

Верификация надежности экспериментальных данных методами статистического анализа TEST-RETEST

Е. А. Меркулова^{1, 2}, И. А. Козулин^{1, 2}, А. Н. Савостьянов^{1, 2}
А. В. Бочаров^{1, 2}, Г. Г. Князев¹

¹ Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины
Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный университет
Новосибирск, Россия

Аннотация

В представленном исследовании рассматривается проблема достоверности экспериментальных данных, которая остро стоит в области психологии и нейрофизиологии. Проблема связана с тем, что участие испытуемого человека в одном эксперименте из серии экспериментов может повлиять на его поведение в следующем эксперименте, вызвать нежелательные искажения в получаемых экспериментальных данных и, как следствие, привести к ложным выводам. Показано, что метод test-retest дает наиболее качественную оценку достоверности и эта оценка хорошо согласуется с результатами расчета достоверности методом внутриклассовых коэффициентов корреляции. В качестве исходных данных используется данные, полученные в нейрофизиологическом эксперименте по социальному взаимодействию.

Ключевые слова

надежность экспериментальных данных, метод test-retest, статистическая обработка, нейрофизиологический эксперимент

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) проект № 20-013-00404

Для цитирования

Меркулова Е. А., Козулин И. А., Савостьянов А. Н., Бочаров А. В., Князев Г. Г. Надежности экспериментальных данных методами статистического анализа TEST-RETEST // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2020. Т. 18, № 3. С. 34–43. DOI 10.25205/1818-7900-2020-18-3-34-43

Repeatability of the Data from Social Interactions Experiments Depending on Personal Characteristics

Е. А. Merkulova^{1, 2}, I. A. Kozulin^{1, 2}, A. N. Savostiyanov^{1, 2}
A. V. Bocharov^{1, 2}, G. G. Knyazev¹

¹ Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine
Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University
Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

The presented study examines the problem of the reliability of experimental data, which is acute in the field of psychology and neurophysiology. The problem is related to the fact that the participation of a human subject in one exper-

iment from a series of experiments can affect his behavior in the next experiment, cause undesirable distortions in the obtained experimental data and, as a result, lead to false conclusions. It is shown that the test-retest method gives the most qualitative assessment of the reliability and this estimate is in good agreement with the results of calculating the reliability by the method of interclass correlation coefficients. Data obtained in a neurophysiological experiment on social interaction is used as the initial data.

Keywords

reliability of experimental data, test-retest method, statistical processing, neurophysiological experiment

Acknowledgements

This work was supported by the Russian Foundation for basic research (RFBR) project no. 20-013-00404

For citation

Merkulova E. A., Kozulin I. A., Bocharov A. V., Knyazev G. G. Repeatability of the Data from Social Interactions Experiments Depending on Personal Characteristics. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2020, vol. 18, no. 3, p. 34–43. (in Russ.) DOI 10.25205/1818-7900-2020-18-3-34-43

Введение

Воспроизводимость данных, получаемых в эксперименте (их повторяемость, надежность), является основой профессиональных научных исследований, общепризнанной в научном сообществе [1]. В первую очередь это касается вопроса воспроизводимости «сырых» данных в научных публикациях, связанных со статистической обработкой экспериментов [2]. И особенно остро эта проблема стоит в области психологии и нейрофизиологии. Дело в том, что проводимые в этих областях исследования подразумевают серии однотипных экспериментов, повторяемые с некоторым промежутком времени, и у испытуемых-добровольцев возникает эффект привыкания, влияющий на их поведение. В случае если это влияние оказывается большим, в первичных данных возникают недопустимая погрешность, приводящая к появлению ложных зависимостей, ложных гипотез, и, соответственно, пустой траты времени на их проверку и опровержение.

Один из примеров таких исследований – исследование в такой актуальной области, как область социального взаимодействия.

Социальное взаимодействие играет важную роль в жизни как отдельно взятого человека, так и общества в целом. Социальное взаимодействие – основной фактор, который в процессе эволюции формировал человеческий мозг, теория подтверждается обширными исследованиями из целого ряда областей: палеоантропологии, археологии, этнографии, лингвистики и, в частности, нейрофизиологическими исследованиями в области приматологии [3]. Способность человека правильно интерпретировать действия и намерения окружающих позволяет ему эффективно взаимодействовать с людьми, быстро адаптироваться в новой социальной среде, быть благополучным в личной жизни и обеспечивает эффективную работу коллектива в целом [4].

В Институте нейрофизиологии и фундаментальной медицины такие исследования ведутся с использованием виртуальной среды социального взаимодействия, которая позволяет ставить перед испытуемым модельные ситуации, возникающие при социальном взаимодействии, и исследовать его поведение в парадигме «стимул-реакция». Среда построена на базе персонального компьютера. В качестве стимула используются звук, текст и картинки. На которые испытуемый реагирует, делая выбор из предлагаемых вариантов (агрессия, бегство и дружественный контакт) с помощью клавиатуры или манипулятора «мышь». Ограниченность реакции обусловлено выводами Айзенка и Уилсона о трехаспектном характере межличностных взаимодействий [5]. В качестве стимулов используются эмоционально окрашенные выражения лиц. Выбор обусловлен фактом того, что при социальном взаимодействии оценка характера взаимодействия (и, соответственно, выбора поведения) происходит на основании анализа выражения лица собеседника, которое непосредственно отражает его психологическое и эмоциональное состояние [6–10].

Преимущество такого подхода, несмотря на условности, – идеальная повторяемость эксперимента.

Этот подход использовался для сбора исходных экспериментальных данных [11; 12]. В качестве стимула участникам эксперимента предъявляются фотографии с эмоциональными выражениями лиц, на которых изображены гневные, испуганные, грустные, счастливые и нейтральные лица. В качестве реакции предлагаются три типа социального поведения: подружиться, избежать взаимодействия или атаковать. Личностные характеристики участников определяются по психологическому опроснику, который они заполняют в конце эксперимента.

В результате проведенного исследования была осуществлена проверка достоверности исходных данных и, соответственно, правомерность схемы эксперимента, в частности, правомерность использования виртуальной среды социального взаимодействия.

Схема эксперимента

Все участники посетили лабораторию три раза. Интервал между визитами составлял от двух до трех недель. В качестве стимулов использовали фотографии с эмоциональными выражениями лиц. Стимулы предъявлялись на экране компьютера (17×17 см), который был расположен на расстоянии 120 см от участника исследования. Стимулы, фотографии мужских и женских лиц (200 шт) были взяты из базы данных Karolinska Directed Emotional Faces (2008) (KDEF) [13]. Люди на фотографиях изображали пять типов эмоций: гнев, счастье, грусть, страх и нейтральность (отсутствие эмоций). Оригинальные фотографии людей были изменены на черно-белые вместо цветных, лица людей были представлены на черном фоне. Оригиналы снимков KDEF с фронтальным изображением лица были обрамлены овальным окном, чтобы удалить неинформативные аспекты, такие как волосы и шею. Участников исследования просили представить, что лица, появлявшиеся на экране, реальные люди, с которыми необходимо взаимодействовать тремя способами: 1) предложить дружбу, 2) атаковать 3) избежать взаимодействия. Каждый вариант соответствовал соответствующей кнопке на правой стороне клавиатуры. Лица из разных категорий были представлены в случайном порядке.

Схема одного испытания представлена на рис. 1. За одну секунду до появления лица в центре экрана появлялся красный крест в виде сигнала готовности.

После предъявления креста в течении от 1 до 2 с, появлялся целевой стимул (т. е. изображение лица с выражением эмоции гнева, страха, грусти, счастья или нейтральное лицо) и в течение примерно 2,5 с задерживался на экране, пока участник исследования не выберет один из трех типов взаимодействия. Каждый вариант соответствовал соответствующей кнопке на правой стороне клавиатуры. Лица разных эмоциональных категорий предъявлялись в случайном порядке. Подсказка с перечнем вариантов взаимодействия была представлена внизу экрана.

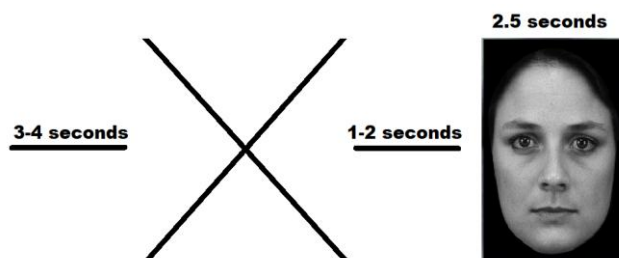


Рис. 1. Схема одного испытания с примером нейтрального выражения лица
Fig. 1. The scheme of one trail with neutral facial expression

Статистический анализ

Анализ поведения. Мы использовали многофакторный анализ с повторными измерениями ANOVA с тремя факторами для внутрифакторного анализа: визит (первый, второй, третий), лица (счастливые, нейтральные, грустные, испуганные, агрессивные) и реакция (атака, избегание, дружба). Эти количественные признаки были введены в повторных измерениях ANOVA как факторы, чтобы выявить влияние факторов внутри группы. Поправка Гринхауса – Гейссера использовалась во избежание риска нарушения предположения сферичности в случае необходимости. Зависимые переменные были рассчитаны в процентах для каждой комбинации из трех факторов.

Мы использовали односторонний тест, потому что у нас было две гипотезы, и этот тест для проверки надежности был здесь наиболее подходящим. Для наглядности средние значения и стандартные отклонения (SD) были рассчитаны для переменных каждого визита.

В результате проведения эксперимента мы получили данные о трех посещениях 42-х испытуемых. Для каждого посещения по каждому испытуемому имеется матрица с данными о количестве ответов каждого типа (атаковать, избежать взаимодействия, подружиться) на каждый из пяти видов стимулов (гневные, испуганные, грустные, счастливые и нейтральные лица) в 200 эпохах. При этом суммарное количество ответов на каждый стимул

$$n1j + n2j + n3j = 40.$$

Таблица 1

Матричная схема взаимодействия параметров стимулов и реакций,
позволяющая отследить суммарное количество ответов

Table 1

A matrix diagram of the interaction between stimulus and reaction parameters,
allowing you to track the total reactions' number

	Гнев	Испуг	Грусть	Ней- тральное	Счастье
Атаковать	$n11$	$n12$	$n13$	$n14$	$n15$
Избежать взаимодействия	$n21$	$n22$	$n23$	$n24$	$n25$
Подружиться	$n31$	$n32$	$n33$	$n34$	$n35$
	40	40	40	40	40

Параметры поведения. Переменная в модели «ретестовой надежности» рассматривается как коэффициент реакции. Пять типов эмоций, определяемых выражениями лица на фотографиях, использовались в качестве элементов, называемых «стимулами», в модели надежности повторного тестирования, и все стимулы в каждом посещении – это число $N_{\text{эпох}}$ (1). Коэффициент реакции «атак» представляет собой количество реакций атакующего поведения, разделенных на $N_{\text{эпох}}$ (2), при этом аналогичным образом рассчитываются «дружбы» (3) и «избегания» коэффициенты (4). Шкала типов реакций от атакующих (–1) до избегающих (0) и дружественных (1).

$$N_{\text{атак}} + N_{\text{дружбы}} + N_{\text{избегания}} \equiv N_{\text{эпох}},$$

$$R_{\text{атакующая}} = N_{\text{атак}} / N_{\text{эпох}},$$

$$R_{\text{дружественная}} = N_{\text{дружбы}} / N_{\text{эпох}},$$

$$R_{\text{избегающая}} = N_{\text{избеганий}} / N_{\text{эпох}}.$$

Анализ надежности и согласованности. Для анализа достоверности использовался метод test-retest reliability [1], поскольку он позволяет оценить воспроизводимость исходных данных от эксперимента к эксперименту [14]. Относительная достоверность была оценена путем

расчета внутриклассовых коэффициентов корреляции ($ICC_{3,1}$) (средние показатели). Полученные значения в $ICC_{3,1}$ в диапазоне 0,81–1,0 позволяют сделать вывод о почти идеальной согласованности экспериментальных данных [15–17].

Абсолютная достоверность оценивалась по стандартной ошибке среднего значения (SEM) и наименьшей реальной разнице (SRD). Формула SEM:

$$SEM = SD \times \sqrt{1 - ICC},$$

Здесь SD рассчитывалась с учетом всех данных субъекта для каждого из трех посещений [18], а ICC – это ICC (3, 1). SRD был определен как 95%-й доверительный интервал стандартной погрешности измерения (SEM) для различий [19]:

$$SRD = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}.$$

Это значение является мерой чувствительности к изменениям, указывающей на наименьшее изменение в количественных оценках характеристики личности, которое можно считать реальным изменением по сравнению с любой ошибкой измерения в пределах измерений одной личности.

Версия SPSS 24.0 (IBM Corp., Armonk, New York, USA) была применена для расчета всех статистических данных.

Результаты анализа

ICC и анализ согласованности был сделан на основе данных, полученных из опросника, заполненного в конце эксперимента. Испытуемые должны были заполнить этот опросник три раза в аналогичных условиях с интервалом в 2–3 недели. Результаты эксперимента представлены в табл. 2, 3.

Средние значения (SD) реакций: дружественные реакции 0,35 (0,18), избегание 0,58 (0,021) и атаки 0,05 (0,07). Стандартная ошибка измерения (The standard error of measurement, SEM), наименьшая действительная разница (smallest real difference, SRD) составляла 0,10 и 0,279 для дружественных, 0,008 и 0,023 для избегания, 0,037 и 0,103 для атаки соответственно (см. табл. 2).

Таблица 2

Средние ($\pm$ SD) значения, стандартная ошибка измерения (SEM) и наименьшая действительная разница (SRD) для каждого посещения.

Значения переменной $ICC_{3,1}$ были использованы в качестве коэффициента реакции

Table 2

Mean ($\pm$ SD) values, standard error of measurement (SEM) and smallest real difference (SRD) for each visit. The value of the variable $ICC_{3,1}$ was used as the reaction coefficient

Стимул	$ICC_{3,1}$	Нижняя граница	Верхняя граница	Ср. знач. $\pm$ SD	SEM	SRD
Подружиться	0.687	0.531	0.810	0.35 $\pm$ 0.18	0.100	0.279
Избежать	0.825	0.722	0.899	0.58 $\pm$ 0.02	0.008	0.023
Атаковать	0.713	0.565	0.828	0.05 $\pm$ 0.07	0.037	0.103

Таблица 3

Коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC) для трех посещений
социального взаимодействия между всеми реакциями и стимулами

Table 3

Interclass correlation coefficient (ICC) for the three visits
of the social interaction between all reactions and stimulus

Реакция	Стимул	ICC _{3,1}	Нижняя граница	Верхняя граница	Ср. знач. $\pm$ SD	SEM	SRD
<i>R</i> _{атакующая}	Злость	0.776	0.652	0.868	0.026 ± 0.004	0.002	0.005
	Испуг	0.811	0.701	0.890	0.027 ± 0.004	0.002	0.005
	Печаль	0.830	0.729	0.902	0.063 ± 0.009	0.004	0.010
	Нейтрал	0.799	0.684	0.883	0.006 ± 0.01	0.000	0.001
	Счастье	0.870	0.788	0.926	0.37 ± 0.26	0.094	0.260
<i>R</i> _{дружественная}	Злость	0.366	0.163	0.570	1.38 ± 0.26	0.207	0.574
	Испуг	0.343	0.139	0.550	1.02 ± 0.36	0.292	0.809
	Печаль	0.394	0.192	0.594	0.42 ± 0.36	0.280	0.777
	Нейтрал	0.564	0.379	0.725	0.40 ± 0.30	0.198	0.549
	Счастье	0.832	0.732	0.903	0.23 ± 0.21	0.086	0.239
<i>R</i> _{атакующая}	Злость	0.811	0.701	0.890	0.88 ± 0.21	0.091	0.253
	Испуг	0.818	0.712	0.895	1.14 ± 0.32	0.137	0.378
	Печаль	0.781	0.659	0.872	1.51 ± 0.32	0.150	0.415
	Нейтрал	0.758	0.619	0.857	1.51 ± 0.14	0.069	0.191
	Счастье	0.758	0.626	0.857	1.32 ± 0.18	0.089	0.245

Переменные $ISS_{3,1}$ вычислялись как сумма всех трех типов реакций, а стимулы были всеми пятью типами выражения лица. Надо заметить, что при таком раскладе только дружественная реакция на любое выражение лица показала плохие результаты (среднее значение = 0,499). Это демонстрирует, что дружеская реакция на негативные выражения лица (агрессивный, испуганный, грустный) варьируется между группами испытуемых от одного визита к другому. Измерения надежности ответа показали меньшую вариабельность между тестом и повторным тестом реакции с типом избегания, чем для реакций атаки и предложения дружбы. В итоге все 3 посещения показали хорошую надежность тестирования по методологии «ретестовой надежности» (среднее значение = 0,741 в табл. 1). Тем не менее необходимо заметить, что имеются большие различия в показателях дружественных реакций между визитами, что является причиной достоверных отличий в показателях социальных взаимодействий (см. табл. 3).

Обсуждение результатов

Целью исследования было определить согласованность экспериментальных данных, полученных с использованием виртуальной среды социального взаимодействия. Проверка проводилась методом *test-retest reliability*. Проверка показала, что экспериментальные данные хорошо согласованы: чем более достоверны были полученные данные, тем более надежны были прогнозы поведения.

Тем не менее следует заметить, что использовать предлагаемый метод для анализа согласованности данных следует с учетом ряда ограничений. Во-первых, при анализе надежности методом *test-retest reliability* возможны искажения. В проведенном исследовании эти искажения обнаруживаются на дружеской реакции: поскольку почти никто не хочет дружить с разъяренным или испуганным человеком, то в суммирующих переменных возникает много «нулевых» коэффициентов. Во-вторых, фотографии, используемые в качестве стимулов, лишь с большой долей условности воспроизводят реальные социальные взаимодействия.

В дальнейшем мы планируем повысить степень реалистичности при воспроизведении стимулов за счет использования мультимедиа технологий и повторить анализ экспериментальных данных, изложенный в статье.

Список литературы

1. Трохим В. М. К. Типы надежности. База знаний методов исследования. Интернет-центр методов социальных исследований. <http://www.socialresearchmethods.net/kb/reotypes.php> (2006).
2. Гуттман Л. Основы анализа надежности ретестов // Психометрика. 1945. Т. 10, № 4. С. 255–282.
3. Барретт Л., Хенци П. Социальная природа познания приматов // Труды Королевского общества В: Биологические науки. 2005. Т. 272, № 1575. С. 1865–1875.
4. Эллис Н. Д. Молодые AW Faces в их социальном и биологическом контексте. 1998.
5. Джексон С. J. et al. Структура профиля личности Айзенка // Британский психологический журнал. 2000. Т. 91, № 2. С. 223–239.
6. Фритт К. Роль мимики в социальных взаимодействиях // Философские труды Королевского общества В: Биологические науки. 2009. Т. 364, № 1535. С. 3453–3458.
7. Магай К., Макфадден С. Х. (ред.). Справочник эмоций, развития взрослых и старения. Эльзевир, 1996.
8. Адольфс Р. Социальное познание и мозг человека // Тенденции когнитивных наук. 1999. Т. 3, № 12. С. 469–479.
9. Экман П. Выражение лица и эмоции // Американский психолог. 1993. Т. 48, № 4. С. 384.

10. **Князев Г. Г., Слободской-Плюснин Ю. Ю., Бочаров А. В.** Событийная дельта- и тета-синхронизация при явной и неявной обработке эмоций // *Нейробиология*. 2009. Т. 164, № 4. С. 1588–1600.
11. **Князев Г. Г. и др.** Колебательная динамика коры в модели социального взаимодействия // *Поведенческие исследования мозга*. 2013. Т. 241. С. 70–79.
12. **Меркулова Е. А., Зюбин В. Е., Князев Г. Г.** Метод проверки гипотез на базе статистической обработки разнородных электроэнцефалографических данных // *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии*. 2019. Т. 17, № 1.
13. **Goeleven E. et al.** Каролинские эмоциональные лица: валидационное исследование // *Познание и эмоции*. 2008. Т. 22, № 6. С. 1094–1118.
14. **Заки Р. и др.** Статистические методы, используемые для проверки согласованности медицинских инструментов, измеряющих непрерывные переменные, в сравнительных исследованиях методов: систематический обзор // *PloS one*. 2012. Т. 7, № 5. С. e37908.
15. **Бодиан К. А.** Внутрикласовая корреляция для таблиц два на два при трех схемах выборки // *Биометрия*. 1994. С. 183–193.
16. **Кох Г. Г.** Коэффициент внутрикласовой корреляции // *Wiley StatsRef: Статистика в Интернете*. 2014.
17. **Shrout P. E., Fleiss J. L.** Внутрикласовые корреляции: использование при оценке надежности оценщика // *Психологический вестник*. 1979. Т. 86, № 2. С. 420.
18. **Weir J. P.** Количественная оценка надежности повторных тестов с использованием коэффициента внутрикласовой корреляции и SEM // *Журнал исследований в области силы и кондиционирования*. 2005. Т. 19, № 1. С. 231–240.
19. **Шук П., Цвингманн К.** «Наименьшее реальное различие» как мера чувствительности к изменениям: критический анализ // *Международный журнал исследований в области реабилитации*. 2003. Т. 26, № 2. С. 85–91.

References

1. **Trochim W. M. K.** Types of reliability. Research methods knowledge base. Web Center for Social Research Methods. <http://www.socialresearchmethods.net/kb/relytypes.php>. 2006. (in Russ.)
2. **Guttman L.** A basis for analyzing test-retest reliability. *Psychometrika*, 1945, vol. 10, no. 4, p. 255–282. (in Russ.)
3. **Barrett L., Henzi P.** The social nature of primate cognition. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2005, vol. 272, no. 1575, p. 1865–1875. (in Russ.)
4. **Ellis H. D., Young A. W.** Faces in their social and biological context. 1998. (in Russ.)
5. **Eysenck H. J., Wilson G. D.** The Eysenck Personality Profiler (version 6). Worthing, UK: Psi-Press, 2000. (in Russ.)
6. **Frith C.** Review: Role of facial expressions in social awareness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2009, vol. 364, p. 3453–3458. (in Russ.)
7. **Magai C., McFadden S. H. (ed.)**. Handbook of emotion, adult development, and aging. Elsevier, 1996. (in Russ.)
8. **Adolphs R.** Social cognition and the human brain. *Trends in cognitive sciences*, 1999, vol. 3, no. 12, p. 469–479. (in Russ.)
9. **Ekman P.** Facial expression and emotion. *American psychologist*, 1993, vol. 48, no. 4, p. 384. (in Russ.)
10. **Knyazev G. G., Slobodskoj-Plusnin J. Y., Bocharov A. V.** Event-related delta and theta synchronization during explicit and implicit emotion processing. *Neuroscience*, 2009, vol. 164, no. 4, p. 1588–1600. (in Russ.)
11. **Knyazev G. G. et al.** Cortical oscillatory dynamics in a social interaction model. *Behavioural brain research*, 2013, vol. 241, p. 70–79. (in Russ.)

12. **Merkulova E. A., Zyubin V. E., Knyazev G. G.** Hypothesis testing method based on statistical processing of heterogeneous electroencephalographic data. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2019, vol. 17, no. 1. (in Russ.)
13. **Goeleven E. et al.** The Karolinska directed emotional faces: a validation study. *Cognition and emotion*, 2008, vol. 22, no. 6, p. 1094–1118.
14. **Zaki R. et al.** Statistical methods used to test for agreement of medical instruments measuring continuous variables in method comparison studies: a systematic review. *PloS one*, 2012, vol. 7, no. 5. (in Russ.)
15. **Bodian C. A.** Intraclass correlation for two-by-two tables under three sampling designs. *Biometrics*, 1994, p. 183–193. (in Russ.)
16. **Koch G. G.** Intraclass correlation coefficient. In: Kotz S., Johnson N. L. *Encyclopedia of Statistical Sciences*. 4. New York, John Wiley & Sons, 1982, p. 213–217. (in Russ.)
17. **Shrout P. E., Fleiss J. L.** Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological bulletin*, 1979, vol. 86, no. 2, p. 420.
18. **Weir J. P.** Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2005, vol. 19, no. 1, p. 231–240.
19. **Schuck P., Zwingmann C.** The ‘smallest real difference’ as a measure of sensitivity to change: a critical analysis. *International Journal of Rehabilitation Research*, 2003, vol. 26, no. 2, p. 85–91. (in Russ.)

Материал поступил в редколлегию
Received
11.06.2020

Сведения об авторах

Меркулова Екатерина Алексеевна, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирский государственный университета (Новосибирск, Россия)
merkaterine@gmail.com

Козулин Игорь Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент, научный сотрудник Новосибирского государственного университета (Новосибирск, Россия)
i.a.kozulin@yandex.ru

Савостьянов Александр Николаевич, доктор философских наук, профессор, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины; Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)
alexander.savostyanov@gmail.com

Бочаров Андрей Викторович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины; Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)
bocharov@physiol.ru

Князев Геннадий Георгиевич, доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины (Новосибирск, Россия)
knyazev@physiol.ru
ORCID 0000-0002-8628-4678

Information about the Authors

Ekaterina A. Merkulova, Junior Researcher, Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)
merkaterine@gmail.com

Igor A. Kozulin, PhD, Researcher, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)
i.a.kozulin@yandex.ru

Alexandr N. Savostyanov, Dr. phil., professor, Senior Researcher, Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)
alexander.savostyanov@gmail.com

Bocharov Andrey Viktorovich, PhD, Senior Researcher, Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)
bocharov@physiol.ru

Knyazev Gennady Georgievich, Grand PhD in Biological sciences, associate professor, head of laboratory, chief research associate, State Scientific-Research. Institute of Physiology & Basic Medicine (Novosibirsk, Russian Federation)
knyazev@physiol.ru
ORCID 0000-0002-8628-4678