

УДК 612.744.211:796.012

DOI: 10.37482/2687-1491-Z152

РЕТЕСТОВАЯ НАДЕЖНОСТЬ КИСТЕВОЙ ДИНАМОМЕТРИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СИЛЫ

А.Ш. Абдрахманова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4971-7822>

Ф.А. Мавлиев* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-7583>

А.С. Назаренко* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3067-8395>

*Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма
(Республика Татарстан, г. Казань)

Кистевая динамометрия часто используется в физиологических и клинических исследованиях. Для определения максимального значения силы кисти делают несколько попыток данного теста. Установление необходимого и достаточного количества этих попыток поможет избежать утомления, которое может возникать в ходе исследования, а также позволит фиксировать другие показатели. **Цель исследования** – определение достаточного количества попыток кистевой динамометрии для выявления максимальной произвольной силы. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 24 студента мужского пола 19,04±1,37 года, которые выполняли три попытки кистевой динамометрии до и после экспериментальной (модифицированный тест Струпа) или контрольной (просмотр нейтрального фильма) задач. Оценивались различия между попытками, а также относительная надежность повторных тестов (с помощью внутрикласового коэффициента корреляции – ICC). **Результаты.** Различий между данными динамометрии экспериментальной и контрольной групп не наблюдалось, поэтому для определения надежности повторных тестирований рассматривалась вся выборка, без разделения на группы. Отмечены статистически значимые различия ($p < 0,006$) между 1-й и 2-й попытками до выполнения задач, тогда как между 2-й и 3-й попытками до, а также между всеми попытками после выполнения задач значимых различий не установлено. При этом ретестовая надежность данного метода наблюдалась между всеми попытками (ICC = 0,852–0,930). Таким образом, можно полагать, что при использовании метода кистевой динамометрии необходимо выполнить предварительную разминку, аналогичную основной физической задаче, либо фиксировать лучшую попытку из двух первых рабочих.

Ключевые слова: максимальная произвольная сила, мышцы-сгибатели кисти, кистевая динамометрия, надежность теста, ретест, физическое утомление.

Ответственный за переписку: Абдрахманова Аделя Шамилевна, адрес: 420010, Республика Татарстан, г. Казань, Деревня Универсиады, д. 35; e-mail: adeliaabd@mail.ru

Для цитирования: Абдрахманова А.Ш., Мавлиев Ф.А., Назаренко А.С. Ретестовая надежность кистевой динамометрии для измерения максимальной произвольной силы // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 3. С. 278–284. DOI: 10.37482/2687-1491-Z152

Максимальную произвольную силу (МПС) мышц-сгибателей кисти и пальцев в изометрическом режиме, как правило, определяют методом кистевой динамометрии. При этом исследователи в ходе теста предлагают испытуемым выполнить несколько попыток, а для анализа данных выбирают либо лучший результат, либо среднее значение из всех попыток [1]. Считается, что таким образом удастся получить наиболее надежные результаты. Однако в исследованиях, требующих рассмотрения влияния экспериментальной задачи на различные параметры, при выполнении нескольких попыток одного и того же теста могут возникать сложности. Истинные эффекты целевого фактора могут быть искажены из-за утомления мышц или иных факторов, что ставит под сомнение выводы подобных работ. Также выполнение нескольких попыток динамометрии может вызывать дискомфорт при тестировании пациентов [2]. В связи с этим требуется определить оптимальное количество попыток, необходимых и достаточных для проявления МПС.

Метаанализ 22 высококачественных исследований показал высокую надежность ($ICC^1 > 0,90$) кистевой динамометрии для оценки МПС при повторных тестированиях на различных моделях цифровых динамометров у участников 18–64 лет [3]. При этом работа В. Seven et al. продемонстрировала, что между ведущей и неведущей рукой нет различий в показателе МПС при повторном тестировании на кистевом динамометре [4]. Также отмечено, что на результаты повторного тестирования может влиять возраст, в частности, для детей 7–9 лет была показана высокая надежность ($ICC = 0,78$), а для детей 10–12 лет – очень высокая ($ICC = 0,92$) [5].

Несмотря на выявленную надежность метода и достаточность одной попытки динамометрии для взрослых людей, многие авторы в

своих исследованиях до сих пор используют несколько попыток [1, 6].

Цель нашей работы – определение достаточного количества попыток кистевой динамометрии для выявления МПС. Это необходимо для минимизации количества выполняемых попыток с использованием данного метода тестирования, что может быть востребованным в дальнейших исследованиях. В данной работе сравниваются результаты выполнения трех попыток кистевой динамометрии до и после когнитивной нагрузки и контрольной задачи (далее в результатах они объединены одним словом «задачи»). Эти задачи служат в качестве примера исследования, в котором требуется минимизация попыток тестирования до и после того или иного воздействия, для того чтобы расширить пул тестов, а также избежать прохождения эффектов.

Материалы и методы. Исследование было выполнено в НИИ физической культуры и спорта Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. В нем приняли участие 24 студента мужского пола (возраст – $19,04 \pm 1,37$ года) данного университета. Участники были проинформированы о необходимости воздержания от напряженной физической активности за 24 ч до исследования, а также о воздержании от стимулирующих напитков и приема пищи не менее чем за 1 ч до исследования. Для выполнения контрольной и экспериментальной задач испытуемые случайным образом были поделены на две группы: экспериментальную (ЭГ, $n = 12$) и контрольную (КГ, $n = 12$), но в дальнейшем, в связи с отсутствием различий в результатах, в данной работе они для определения надежности теста рассматриваются как общая группа. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Все участники дали добровольное информированное согласие на проведение исследования.

¹ICC (Intraclass Correlation Coefficient, пер. «коэффициент внутриклассовой корреляции») отражает как систематические, так и случайные ошибки, считается подходящим критерием согласия и часто используется вместо корреляции Пирсона, но на ICC влияет изменчивость результатов повторного измерения у отдельных субъектов, а не группы в целом.

Студенты выполняли изометрический тест в виде кистевой динамометрии с помощью системы сбора данных PowerLab ML870 (ADInstruments, Австралия) и с использованием датчика силы захвата MLT004/СТ до и после экспериментальной или контрольной задач. Тестируемым было предложено в положении стоя как можно сильнее сжать на несколько секунд рукоятку динамометра выпрямленной строго горизонтально ведущей рукой для проявления МПС. Данное задание повторялось три раза, при этом каждое сокращение мышц выполнялось после минутного перерыва, а наибольшая достигнутая сила регистрировалась как МПС.

Для экспериментальной задачи в качестве когнитивной нагрузки использовался модифицированный тест Струпа. Он состоял из четырех этапов: двух конгруэнтных и двух неконгруэнтных, при этом каждый этап включал в себя 10 серий слов на русском языке, что в среднем занимало около 30 мин. В серии слов использовалось 6 стимулов (слов и, соответственно, кнопок): желтый, красный, синий, зеленый, коричневый, фиолетовый. В каждой серии предъявлялось 30 слов (каждое слово – дважды), сценарий последовательности предъявления слов был одинаковым. Тест выполнялся на интернет-платформе ArWay.ru [7]. Этапы теста: 1) Mono – на экране появляются слова черными буквами, обозначающие цвет, необходимо нажать на цветовой образец, наиболее ассоциирующийся со смыслом слова; 2) Color – цвет букв соответствует смыслу слова, необходимо нажать на цветовой образец; 3) True text – цвет и смысл слова разные, необходимо нажать на цветовой образец, наиболее ассоциирующийся со смыслом слова; 4) True color – цвет и смысл слова разные, необходимо нажать на цветовой образец, соответствующий цвету букв [8]. В качестве контрольной задачи участникам предлагалось посмотреть одну серию документального фильма «Африка» 2013 года (30 мин).

Статистическая обработка результатов проводилась в программе IBM SPSS Statistics 20, визуализация графических данных – в программе Microsoft Excel 2016. Для оценки нормальности распределения данных использовался тест Шапиро–Уилка. Все переменные имели нормальное распределение, поэтому с целью выявления различий между двумя группами применялся *t*-критерий Стьюдента для зависимых выборок. Различия считались статистически значимыми при $p < \alpha$ (где $\alpha = 0,05$) для одиночных сравнений. Данные представлялись в виде средних значений и 95 %-х доверительных интервалов (ДИ). Метод внутриклассового коэффициента корреляции (ICC) был использован для анализа повторных тестов и оценки их относительной надежности [9]. Значение определялось: как очень высокое – при $ICC > 0,90$; как высокое – при $0,75 \leq ICC \leq 0,90$; как среднее – при $0,50 \leq ICC < 0,75$; как низкое – при $ICC < 0,50$, при этом для расчета применялась двухфакторная смешанная модель с абсолютным типом согласования.

Результаты. В общей выборке (*рис. 1*) установлено статистически значимое увеличение результатов динамометрии ко 2-й попытке, тогда как между 2-й и 3-й попытками значимых различий не выявлено. Стоит отметить, что между 1-й и 2-й, 1-й и 3-й попытками определены высокие внутриклассовые коэффициенты корреляции ($ICC = 0,845$ и $ICC = 0,852$ соответственно), что говорит о надежности данного метода и повторяемости результатов. В ЭГ и КГ наблюдалась аналогичная ситуация.

После выполнения экспериментальной или контрольной задач отмечалась иная ситуация, характерная как для общей выборки (*рис. 2*), так и для ЭГ и КГ в отдельности: отсутствовали статистически значимые различия между всеми попытками. Между 1-й и 2-й, 1-й и 3-й попытками в общей выборке обнаружены очень высокие внутриклассовые коэффициенты корреляции ($ICC = 0,914$ и $ICC = 0,930$ соот-

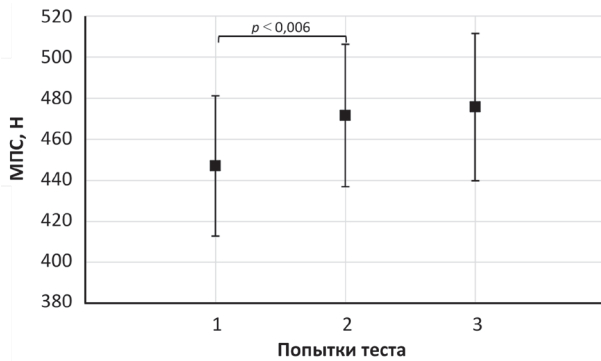


Рис. 1. Сравнение результатов трех попыток кистевой динамометрии на определение МПС в общей выборке студентов до выполнения контрольной или экспериментальной задач

Fig. 1. Comparison of results of three hand dynamometry attempts to determine maximum voluntary strength in the total sample of students before the control or experimental tasks

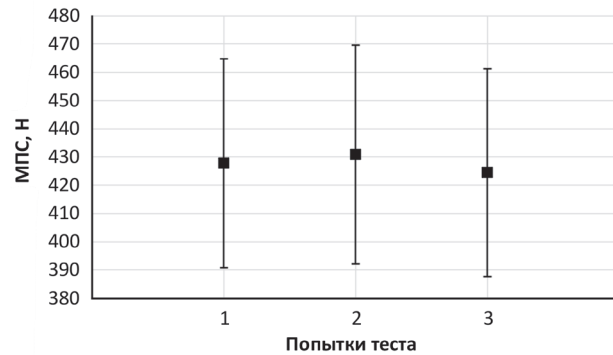


Рис. 2. Сравнение результатов трех попыток кистевой динамометрии на определение МПС в общей выборке студентов после выполнения контрольной или экспериментальной задач

Fig. 2. Comparison of results of three hand dynamometry attempts to determine maximum voluntary strength in the total sample of students after the control or experimental tasks

ответственно), что согласуется с предыдущими исследованиями [3]. Если рассматривать эксперимент целно, без деления на этапы до и после задач, данные попытки являются 4, 5 и 6-й. При этом внутриклассовые коэффициенты корреляции в попытках после выполнения задач оказались несколько выше тех, которые были получены до их выполнения.

Обсуждение. Возможной причиной различия между 1-й и 2-й попытками кистевой динамометрии до выполнения задач может быть вработываемость функциональных систем (постактивационное потенцирование). Механизм данного процесса можно объяснить усилением центральной моторной команды, ростом электрической активности в спинном мозге и фосфорилированием регуляторных легких цепей миозина, повышающих чувствительность миофиламентов к Ca^{2+} [10]. Также предполагается, что постактивационное потенцирование может увеличивать концентрацию Ca^{2+} в саркоплазматическом ретикулуме и тем самым усиливать циклическую активность актин-миозиновых поперечных мостиков [10]. Вследствие этого результаты при

выполнении физических задач, требующих малого времени, могут улучшаться. Поэтому при последующем проведении кистевой динамометрии, до регистрации основных результатов, требуется выполнение предварительной разминки, равной основной физической задаче, или достаточно двух попыток теста без разминки, чтобы определить МПС.

Результаты первых трех попыток могут быть обусловлены отсутствием разминки перед тестированием, что и привело к значимым отличиям между 1-й и 2-й попытками. Следует отметить, что в случае трех попыток после выполнения задач разминкой могли выступать первые три попытки перед ними. Однако в дальнейшем необходимо рассмотреть, сколько времени могут держаться эффекты вработывания (постактивационного потенцирования).

По итогам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Высокие значения внутриклассовых коэффициентов корреляции позволяют говорить о ретестовой надежности кистевой динамометрии в оценке МПС при выполнении трех попыток.

2. Полученные данные доказывают, что для определения МПС в стандартных условиях достаточно двух попыток теста с коротким периодом отдыха либо одной попытки с условием предварительной разминки. При следующих попытках, если не происходит утомления, испытуемые способны воспроизводить МПС.

3. Ограничения данного исследования состояли в следующем: рассматривались участники только мужского пола, исследование не

включало в себя предварительную разминку участников перед выполнением кистевой динамометрии. В дальнейших исследованиях следует рассмотреть выполнение трех попыток при наличии предварительной разминки участников, а также определить временные эффекты вработываемости (постактивационного потенцирования) на проявление МПС.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Dalloway N., Leo S., Ring C. How Am I Doing? Performance Feedback Mitigates Effects of Mental Fatigue on Endurance Exercise Performance // *Psychol. Sport Exerc.* 2022. Vol. 62. Art. № 102210. DOI: [10.1016/j.psychsport.2022.102210](https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102210)
2. Coldham F., Lewis J., Lee H. The Reliability of One vs. Three Grip Trials in Symptomatic and Asymptomatic Subjects // *J. Hand Ther.* 2006. Vol. 19, № 3. P. 318–327. DOI: [10.1197/j.jht.2006.04.002](https://doi.org/10.1197/j.jht.2006.04.002)
3. Cuenca-Garcia M., Marin-Jimenez N., Perez-Bey A., Sánchez-Oliva D., Camiletti-Moiron D., Alvarez-Gallardo I.C., Ortega F.B., Castro-Piñero J. Reliability of Field-Based Fitness Tests in Adults: A Systematic Review // *Sports Med.* 2022. Vol. 52, № 8. P. 1961–1979. DOI: [10.1007/s40279-021-01635-2](https://doi.org/10.1007/s40279-021-01635-2)
4. Seven B., Cobanoglu G., Oskay D., Atalay-Guzel N. Test-Retest Reliability of Isokinetic Wrist Strength and Proprioception Measurements // *J. Sport Rehabil.* 2019. Vol. 28, № 7. DOI: [10.1123/jsr.2018-0341](https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0341)
5. Gąsior J.S., Pawłowski M., Jeleń P.J., Rameckers E.A., Williams C.A., Makuch R., Werner B. Test-Retest Reliability of Handgrip Strength Measurement in Children and Preadolescents // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020. Vol. 17, № 21. Art. № 8026. DOI: [10.3390/ijerph17218026](https://doi.org/10.3390/ijerph17218026)
6. Mahdavi N., Faradmal J., Dianat I., Heidari Moghadam R., Khotanlou H. Investigation of Hand Muscle Fatigue and Its Influential Factors in Manual Tasks // *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 2022. Vol. 28, № 3. P. 1911–1923. DOI: [10.1080/10803548.2020.1860429](https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1860429)
7. Полевая С.А., Еремин Е.В., Буланов Н.А., Бахчина А.В., Ковальчук А.В., Парин С.Б. Событийно-связанная телеметрия ритма сердца для персонализированного дистанционного мониторинга когнитивных функций и стресса в условиях естественной деятельности // *Соврем. технологии в медицине.* 2019. Т. 11, № 1. С. 109–115.
8. Бахчина А.В., Серова М.С., Синеокова Т.Н., Буланов Н.А., Полевая С.А. Билингвальный тест Струпа как способ отображения лингвистических функций мозга // *Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2015: IV Всерос. конф. (Н. Новгород, 21–25 сент. 2015 г.).* Н. Новгород: Ин-т приклад. физики РАН, 2015. С. 27–29.
9. Weir J.P. Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM // *J. Strength Cond. Res.* 2005. Vol. 19, № 1. P. 231–240.
10. McGowan C.J., Pyne D.B., Thompson K.G., Rattray B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications // *Sports Med.* 2015. Vol. 45, № 11. P. 1523–1546. DOI: [10.1007/s40279-015-0376-x](https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x)

References

1. Dalloway N., Leo S., Ring C. How Am I Doing? Performance Feedback Mitigates Effects of Mental Fatigue on Endurance Exercise Performance. *Psychol. Sport Exerc.*, 2022, vol. 62. Art. no. 102210. DOI: [10.1016/j.psychsport.2022.102210](https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102210)

2. Coldham F., Lewis J., Lee H. The Reliability of One vs. Three Grip Trials in Symptomatic and Asymptomatic Subjects. *J. Hand Ther.*, 2006, vol. 19, no. 3, pp. 318–327. DOI: [10.1197/j.jht.2006.04.002](https://doi.org/10.1197/j.jht.2006.04.002)
3. Cuenca-Garcia M., Marin-Jimenez N., Perez-Bey A., Sánchez-Oliva D., Camiletti-Moiron D., Alvarez-Gallardo I.C., Ortega F.B., Castro-Piñero J. Reliability of Field-Based Fitness Tests in Adults: A Systematic Review. *Sports Med.*, 2022, vol. 52, no. 8, pp. 1961–1979. DOI: [10.1007/s40279-021-01635-2](https://doi.org/10.1007/s40279-021-01635-2)
4. Seven B., Cobanoglu G., Oskay D., Atalay-Guzel N. Test-Retest Reliability of Isokinetic Wrist Strength and Proprioception Measurements. *J. Sport Rehabil.*, 2019, vol. 28, no. 7. DOI: [10.1123/jsr.2018-0341](https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0341)
5. Gaşior J.S., Pawłowski M., Jeleń P.J., Rameckers E.A., Williams C.A., Makuch R., Werner B. Test-Retest Reliability of Handgrip Strength Measurement in Children and Preadolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 21. Art. no. 8026. DOI: [10.3390/ijerph17218026](https://doi.org/10.3390/ijerph17218026)
6. Mahdavi N., Faradmal J., Dianat I., Heidarimoghadam R., Khotanlou H. Investigation of Hand Muscle Fatigue and Its Influential Factors in Manual Tasks. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, 2022, vol. 28, no. 3, pp. 1911–1923. DOI: [10.1080/10803548.2020.1860429](https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1860429)
7. Polevaya S.A., Eremin E.V., Bulanov N.A., Bakhchina A.V., Kovalchuk A.V., Parin S.B. Event-Related Telemetry of Heart Rate for Personalized Remote Monitoring of Cognitive Functions and Stress Under Conditions of Everyday Activity. *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2019, vol. 11, no. 1, pp. 109–114. DOI: [10.17691/stm2019.11.1.13](https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.13)
8. Bakhchina A.V., Serova M.S., Sineokova T.N., Bulanov N.A., Polevaya S.A. Bilingval’nyy test Strupa kak sposob otobrazheniya lingvisticheskikh funktsiy mozga [Bilingual Stroop Task as a Way to Reflect Brain’s Linguistic Functions]. *Nelineynaya dinamika v kognitivnykh issledovaniyakh* [Nonlinear Dynamics in Cognitive Research]. Nizhny Novgorod, 2015, pp. 27–29.
9. Weir J.P. Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *J. Strength Cond. Res.*, 2005, vol. 19, no. 1, pp. 231–240.
10. McGowan C.J., Pyne D.B., Thompson K.G., Rattray B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Med.*, 2015, vol. 45, no. 11, pp. 1523–1546. DOI: [10.1007/s40279-015-0376-x](https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z152

Adeliya Sh. Abdrakhmanova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4971-7822>

Fanis A. Mavliev* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-7583>

Andrey S. Nazarenko* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3067-8395>

*Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism
(Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation)

RETEST RELIABILITY OF HAND DYNAMOMETRY FOR MEASURING MAXIMUM VOLUNTARY STRENGTH

Hand dynamometry is a technique frequently used in physiological and clinical studies. To determine maximum hand strength, several test attempts are made. Establishing the necessary and sufficient number of these attempts will help to avoid fatigue that can occur during the test and allow researchers to record other parameters as well. The **purpose** of this paper was to determine the number of hand dynamometry attempts sufficient to record maximum voluntary strength. **Materials and methods.** The study involved 24 male students aged 19.04 ± 1.37 years who made three hand dynamometry attempts before and after the experimental (modified Stroop test) or control (watching a neutral film) tasks. Differences between the attempts were assessed, as well as the relative reliability of repeated tests using the intraclass correlation coefficient (ICC). **Results.** No differences in dynamometry results between the experimental and control groups were

observed; therefore, to determine reliability of repeated testing, the entire sample was considered, without division into groups. Statistically significant differences ($p < 0.006$) between the 1st and 2nd attempts before completing the tasks were detected; whereas between the 2nd and 3rd attempts before as well as between all attempts after completing the tasks, no significant differences were found. At the same time, retest reliability of this method was observed between all attempts ($ICC = 0.852-0.930$). Thus, we believe that in hand dynamometry it is necessary to either include a preliminary warm-up similar to the main physical task or choose the best attempt of the first two.

Keywords: *maximum voluntary strength, hand flexor muscles, hand dynamometry, test reliability, retest, physical fatigue.*

Received 11 December 2022
Accepted 17 April 2023
Published 17 September 2023

Поступила 11.12.2022
Принята 17.04.2023
Опубликована 17.09.2023

Corresponding author: Adeliya Abdrakhmanova, *address:* Derevnya Universiady 35, Kazan, 420010, Respublika Tatarstan, Russian Federation; *e-mail:* adeliaabd@mail.ru

For citation: Abdrakhmanova A.Sh., Mavliev F.A., Nazarenko A.S. Retest Reliability of Hand Dynamometry for Measuring Maximum Voluntary Strength. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 278–284. DOI: 10.37482/2687-1491-Z152