

## **Обоснование тренировочных режимов, направленных на развитие мышечной гипертрофии в оздоровительной тренировке**

*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины (г. Киев)*

**Постановка научной проблемы и ее значение.** В современном фитнесе, как и в спорте, все большее внимание уделяется проблеме оптимизации физических нагрузок относительно конечных задач тренировки. В этой связи зависимость «доза–эффект» между характеристиками физической нагрузки (интенсивность, частота, объем) и результатами тренировки (сила, мощность, гипертрофия) следует рассматривать в качестве «фундамента» для корректного построения тренировок с отягощениями [26].

**Анализ исследований по проблеме.** Несмотря на достаточно большое количество научных данных по проблеме развития силы и мощности сокращения [4; 9; 12; 13; 25; 23; 24; 26; 36], существует определенный дефицит информации о тренировочных воздействиях, направленных на формирование формы мышцы за счет гипертрофии, что в фитнесе зачастую является приоритетной целью тренировки. Вопросы особенностей силовой тренировки, имеющие различные цели и эффективности различных методов развития гипертрофии скелетных мышц являются предметом обсуждения данной статьи.

**Цель работы** – на основе анализа литературных данных обосновать тренировочные режимы физических нагрузок с отягощениями, направленные на формирование гипертрофии мышц, предложить рекомендации по планированию занятий силовым фитнесом.

В работе использовались методы анализа литературных источников и контент-анализ научных материалов в базах данных MEDLINE и GoogleScholar. Анализировались работы, в которых силовая тренировка не сопровождалась приемом веществ, стимулирующих синтез белка в скелетной мускулатуре.

**Изложение основного материала и обоснование полученных результатов исследований.** Основываясь на научных материалах по проблеме формирования гипертрофии мышц упражнениями с отягощениями, можно утверждать, что:

- 1) тренировка с целью развития силы мышц и достижения необходимой формы мышц (гипертрофии) практически не имеют методических или каких-либо других различий;
- 2) программы, приводящие к приростам силы, также способствуют к определенному увеличению мышечной массы, однако степень выраженности таких приростов может существенно различаться.

Указанные положения, по-видимому, справедливы как для спортивной, так и для оздоровительной тренировки. Так, в исследованиях Choietal [7] и Masudaetal [14], основанных на сравнении традиционного для бодибилдинга режима работы с отягощениями с умеренной интенсивностью и высокоинтенсивной тренировки в пауэрлифтинге, показано, что в обоих случаях наблюдалось увеличение максимальной изометрической силы мышц, максимальной произвольной силы и размеров квадрицепса, измеренных с помощью магнитно-резонансной томографии.

D. Schmidtbleicher и M. Buehrle [28] методом компьютерной томографии обнаружили большее увеличение размеров трицепса плеча у группы неспортсменов, которая тренировалась, используя три подхода по 12 повторений с отягощением в 70 % от максимального отягощения (МО)<sup>1</sup> по сравнению с группой, выполнявшей семь подходов по 1–3 повторения с 90–100 % от МО, тогда как увеличение силы было аналогичным.

Различия в результатах этих и других исследований по проблеме силовой тренировки [8; 29; 50; 21; 31], показывают, что тренировка с целью увеличения мышечной массы в некоторой степени отличается от тренировки для развития максимальной силы, что является основой для создания моделей периодизации подготовки [21; 31], в которых периоды тренировки или отдельные занятия, направленные на максимальную стимуляцию гипертрофии при помощи большого объема нагрузок умеренной интенсивности, следуют за периодом или занятиями,

направленными на увеличение максимальной силы при умеренном объёме и высокой интенсивности упражнений. Работа первого типа воздействует преимущественно на структуру мышечной ткани [21; 28; 29; 31], тогда как второго типа – преимущественно на формирование оптимальной внутримышечной координации [15]. Однако, если нагрузка достаточная, гипертрофия мышц обязательно сопровождает оба вида тренировки [6, 28].

Анализ влияния разных по частоте занятий, величине отягощений и объёмов выполненной работы силовых нагрузок на увеличение показателя площади поперечного сечения (ППС) мышцы, отражающего гипертрофию, позволяет установить эффективные подходы к тренировке и характеристики нагрузок силового характера.

*Частота занятий.* Количество силовых занятий в неделю оказывает определенное влияние на прирост показателя ППС. Так, наибольшее увеличение прироста ППС сгибателей локтя при тренировке с отягощениями (0,59 % в день при общем увеличении ППС до 17 %) зафиксировано в эксперименте [23] с частотой занятий четыре раза в неделю. При тренировках три раза в неделю исследователи [24; 25; 26] отмечают меньшие результаты прироста ППС: 0,42 %, 0,38 % и 0,32 % в день, соответственно. Двухразовые занятия в неделю еще более снижают уровень прироста ППС – от 0,18 % в день до 0,11 %.

Зависимость уровня ППС от количества занятий также подтверждается в исследовании [8], в котором при плотности тренировки (24 тренировки в течении двух недель занятий) зафиксировано увеличение ППС квадрицепса на 0,55 % в день. Однако отмеченная исследователями частичная окклюзия сосудов у испытуемых не позволяет рекомендовать такие нагрузки к широкому использованию в фитнесе. Также, несмотря на то, что повышенное количество занятий (четыре и более в неделю) вызывает быструю гипертрофию на начальном этапе, следует отметить, что такие исследования [1; 3; 16] имели небольшую продолжительность – от двух до четырех недель – и вопрос о том, продолжит ли ППС так же быстро увеличиваться, если занятия будут проходить в том же режиме более длительное время, остается не до конца раскрытым. Так, Abeet и др. [1] отмечают существенное снижение прироста ППС уже на второй неделе тренировки, по сравнению с первой, с 1 % в день до 0,25 %.

В пользу невысокой частоты занятий, но большей длительности периода тренировки гипертрофии говорят результаты исследования Seynnesetal [29], в котором 35-дневная тренировка с частотой занятий три раза в неделю (четыре подхода семь концентрических-эксцентрических сокращений) позволила получить увеличение прироста ППС до 0,12 % в день в первые 10 дней, но в последующие 25 дней – до 0,25 %.

В связи с ограниченным количеством данных относительно высокой частоты занятий (четыре и больше раз в неделю) трудно сказать, какая частота тренировки оптимальная в долгосрочном плане. Вероятно, высокая частота занятий возможно может использоваться для «запуска» гипертрофии на начальном этапе с целью мотивации к дальнейшему продолжению тренировки, однако при переходе к регулярным занятиям, рационально перейти на 3-разовую силовую тренировку.

*Интенсивность нагрузок.* Согласно современным представлениям, чрезвычайно широкий диапазон интенсивности силовых упражнений способен вызвать гипертрофию. По-видимому, существует некоторая зависимость между нагрузкой и увеличением прироста ППС, но зависимость не прямая. Уровень прироста обычно выше при интенсивности >60 % от МО, однако нужно принимать во внимание некоторые результаты с интенсивностью <60 % от МО.

Обобщая результаты исследований этого вопроса [2; 5; 10; 29; 32; 33; 34; 35], можно утверждать, что прирост ППС мышц наиболее эффективно обеспечивается интенсивностью нагрузки в пределах 70–85 % от МО. Более значительные отягощения не способны обеспечить продолжительное увеличение прироста ППС [5; 9; 10; 33; 35].

*Объем выполненной работы.* Одним из условий эффективного развития гипертрофии является постепенное повышение объемов работы в связи с фактом замедления адаптационной гипертрофии после достижения определённого объёма или продолжительности работы.

Большее увеличение мышечной массы отмечается первоначально, при увеличении объёма работы, но уменьшается, если объём продолжает увеличиваться. В целом, рекомендованный объём работы на тренировочном занятии силовой направленности составляет около 30–60 повторений. Упражнения с отягощениями вызывают наибольшую ответную реакцию мышц.

В то же время получены данные [18; 27] показывают, что высокий уровень роста ППС может ожидать при относительно низком количестве повторений в занятии (до 12–14), но при определённых условиях. В первом исследовании [27] применяли отягощение на уровне 90–100 % МО, как в концентрическом, так и в эксцентрическом режимах сокращения мышцы. В исследовании [18] применяли экстремально высокое отягощение в эксцентрическом режиме, которое прогрессивно

увеличивалось от 130 до 230 % МО. В обоих исследованиях показаны идентичные темпы роста ППС.

Другим примером, показывающим, что существенная гипертрофия может быть вызвана при малом количестве мышечных сокращений с очень высокой нагрузкой, является исследование Hawkinsetal [11]. Показано, что для нетренировавшихся прежде людей, уже 9-ти максимальных эксцентрических мышечных сокращений было достаточно для значительного увеличения сухой массы бедра, в то время как 12-ти максимальных концентрических сокращений – нет. Однако, учитывая неучастие группы испытуемых в регулярных занятиях, данный пример в большей степени характеризует эффективность разных режимов мышечного сокращения для формирования гипертрофии.

Исследователи [15; 19; 22; 30], использовавшие менее точное измерение массы мышц, по сравнению с измерением ППС при помощи магнитно-резонансной томографии, компьютерной томографии или ультразвукового исследования, также показывают существенное увеличение толщины мышц после первого подхода из 8–12 повторений упражнения, специфичного для мышечной группы [22; 30].

Таким образом, связь между объёмом и ответной гипертрофией дифференцирована относительно методических особенностей силовой тренировки. Расхождения в результатах исследований в отношении необходимого объёма тренировки для формирования гипертрофии могут быть отчасти связаны с различиями в общей продолжительности активности мышц при выполнении упражнения, однако данные об этих характеристиках исследователями зачастую не приводятся. Также, принимая во внимание небольшое количество данных о влиянии низких объемов работы (от одного до 20 повторений), вопросы влияния объёма тренировки на ППС целой мышцы во многом остаются открытыми.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Обобщение результатов анализа научных данных, посвященных проблеме силовой тренировки и формирования гипертрофии мышц, позволяет дифференцировать силовые нагрузки по нескольким характеристикам (табл. 1). Фактически следует выделять три режима силовой тренировки, сочетание которых в процессе развития силы и гипертрофии делает его наиболее эффективным.

Так, режим, основанный на использовании умеренных силовых нагрузок, с низкой скоростью выполнения упражнения, может использоваться в качестве основного метода силовой тренировки лиц с недостаточной готовностью переносить большие усилия.

*Таблица 1*

**Тренировочные режимы, направленные на преимущественное развитие мышечной гипертрофии в оздоровительной силовой тренировке**

| Режим тренировки                       | «Умеренный<br>низкоскоростный»           | «Традиционный»                           | «Эксцентрический,<br>с перегрузкой»                                                     |
|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Движение<br>(упражнение)               | Односуставные, многосуставные            |                                          |                                                                                         |
| Величина<br>отягощения                 | До 50 % от МО                            | 75–80 % от МО                            | Эксцентрический режим:<br>более 105 % от МО.<br>Концентрический режим:<br>60–75 % от МО |
| Количество занятий<br>в неделю         | 2–3 занятия для одной<br>мышечной группы | 3–4 занятия для одной<br>мышечной группы | 1–3 занятия для одной<br>мышечной группы                                                |
| Количество<br>повторений               | 8–14                                     | 8–12                                     | Эксцентрический режим:<br>4–7<br>Концентрический режим:<br>7–10                         |
| Количество<br>подходов                 | 1–3 для одного упражнения                | 3–6 для одного<br>упражнения             | 1–3 для одного<br>упражнения                                                            |
| Количество<br>упражнений на<br>занятии | 2–4 для разных мышц                      | 2–4 для одной группы<br>мышц             | 1–3 для одной группы<br>мышц                                                            |
| Скорость движения                      | 2–4 с                                    | 2–4 с                                    | Эксцентрический режим:<br>2–4 с<br>Концентрический режим:<br>1–3 с                      |
| Интервалы отдыха                       | до 60 с                                  | 60–180 с                                 | 120–180 с                                                                               |

В следствие его можно успешно сочетать с «традиционным» режимом силовой тренировки, характерной для бодибилдинга. Вариативное применение этих режимов позволяет избежать перегрузки при длительной тренировке.

Для лиц с высоким уровнем физической подготовленности и функциональных возможностей оптимальным является сочетание «традиционного» режима с применением эксцентрических нагрузок. Прогрессивное увеличение количества таких нагрузок и объема работы в эксцентрическом режиме предотвращает проявление «порогов силы», что существенно для продолжительной силовой тренировки с целью наращивания объемов мышечной ткани.

#### *Источники и литература*

1. Abe T. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily Kaatsu resistance training [online] / T. Abe, T. Yasuda, T. Midorikawa [et al.] // Int. J. Kaatsu Training Res. – 2005. – Vol. 1. – P. 7–14.
2. Ahtiainen J. P. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men / J. P. Ahtiainen, A. Pakarinen, M. Alen [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – Vol. 89. – P. 555–563.
3. Akima H. Inactivity and muscle: effect of resistance training during bed rest on muscle size in the lower limb / H. Akima, K. Kubo, M. Imai [et al.] // Acta Physiol. Scand. – 2001. – Vol. 172. – P. 269–278.
4. Atha J. Strengthening muscle/ J. Atha // Exerc. Sports Sci. Rev. – 1981. – Vol. 9. – P. 1–73.
5. Brandenburg J. P. The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy and neural adaptations in trained individuals / J. P. Brandenburg, D. Docherty // J. Strength Cond. Res. – 2002. – Vol. 16. – P. 25–32.
6. Chesley A. Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise / A. Chesley, J. D. MacDougall, M. A. Tamopolsky // J. Appl. Physiol. – 1992. – Vol. 7. – P. 1383–1388.
7. Choi J. The difference between effects of 'power-up type' and 'bulk-up type' strength training exercises: with special reference to muscle cross-sectional area, muscular strength, anaerobic power and anaerobic endurance / J. Choi, H. Takahashi, Y. Itai [et al.] // Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. – 1998. – Vol. 47 (1). – P. 119–129.
8. Friedmann B. Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload / B. Friedmann, R. Kinscherf, S. Vorwald [et al.] // Acta Physiol. Scand. – 2004. – Vol. 182. – P. 77–88.
9. Hakkinen K. Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining, and immobilization / K. Hakkinen // Crit. Rev. Phys. Rehab. Med. – 1994. – Vol. 6. – P. 161–198.
10. Hakkinen K. Distribution of strength training volume into one or two daily sessions and neuromuscular adaptations in female athletes / K. Hakkinen, M. Kallinen // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. – 1994. – Vol. 34. – P. 117–124.
11. Hawkins S. A. Eccentric muscle action increases site-specific osteogenic response / S. A. Hawkins, E. T. Schroeder, R. A. Wiswell [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – Vol. 31. – P. 1287–1292.
12. Kraemer W. J. American College of Sports Medicine Position Stand: progression models in resistance training for healthy adults / W. J. Kraemer, K. Adams, E. Cafarelli [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002. – Vol. 34. – P. 364–380.
13. Kraemer W. J. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription / W. J. Kraemer, N. A. Ratamess // Med. Sci. Sports Exerc. – 2004. – Vol. 36. – P. 674–688.
14. Masuda K. Maintenance of myoglobin concentration in human skeletal muscle after heavy resistance training / K. Masuda, J. Y. Choi, H. Shimojo [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. – 1999. – Vol. 79. – P. 347–352.
15. McBride J. M. Effect of resistance exercise volume and complexity on EMG, strength, and regional body composition / J. M. McBride, J. B. Blaak, T. Triplett-McBride // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – Vol. 90. – P. 626–632.
16. Narici M. V. Hypertrophic response of human skeletal muscle to strength training in hypoxia and normoxia / M. V. Narici, B. Kayser // Eur. J. Appl. Physiol. – 1995. – Vol. 70. – P. 213–219.
17. Narici M. V. Hypertrophic response of human skeletal muscle to strength training in hypoxia and normoxia / M. V. Narici, B. Kayser // Eur. J. Appl. Physiol. – 1995. – Vol. 70. – P. 213–219.
18. Okada J. Effects of resistance training associated with stretch-shortening cycle exercise on force development and muscle volume in human elbow flexors / J. Okada, S. Fukashiro // Adv. Exerc. Sports Physiol. – 2001. – Vol. 7. – P. 65–71.
19. Ostrowski K. The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function / K. Ostrowski, G. J. Wilson, R. Weatherby [et al.] // J. Strength Cond. Res. – 1997. – Vol. 11. – P. 148–154.
20. Peterson M. D. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship / M. D. Peterson, M. R. Rhea, B. A. Alvar // J. Strength Cond. Res. – 2004. – Vol. 18. – P. 377–382.
21. Poliquin C. Five steps to increasing the effectiveness of your strength training program / C. Poliquin // Natl. Strength Cond. Assoc. J. – 1988. – Vol. 10. – P. 34–39.

22. Pollock M. L. Muscular hypertrophy responses to 6 months of high or low volume resistance training [abstract] / M. L. Pollock, T. Abe, D. V. DeHoyos [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 1998. Vol. 30 (5 Suppl.). – P. S116.
23. Rhea M. R. A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs / M. R. Rhea, B. L. Alderman // Res. Q.Exerc. Sport. – 2004. – Vol. 75. – P. 413–422.
24. Rhea M. R. Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy / M. R. Rhea, B. A. Alvar, L. N. Burkett // Res. Q.Exerc. Sport. – 2002. – Vol. 73. – P. 485–488.
25. Rhea M. R. A meta-analysis to determine the dose response for strength development / M. R. Rhea, B. A. Alvar, L. N. Burkett [et al.] // Med. Sci. Sports.Exerc. – 2003. – Vol. 35. – P. 456–464.
26. Rose A. J. Exercise rapidly increases eukaryotic elongation factor 2 phosphorylation in skeletal muscle of men / A. J. Rose, C. Broholm, K. Kiillerich, S. G. Finn [et al.] // J. Physiol. – 2005. – Vol. 5696. – P. 223–228.
27. Sale D.. Effect of low vs high repetition weight training upon strength, muscle size and muscle fiber size [abstract] / D. Sale, D. MacDougall, S. Alway [et al.] // Can. J. Spt. Sci. – 1985. – Vol. 10 (4). – 27P.
28. Schmidtbleicher D. Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods / D. Schmidtbleicher, M. Buehrle // In: Jonsson GB, editor. Biomechanics X-B, volume 6-B. Champaign (IL): Human Kinetics. – 198. – P. 615–620.
29. Seynnes O. R. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training / O. R. Seynnes, M. de Boer, M. V. Narici // J. Appl. Physiol. – Epub, 2006. – Oct. 19.
30. Starkey D. B. Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness / D. B. Starkey, M. L. Pollock, Y. Ishida [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 1996. – Vol. 28. – P. 1311–1320.
31. Stone M. H. Weight training: a scientific approach / M. H. Stone, H. S. O'Bryant. – Minneapolis (MI) : Bellweather press, 1987.
32. Takarada Y. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes / Y. Takarada, Y. Sato, N. Ishii // Eur. J. Appl. Physiol. – 2002. – Vol. 86. – P. 308–314.
33. Vikne H. Muscular performance after concentric and eccentric exercise in trained men / H. Vikne, P. E. Refsnes, M. Ekmark [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 2006. – Vol. 38. – P. 1770–1881.
34. Vikne H. Effect of training frequency of maximum eccentric strength training on muscle force and cross-sectional area in strength-trained athletes [abstract no. RR-PL-0517] / H. Vikne, P. E. Refsnes, J. I. Medbo // In: Book of abstracts, 14 th International WCPT Congress. – 2003. – June 7–12. – Barcelona, 2003.
35. Wirth K. Changes in muscle mass detected by MRI, after an eight week hypertrophy training program / K. Wirth, K. R. Atzor, D. Schmidtbleicher // In: Koskolou M, editor. Proceedings of 7th annual Congress of the European College of Sports Sciences. – 2002. – Jul. 24–27. – Athens. – 103.
36. Wolfe B. L. Quantitative analysis of single- vs multiple-set programs in resistance training / B. L. Wolfe, L. M. LeMura, P. J. Cole // J. Strength Cond. Res. – 2004. – Vol. 18. – P. 35–47.

#### **Аннотации**

*В статье исследуется проблема формирования гипертрофии мышц при физических нагрузках в оздоровительных занятиях с отягощениями («силовой фитнес»). Основываясь на материалах специальной научно-методической литературы и контент-анализа научных материалов в базах данных MEDLINE и GoogleScholar, показано, что тренировки для развития силы мышц и с целью достижения необходимой их формы (гипертрофии) практически не имеют методических или каких-либо других различий. Также установлено, что программы, приводящие к приросту силы, приводят к определенному увеличению мышечной массы, однако степень выраженности таких приростов может существенно различаться в зависимости от характеристик физической нагрузки – частоты занятий, величины отягощений и объема выполненной силовой работы. Представленные результаты позволили дифференцировать силовые нагрузки в оздоровительной тренировке по указанным характеристикам. В оздоровительной тренировке рационально выделять три режима силовой тренировки, сочетание которых в процессе развития силы и гипертрофии делает этот процесс наиболее эффективным.*

**Ключевые слова:** гипертрофия мышц, физическая нагрузка, силовой фитнес, интенсивность, кратность тренировок.

**Любов Єракова, Олександр Довгич, Руслан Кронца. Обґрунтування тренувальних режимів, спрямованих на розвиток м'язової гіпертрофії в оздоровчому тренуванні.** У статті досліджено проблему формування гіпертрофії м'язів при фізичних навантаженнях в оздоровчих заняттях з обтяженнями («силовий фітнес»). Ґрунтуючись на матеріалах спеціальної науково-методичної літератури й контент-аналізу наукових матеріалів у базах даних MEDLINE і GoogleScholar, показано, що тренування задля розвитку сили м'язів і з метою досягнення необхідної їх форми (гіпертрофії) практично не мають методичних або яких-небудь інших відмінностей. Так само виявлено, що програми, які приводять до приросту сили, також спричиняють певне збільшення м'язової маси, проте міра вираженості таких приростів може істотно розрізнятися залежно від характеристик фізичного навантаження – частоти занять, величини обтяжень й об'єму виконаної силовій роботи. Представлені результати дали змогу диференціювати силові навантаження в оздоровчому тренуванні за вказаними характеристиками. В оздоровчому

тренуванні раціонально виділяти три режими силового тренування, поєднання яких у процесі розвитку сили й гіпертрофії робить цей процес найбільш ефективним.

**Ключові слова:** гіпертрофія м'язів, фізичне навантаження, силовий фітнес, інтенсивність, кратність тренувань.

**Lyubov Erakova, Alexander Dovgich, Ruslan Kropta. Justification of Training Conditions Aimed at the Development of Muscle Hypertrophy During the Fitness Training.** The article deals with the formation of muscle hypertrophy problem during physical activity with weight (power fitness). Based on materials of special methodological literature and content-analysis of scientific supplies in the MEDLINE and Google Scholar databases it is shown that training for muscle development and achievement of the desired shape muscles (hypertrophy) have almost no methodological or any other differences. Also it is found out that the programs that lead to the increasing of the strength also cause a certain increase in a muscle mass but the extent of such increments can vary significantly depending on the characteristics of physical activity – training frequency, the value of weight and the volume of the work force. The presented results allowed to differentiate the power loads in fitness with mentioned characteristics. It is rationally to appropriate three force training conditions in fitness, the combination of which in the development of strength and hypertrophy makes the process the most effective.

**Key words:** muscle hypertrophy, physical activity, power fitness, intensity, training frequency.