исследованиях с помощью метода компьютерной термографии выявлено локальное повышение температуры кожи на 0,8-1,3°С в области тренируемой мышцы у спортсменов. Однократный острый эффект силового тренинга ускорением вызывает также общее перераспределение и выравнивание поверхностного температурного профиля у спортсменов. С одной стороны, это указывает на постоянное присутствие циркуляторного компонента в быстром эффекте увеличения гибкости. С другой стороны, это доказывает целесообразность применения в спортивной медицине быстрого «термогенного» эффекта силовых упражнений тренинга ускорением в качестве реабилитационного приема, в том числе при немедикаментозной антиноцицептивной терапии.

Анаболический потенциал тренинга ускорением

Основные гормоны ремоделирующие и адаптирующие мышечную систему в спорте высоких технологий – это гормон роста, тестостерон и инсулиноподобный фактор роста I. Многочисленными исследованиями показано увеличение секреции анаболических гормонов при тренинге ускорением (Bosco et al., 2000; Cardinale M., Wakeling, 2005; Di Loreto et al., 2004; Gosselink et al., 2004; Kvorning et al., 2006). Тренинг ускорением повышает уровни анаболических гормонов в плазме крови спортсменов и преимущественно активирует тип IIb быстрых мышечных волокон. Рекрутировка высокопороговых волокон во время тренинга ускорением формирует в мышце анаболический ответ подобно тому, как это происходит при чрезмерно высокой физической нагрузке или в велосипедном спорте. Однако при тренинге ускорением анаболический эффект достигается быстрее, очень просто и значителен по силе. В частности уровни гормона роста в плазме крови после 10 минутного тренинга ускорением возрастают на 460%. Этот гормональный профиль сочетается при тренинге ускорением с ростом содержания в крови серотонина и стабилизации или снижения уровней кортизола.

Поэтому гормональный фон при тренинге ускорением обеспечивает силовую адаптацию к нагрузкам (Cormie et al., 2006 и др.) и профилактику стресса, а также утомления спортсменов.

Устойчивая профилактика спортивных травм

Неоднократно подтвердились факты улучшения функции проприоцепции и увеличения координации при тренинге ускорением в результате повышения внутримышечной и межмышечной координации (Bosco et al., 1999; Cardinale, Bosco, 2003; Cardinale, Wakeling, 2005; Torvinen et al., 2002, 2003; Van Nes et al., 2004). Тренинг ускорением повышает координационные способности организма человека в результате синхронизации и увеличения активности двигательных единиц. Импульсное трехплоскостное гипергравитационное воздействие стимулирует максимальное количество рецепторов опорно-двигательного аппарата, которые усиливают на рефлекторном уровне развитие силовых показателей скелетных мышц. Наконец, морфологическая адаптация к указанному воздействию связана с увеличением числа сократительных белков в скелетных мышцах (миофибриллярная гипертрофия) и улучшением структуры мышц. Интенсивная стимуляция проприорецепторов и активация, связанных с ними полисинаптических нейронных сетей, вызывает очень значимое для спортсменов ускорение двигательного развития, формирования силы и гибкости мышечной системы. При тренинге ускорением усиливается ответ тонического вибрационного рефлекса (Torvinen et al., 2003), который резко повышает синхронизированную активность максимального числа двигательных единиц тренируемых мышц в один и тот же момент времени, что ведет к росту силы, выносливости, мощности и развитию равновесия. Поскольку при тренинге ускорением существенно улучшается кинестетическое чувство, координация и функция проприоцепции, то применение его в спорте высоких технологий является наиболее эффективным средством профилактики травматизма. Координационная способность организма многократно усиливается тем, что стимуляция проприоцепции и двигательное научение спортсменов осуществляется в гипергравитационной среде.

Заключение

Тренинг ускорением обладает тренирующим, терапевтическим и профилактическим эффектами на организм спортсмена. В медицине спорта высоких технологий этот вид тренинга с его комплексным физическим воздействием (частота, амплитуда, трехплоскостное движение платформы и гипергравитация) на физиологические системы организма человека, позволяет сменить парадигму традиционного тренинга (с веса на ускорение или вес и ускорение) и внедрить в медицину спорта новую перспективную технологию лечебных и восстановительных программ. Технология тренинга ускорением (силовая, массажная, расслабляющая и растяжки) имеет огромный выигрыш во времени при восстановительной терапии спортсмена и может осуществляться по нескольким направлениям спортивной медицины:

- быстрая и устойчивая релаксация любой группы скелетных мышц;
- быстрое уменьшения или полное устранения боли;
- быстрое увеличения гибкости и подвижности;
- быстрая стимуляция секреции анаболических гормонов;
- совершенное развитие физиологических механизмов координации и проприоцепции;
- профилактика спортивного травматизма.

Литература

1. Назаров В.Т. Биомеханическая стимуляция б явь и надежды. – Мн.: Полымя, 1986. – 95 с.
2. Bakhtiary A.H., Safari-Farokhi Z., Aminian-Far A/ Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise // Br J Sports Med 2007. Vol. 41. – P. 145-148.
3. Bosco C., Colli R., Introioni E. et al., Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure // Clinical Physiology. 1999. Vol. 19, N2. –P.183-187.

4. Bruyere O., Wuidart M.A., Di Palma E., Gourlay Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents // *Arch Phys Med Rehabil.* 2005. –Vol. 86, N2. –P.303-307.
5. Cardinale M., Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention // *Exercise and Sport Science Reviews.* 2003. Vol.31, N1. –P.3-7.
6. Cardinale M., Lim J. The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance // *Medicina Dello Sport.* 2003. Vol. 56/ -P.287-292.
7. Cardinale M., Pope M.N. The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous // *Acta Physiol Hung.* 2003. Vol. 90, N3. –P.195-206.
8. Cardinale M., Wakeling J., Whole body vibration exercise: are vibration good for you? *Br J Sports Med.* 2005. Vol. 39, N9. –P. 585-589.
9. Cochrane D.J., Stannard S.R. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players // *Br J Sports Med.* 2005. Vol.39. – P. 860-865.
10. Cochrane D.J., Stannard S.R., Sargeant A.J., Rittweger J. The rat of muscle temperature increase during acute whole body vibration exercise // *Eur J Appl Physiol* 2008. Vol. 103. – P.441-448.
11. Cormie P., Deane R., Triplett N., McBride J. Acute effects of whole body vibration on muscle activity, strength and power // *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2006. Vol. 20, N2. –P.257-261.
12. Fagnani F., Giombini A., Di Cesare A., et al., The effects of a whole body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes // *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2006. Vol. 85. - P. 956-962.
13. Gosselink K.L., Roy R.R., Zhong H., et al., Vibration-induced activation of muscle afferents modulates bioassayable growth hormone release // *J Appl Physiol* 2004. Vol. 96. – P. 2097-2102/
14. Guus van der Meer, E.Zeinstra, Tempellars J., Hopson S. *Handbook of Acceleration training. Science, Principles, and Benefits* // Healthy Learning. 2007. 181 p.
15. Issurin V.B., Tenenbaum G. Acute and residual effects of vibratjry stimulation on explosive strength in elite and amature athletes // *Journal of Sports Sciences .* 1999. Vol.17. –P. 177-182.
16. Kelderman J. *The Power Plate: A new application in physical therapy?* Groningen. 2005
17. Kerschman-Schindl K., Grampp S., Henk C., et al. Whole body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume // *Clinical Physiology.* 2001. Vol. 21, N3. –P.377-382.
18. Kinzer A., Ramsey M., O'Bryant H. et al., Vibration and streeching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts // *Medicine and Science in Spoprts and Exercise.* 2008. Vol. 40, N1, -P. 133-140.
19. Kvorning T., Bagger M., Caserotti P., Madsen K. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures // *Eur J Appl Physiol.* 2006. Vol.96, N5. –P. 615-625.
20. Lohman E., Petrofsky J., Betts H. The effects of Power Plate training on lower extremity skin blood flow in normal subjects // *Med Sci Monit .* 2007. Vol. 13, N2. – p. CR71-76.
21. Maloney-Hinds C., Petrofsky J.S., Zimmerman G. The effects of 30 Hz vs. 50 Hz passive vibration and duration of vibration on skin blood flow in the arm // *Med Sci Monit.* 2008. Vol. 14, N3. –P.CR 112-116.
22. Mester J., Kleinoder H., Yue Z. Vibration training: benefits and risks // *J Biomech.* 2006. Vol. 39, N6. –P.1056-1065.
23. Paradisis G., Zacharogiannis E. Effects of whole body vibration training on sprint running kinematics abd explosive strength performance // *Journal of Sports Science and Medicine.* 2007. Vol. 6. –P. 44-49.
24. Pyatin V.F., Tatarnikov V.S., Glazkova E.N. Intagration by A5 neurons of respiratory and nonrespiratory information in the rat // *Proc. International Congress of Respiratory Biology.* Bonn/Bad Honnef, 2006. –P. 33.

25. Pyatin V. F., Tatarnikov V. S., Glazkova E. N. Activity of neurons of the cerebral A5 zone of rat induced by adequate stimulation of muscle afferents: On the control of arterial pressure and respiration during muscle activity // *Neurophysiology*. 2007. Vol. 39, N6. –P. 382-390
26. Rittweger J., Just K., Kautzsch K., Reeg P., Felsenberg D. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole body vibration exercise// *SPINE*. 2002. Vol.27, N17. – P.1829-1834
27. Rittweger J., Schiesel H., Felsenberg D. Oxygen uptake during whole body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement // *Eur J Appl Physiol*. 2001. Vol. 86. –P.169-173.
28. Sands W., McNeal J., Stone M. et al., Flexibility enhancement with vibration: acute and long-term // *Med Sci Sports Exerc*. 2006. Vol. 38, N4. – P. 720-725.
29. Torvinen S., Kannus P., Sievanen H., et al., Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study // *Clin Physiol and Func Im*. 2002. Vol. 22. –P.145-152.
30. Torvinen S., Kannus P., Sievanen H., et al., Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study // *J Bone Miner Res*. 2003. Vol. 18, N5. –P. 876-884.
31. Van Nes I.J.W., Guerts A.C.H., Hendricks H.T., Duysens J. Short-term effects of whole body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence // *American Journal of Physical Medicine of Strength and Conditioning*. 2004. Vol. 83, N11. –P. 867-873.