Дата публикации: 15.06.2025
DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_02_1
УДК 612.817.2; 796.015.686

Publication date: 15.06.2025
DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_02_1
UDC 612.817.2; 796.015.686

РАЗРАБОТКА ИНТЕРВАЛЬНОЙ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОБЫ

М.В. Громыко, П.А. Байгужин
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. Предложена и апробирована интервальная динамометрическая функциональная проба, предназначенная для оценивания уровня произвольной регуляции мышечных усилий, реализованных в изометрическом режиме. В кратком обзоре показан анализ факторов, определяющих и влияющих на произвольную регуляцию мышечных усилий. Целевая аудитория применения данной пробы – спортсмены-скалолазы. Функциональная проба проводится в стационарных условиях лаборатории с соблюдением стандартных правил и требований к проведению подобного рода обследований. Целесообразно использовать электронный динамометр, например, аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест». Представлен дизайн функциональной пробы с применением электронного динамометра.

Ключевые слова: функциональная проба, мышечные усилия, изометрическое мышечное сокращение, регуляция, интервальный режим.

DEVELOPMENT OF AN INTERVAL DYNAMOMETRIC FUNCTIONAL TEST

M.V. Gromyko, P.A. Bajguzhin
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Abstract. An interval dynamometric functional test is proposed and tested, designed to assess the level of voluntary regulation of muscle effort implemented in the isometric mode. A brief overview shows an analysis of the factors that determine and influence the voluntary regulation of muscle effort. The target audience of this sample is professional climbers. The functional test is conducted in inpatient conditions of a laboratory in compliance with standard regulations and requirements to such observations. It is advisable to use a digital dynamometer, for example, the NS-Psychotest complex. The design of a functional test using an electronic dynamometer is presented.

Keywords*:* functional test, muscle effort, isometric muscle contraction, regulation, interval mode.

Введение. Среди факторов, определяющих физическую (функциональную) подготовленность, мышечная сила является биологическим предиктором состояния здоровья в онтогенетическом аспекте. Кроме того, в практике спортивной медицины и физиологии оценка силовых параметров является критерием эффективности восстановительных процессов, а также опорно-двигательной, сердечно-сосудистой и неврологической реабилитации.

В современных исследованиях оценка силовых параметров реализована на целом ряде аппаратно-программного инструментария: Lafayette, Microfet 2, Fet 2 Hoggan Health Industries, GT-10, Biodex, J Tech и др. [1]. Динамометрия является неотъемлемой частью исследований мышечной функции при оценке производительности спортсменов [2, 3]. Однако специфичность данного метода исследования, помимо исследовательских задач, определяется особенностями вида спорта, типичная техника движений и ее эффективность зависят от сформированности нейромышечного профиля спортсмена.

Независимо от множества существующих протоколов динамометрических исследований имеется ряд специфических факторов, учет которых повышает надежность оценки изометрической силы: стандартизация (унификация), содержание инструктажа, степень предварительного напряжения мышц, положение частей тела (например, конечностей), угол сустава, диапазон движений, виды стабилизации и фиксации; скорость, последовательность тестирования, интервалы отдыха, обратная связь и т.п. [4]. Например, установлено, что надежность тестирования изометрической силы мышц верхней и нижней частей тела увеличивается при двукратном их повторении независимо от пола испытуемых [5]. Анализ соотношения «сила-время» и частоты поверхностных электромиографических сигналов во время изометрического теста на сжатие кисти выявил оптимальную длительность тестового мышечного напряжения – 10 секунд [6].

Кроме того, качество измерения силовых показателей зависит и от возрастно-половых особенностей [7], массы (в частности, компонентного состава [8]) и длины тела, а также уровня подготовленности и двигательной асимметрии. Так, F. Pournasiri с соавторами (2023) показано негативное влияние фолликулярной и лютеиновой фаз менструального цикла на силу мышц-сгибателей и разгибателей колена, которое проявляется в повышении риска повреждения передней крестообразной связки [9].

При этом в литературе описывается ряд нейронных, механических и методологических факторов, которые нивелируют ценность оценки изометрической силы в контексте целостного двигательного акта и тем более динамической характеристики локомоций и их серий [10].

В систематическом обзоре, основываясь на стандартах COSMIN (инициатива международной междисциплинарной группы исследователей с опытом работы в области эпидемиологии, психометрии, медицины, качественных исследований и здравоохранения, которые обладают опытом в разработке и оценке инструментов измерения результатов (https://www.cosmin.nl/)), из 15 работ, посвященных динамометрическим исследованиям, удовлетворительное методологическое качество продемонстрировали лишь три. Низкое методологическое качество исследований обусловлено малым размером выборки (меньше 20); высокой вариабельности временного интервала наблюдений (от 1 минуты до 14 дней); отсутствием рандомизации [1].

Целью исследования является разработка функциональной пробы – динамометрической оценки изометрической силы мышц-сгибателей пальцев кисти, реализованной в интервальном изометрическом режиме (увеличение напряжения сократительных элементов без обнаружения изменения длины мышцы или положения сустава). Целевая аудитория применения данной пробы – спортсмены-скалолазы.

Исследования силовых показателей преимущественно кистевой динамометрии у спортсменов-скалолазов немногочисленные и, как правило, сопровождаются параллельным использованием электромиографии [11]; ближней инфракрасной спектроскопии [12] поверхностного сгибателя пальцев кисти.

Модели исследований спортсменов-скалолазов сводятся к оценкам силовых параметров в ходе повторяющихся изометрических сокращений мышц-сгибателей пальцев кисти. Так, в работе F. Quaine с соавторами (2003) протокол исследования включал повторение удерживания мышечных усилий, составляющих 80% от максимальной изометрической силы с 5-секундными перерывами [11]. D. MacLeod с соавторами (2007) предлагал изометрический тест на выносливость при 40 % от максимальной изометрической силы с повторным 10-секундным удержанием усилий и 3-секундным отдыхом между ними [12]. В литературе актуализируется проблема валидности и надежности тестов, специфичных для скалолазания [13].

Методы и организация исследования. Функциональная проба проводится в стационарных условиях лаборатории с соблюдением стандартных правил и требований к проведению подобного рода обследований. Целесообразно использовать электронный динамометр, например, аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест».

Критериями исключения участников до выполнения динамометрической интервальной пробы:

1) участие в спортивных состязаниях на соревновательном уровне;

2) травма (посттравматический период), дегенеративное или нейромышечно-скелетное заболевание;

3) непосредственно до оценки прием лекарств, которые могли повлиять на мышечную силу (например, миорелаксанты, анальгетики и др.);

4) исключение обследования девушек в фолликулярную и лютеиновую фазы овуляторно-менструального цикла.

Результаты исследования и их обсуждение. Учитывая достаточно унифицированные требования к разработке протокола исследования с применением нагрузочного тестирования, востребованной является разработка динамометрической интервальной функциональной пробы как специфического инструмента, моделирующего и оценивающего степень развития нейромышечного утомления у спортсменов-скалолазов.

Проба основана на выполнении серий динамометрических упражнений с использованием кистевого динамометра в интервальном режиме. Проба имитирует циклическую нагрузку, характерную для скалолазания, где требуется повторяющееся напряжение мышц предплечья и пальцев кисти.

Краткий протокол исследования. Проба проводится в стационарных условиях лаборатории. Ведущая рука обследуемого согнута в локтевом суставе (45°), предплечье зафиксировано на горизонтальной платформе и развернуто ладонью вверх (рис. 1).

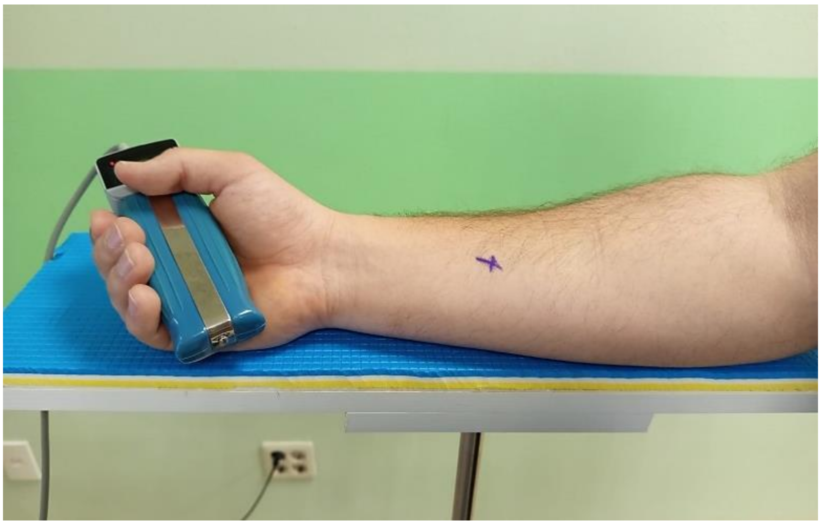

Рис. 1. Положение руки на платформе при выполнении пробы

Испытуемый выполняет серию субмаксимальных мышечных усилий (сжатие динамометра) с заданными интервалами отдыха: 10 сокращений с усилием 75% от максимального; интервал между усилиями 3 секунды (рис. 2, 3).

Выполняется три серии, с интервалом отдыха между ними 2 минуты (рис. 4). Фиксируются сила каждого сокращения, время удержания усилия, силовая выносливость, коэффициент утомления (снижение силы к концу теста в % от начального уровня).

Настоящий вариант динамометрической интервальной пробы разработан для моделирования мышечного утомления и оценки срочного восстановления мышечной выносливости в результате воздействия перкуссионного массажа мышц-сгибателей пальцев кисти.

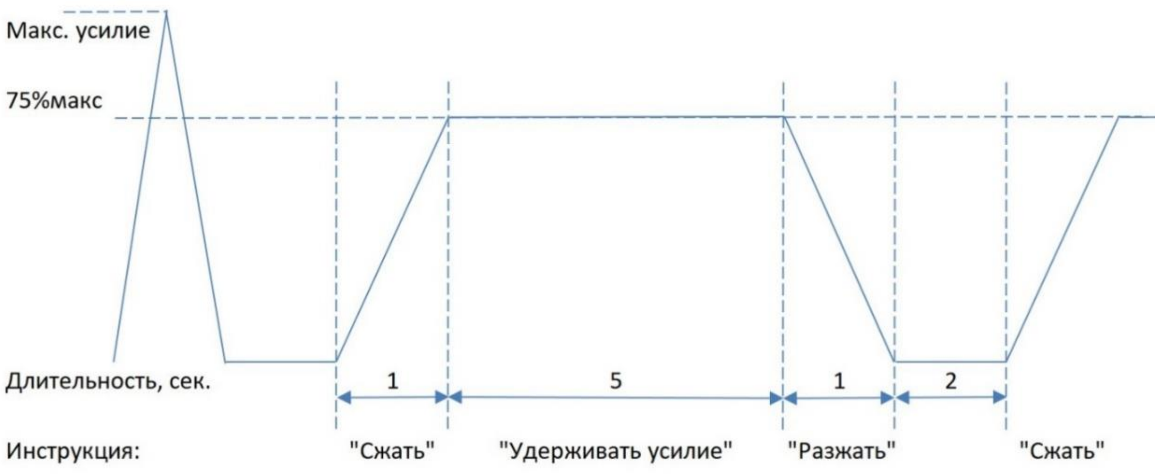

Рис. 2. Временная характеристика одного цикла в серии пробы

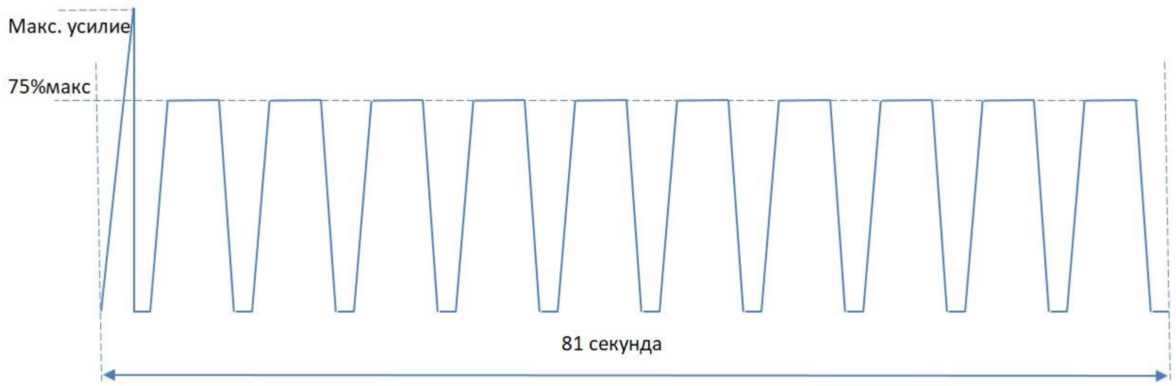

Рис. 3. Временная характеристика одной серии циклов пробы

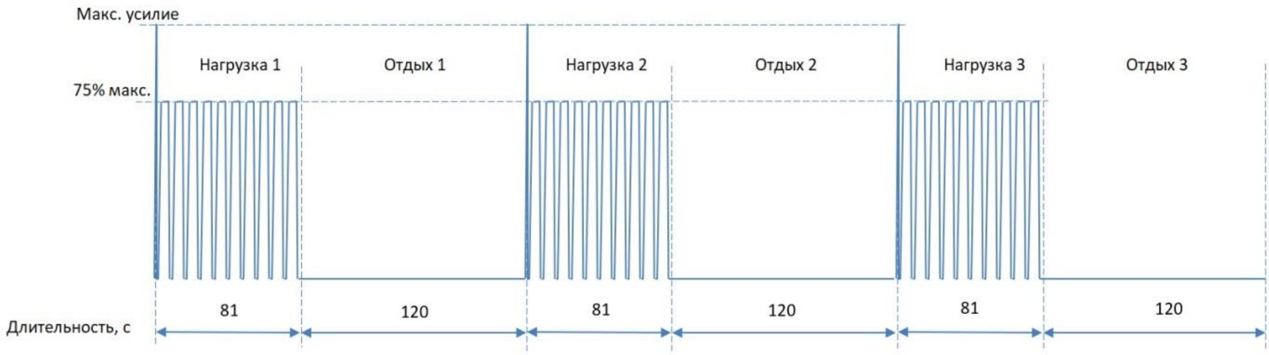

Рис. 4. Временная характеристика трех серий циклов пробы

Заключение. Предложенная динамометрическая интервальная проба является инструментом оценки функциональной подготовленности скалолазов, в частности их способности переносить повторяющиеся нагрузки на мышцы пальцев кисти и предплечья. Результаты теста способствуют оптимизации тренировочного процесса за счет включения эффективных способов срочного восстановления после нейромышечного утомления. Целесообразна параллельная диагностика функционального состояния центральной и автономной нервной системы, а также комплексная оценка взаимосвязей параметров указанных систем с интегральными показателями работоспособности и соревновательной результативности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Absolute reliability and concurrent validity of hand held dynamometry and isokinetic dynamometry in the hip, knee and ankle joint: systematic review and meta-analysis / C. Chamorro, S. Armijo-Olivo, C. De la Fuente [et al.] // Open Medicine. – 2017. – Vol. 12(1). – P. 359-375. DOI: 10.1515/med-2017-0052.
2. Using Electronic Handgrip Dynamometry and Accelerometry to Examine Multiple Aspects of Handgrip Function in Master Endurance Athletes: A Pilot Study / L.A. Klawitter, K.J. Hackney, B.K. Christensen [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2023. – Vol. 37(9). – P. 1777-1782. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004459.
3. Upper Extremity Musculoskeletal Profiles in Tennis Players: A Systematic Review / N.L. Myers, J.L. Farnsworth, S.M. Kennedy [et al.] // Sports Health. – 2024. – Vol. 16(6). – P. 931-937. DOI: 10.1177/19417381231223540.
4. Keating, J.L. The Influence of Subject and Test Design on Dynamometric Measurements of Extremity Muscles / J.L Keating, T.A Matyas // Physical Therapy. – 1996. – Vol. 76(8). – P. 866-889. DOI: 10.1093/ptj/76.8.866a.
5. The Minimum Number of Attempts for a Reliable Isometric Strength Test Score / S. Jeon, W.M. Miller, M. Kang [et al.] // Journal of Science in Sport and Exercise. – 2020. – Vol. 2. – P. 89-95. DOI: 10.1007/s42978-019-00035-3.
6. Oliveira, H.B. Analysis of the force–time curve and median frequency of surface electromyographic signals during isometric hand grip test for estimation of a temporal pattern for muscle strengthening / H.B. Oliveira, V.A. da Silva Marques, L.F.R.M.

Fernandes, // Research on Biomedical Engineering. – 2023. – Vol. 39. – P. 179-187. DOI: 10.1007/s42600-023-00262-2.
7. Isometric strength of upper limb muscles in youth using hand-held and hand-grip dynamometry / G. Mendez-Rebolledo, A. Ruiz-Gutierrez, S. Salas-Villar [et al.] // Journal of Exercise Rehabilitation. – 2022. –Vol. 18(3). – P. 203-213. DOI: 10.12965/jer.2244198.099.
8. Accuracy and precision of multiple body composition methods and associations with muscle strength in athletes of varying hydration: The Da Kine Study / D. Cataldi, J.P. Bennett, M.C. Wong [et al.] // Clinical Nutrition. – 2024. – Vol. 43(1). – P. 284-294. DOI: 10.1016/j.clnu.2023.11.040.
9. Isometric and isokinetic strength of lower-limb muscles in female athletes during different phases of menstrual cycle: a causal-comparative study / F. Pournasiri, M. Zarei, E. Mainer-Pardos, H. Nobari // BMC Womens Health. – 2023. – Vol. 23(1). – Art ID 657. DOI: 10.1186/s12905-023-02819-w.
10. Wilson, G.J. The Use of Isometric Tests of Muscular Function in Athletic Assessment / G.J. Wilson, A.J. Murphy // Sports Medicine. – 1996. – Vol. 22. – P. 19-37. DOI: 10.2165/00007256-199622010-00003.
11. Quaine, F. Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects / F. Quaine, L. Vigouroux, L. Martin // International Journal of Sports Medicine. – 2003. – Vol. 24(6). – P. 424–427. DOI: 10.1055/s-2003-41174.
12. Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance / D. MacLeod, D.L. Sutherland, L. Buntin [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 2007. – Vol. 25(12). – P. 1433-1443. DOI: 10.1080/02640410600944550.
13. Stien, N. Tests and Procedures for Measuring Endurance, Strength, and Power in Climbing-A Mini-Review / N. Stien, A.H. Saeterbakken, V. Andersen // Frontiers in Sports and Active Living. – 2022. – Vol. 4. – Art. ID 847447. DOI: 10.3389/fspor.2022.847447.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Михаил Васильевич Громыко – аспирант, Институт спорта туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, e-mail: gromykomv@susu.ru.
Павел Азифович Байгужин – ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, e-mail: baiguzhinpa@susu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Mikhail V. Gromyko – Post-graduate Student, Institute of Sports, Tourism and Service, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: gromykomv@susu.ru.
Pavel A. Bajguzhin – Leading Researcher, Sports Science Research Center, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: baiguzhinpa@susu.ru.

Для цитирования: Громыко, М.В. Разработка интервальной динамометрической функциональной пробы / М.В. Громыко, П.А. Байгужин // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2025. – Т. 4. – № 2(14). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_02_1

For citation: Gromyko M.V., Bajguzhin P.A. Development of an interval dynamometric functional test. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2025, vol. 4, no. 2(14). DOI: 10.24412/2782-6570-2025_04_02_1