

**А.Н. Котеров¹, Л.Н. Ушенкова¹, Э.С. Зубенкова¹, М.В. Калинина¹, А.П. Бирюков¹,
Е.М. Ласточкина¹, Д.В. Молодцова¹, А.А. Вайнсон²**

СИЛА СВЯЗИ. СООБЩЕНИЕ 2. ГРАДАЦИИ ВЕЛИЧИНЫ КОРРЕЛЯЦИИ

1. Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: govorilga@inbox.ru;
2. Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, Москва

А.Н. Котеров – зав. лаб., д.б.н.; Л.Н. Ушенкова – в.н.с., к.б.н.; Э.С. Зубенкова – в.н.с., к.б.н.; М.В. Калинина – инженер;
А.П. Бирюков – зав. отд., д.м.н., проф.; Е.М. Ласточкина – инженер; Д.В. Молодцова – инженер;
А.А. Вайнсон – руководитель группы, в.н.с., д.б.н., проф.

Реферат

Цель: Создание сводки данных по градациям величины эффекта для первого критерия причинности Хилла «сила ассоциации» по параметру величины коэффициента корреляции (в основном r Пирсона).

Материал и методы: Обзорное исследование опубликованных источников: монографии, пособия, статьи, учебный материал по статистике в различных дисциплинах (в том числе on-line) и др. (121 ссылка; из них более 20 пособий по статистическим методам и статистике в психологии и 8 пособий по эпидемиологии).

Результаты: Оценка силы связи по величине корреляции наиболее распространена в психосоциальных дисциплинах и в эпидемиологии практически не используется, поскольку установление факта статистически значимой ассоциации/корреляции в эпидемиологии – только исходный этап доказательности, в отличие от экспериментальных и названных дисциплин. Описан ряд известных шкал для r : шкала Чеддока (R.E. Chaddock) от 1925 г., которая ныне, по-видимому, не используется за рубежом, но широко представлена в странах бывшего СССР; шкала Коэна (J. Cohen) от 1969–1988 гг., отражающая «ослабленные» критерии причинности в психологии; шкала D.E. Hinkle с соавторами (1979–2003) и шкала Эванса (J.D. Evans) от 1996 г. Приведен также ряд иных градаций, опубликованных в единственном числе. Всего собрано 19 в той или иной степени различных шкал для коэффициента корреляции r (1925–2019). Представлены сведения о величине r для корреляций, которыми следует пренебречь. В зависимости от источника, это $r < 0,1$; $r < 0,2$ или $r < 0,3$. Приведены данные о возможности перенесения градаций с коэффициента r Пирсона на коэффициент корреляции Спирмена и прочие параметры величины эффекта. Рассмотрен вопрос о различии между оценками силы связи в эпидемиологии, медицине и в психосоциальных дисциплинах. В отличие от последних, в эпидемиологии и медицине малая величина коэффициента корреляции не обязательно означает малую величину эффекта.

Выводы: Для оценки величины r следует пользоваться наиболее распространенными и официально устоявшимися шкалами, за исключением сильно «ослабленной» шкалы Коэна. Настоящее исследование может быть использовано как справочное руководство по градациям силы эффекта по r для разных описательных дисциплин.

Ключевые слова: градации величины эффекта, ординальные шкалы, коэффициенты корреляции, эпидемиология, психология

Поступила: 07.02.2019. Принята к публикации: 09.10.2019

1. Введение

В естественнонаучных дисциплинах доказательность основывается, в первую очередь, на выявлении статистически значимых ассоциаций: между причиной и следствием, между воздействием и эффектом, между характеристикой группы людей и их заболеваемостью, и пр. [1]. Определение статистически значимых ассоциаций/корреляций – это альфа и омега в экспериментальных направлениях с возможностью контролировать условия опыта, и самый первый, но необходимый этап в описательных науках, таких, например, как эпидемиология [2, 3]. Последний момент касается также дисциплин радиационного профиля, где исследуется лучевое воздействие на любом уровне биологической организации. Радиационная биофизика [4], радиобиология [5], радиационная медицина [6], радиационная гигиена [7], и, наконец, радиационная эпидемиология [3, 8–10], – все в той или иной степени – мир ассоциаций и корреляций.

Однако, в отличие от экспериментальных, для описательных дисциплин (эпидемиологии, экономики, психология, социологии и др.), ассоциация не означает обязательную причинность, какой бы статистической значимости ни была корреляция. Это объясняется возможным влиянием неконтролируемых исследователем факторов: случайностями, конфаундерами (вмешивающаяся, «третья» варианта), обратной причинностью

и некоторыми другими детерминантами [1–3, 11, 12]. Поэтому для подтверждения ассоциации в эпидемиологии [2, 3, 11, 12], включая любое ее специальное направление (эпидемиология радиационная – UNSCEAR [8], BEIR [9], NCRP [13]), поведения [14], судебная [15], фармакоэпидемиология [16] и др.), используются комплексы из критериев (правил, положений и т.д.) причинности, которые позволяют оценивать степень вероятности истинности корреляции [11, 17, 18]. Наиболее известны девять критериев причинности Хилла (Austin Bradford Hill) [11], которые этот авторитетный в прошлом английский статистик в области медицины и эпидемиологии собрал воедино, взяв у других авторов (подробнее см. в [17, 19, 20]).

Среди наиболее важных критериев причинности многие авторы [11, 17, 18, 21] называют «Силу связи [эффекта, ассоциации]» ('Strength of the association'), поскольку, чем сильнее ассоциация, тем меньше вероятность влияния как случайности, так и конфаундеров [2, 11, 12, 17, 18, 21]. Силу ассоциации определяют по двум параметрам: по относительному риску – RR, либо отношению шансов – OR (эпидемиология) [3, 21–24], и по силе¹ корреляции (отчасти эпидемиология, но более – психосоциальные, экономические и т.п. дисциплины) [14, 22, 23, 24, 29].

¹ Иногда встречается русскоязычное: «теснота» [25–28].

В различных публикациях, в том числе в объемных зарубежных пособиях по эпидемиологии, канцерогенезу и статистике в медицине (мы располагали порядка 30 таковыми), часто называется критерий причинности «сила ассоциации», но редко приводится качественная градация этой силы и соответствующие шкалы.

Цель настоящего обзора из двух сообщений – представление сводок данных по имеющимся ординальным шкалам [3, 22, 25, 30] величин RR и коэффициента корреляции (с возможными обоснованиями). В Сообщении 1 были приведены данные о качественных градациях для величины RR [31]; Сообщение 2 посвящено градациям коэффициента корреляции, преимущественно r Пирсона.

Следует сразу отметить, что для градаций силы корреляции практически нет эпидемиологических источников (кроме немногих российских шкал [25, 30]). Названное отсутствие понятно, если учесть тот факт, что главным для эпидемиологии является величина относительного риска [2, 11, 12, 17, 18], а установление статистически значимой ассоциации/корреляции – только первый, предпосылочный этап доказательности [2]. Тем не менее, нами рассмотрены и все обнаруженные шкалы для коэффициентов корреляции из прочих дисциплин, преимущественно психосоциологии. Такие данные могут быть полезны и при исследованиях в области медико-биологических направлений, в том числе радиационного профиля, где какие-либо градации величины эффекта ('effect size' [32]) почти отсутствуют, но поиск корреляций при этом осуществляется постоянно [4–10].

2. Доказательства в психосоциальных дисциплинах, в отличие от эпидемиологии, могут основываться только на корреляциях

Как сказано, в экспериментальных дисциплинах с возможностью постановки контрольных опытов, установление статистически значимой корреляции – конечный этап доказательности, в отличие от описательных дисциплин [2]. Но и среди последних сила ассоциации может оцениваться подобным способом. Это такие направления, в которых понятие «риск» или «относительный эффект» (то есть отношение величины эффекта при наличии и отсутствии причины) не распространено. В психологии, социологии и экономике оценить и вычислить таковые показатели порой невозможно². Поэтому в плане научной методологии указанные предметы в значительной степени базируются на коррелятивных связях [29, 33–35] (проверяемых или нет, здесь мы уточнять не станем; на памяти курьезные корреляции из Сообщения 1 [31] как между потреблением мороженого и частотой утоплений, так

² Хотя имеется и такая дисциплина, как «Эпидемиология поведения» ('Behavioral Epidemiology') – см. пособие [14]. Но данная дисциплина исследует вклад факторов поведения, психологии и социологии в эпидемиологические проблемы здравоохранения.

и между ВВП (валовым внутренним продуктом) и размером пениса (!) по странам)³.

По мнению некоторых авторов [34], в результате психологам присуще «чувство незащищенности» от восприятия психологии как «облегченной науки», в то время как медицинские исследования воспринимаются ими как «серьезная наука»⁴. Иной раз, вследствие трудностей установления причинности, психологию с трудом относят к реальной науке [35].

Возможно, частично из-за этого, но на Западе в последние десятилетия издано невероятное количество многостраничных пособий и монографий по статистическим методам в психологии ('Behavioral Sciences'). Мы располагали 23 подобными пособиями зарубежных издательств, но таковых могло бы быть намного больше, если бы это имело какой-то смысл. Вопросам коррелятивных связей в них уделяется значительное внимание, в частности, сравнительным градациям силы корреляции. Если среди эпидемиологических источников нами были выявлены всего две опубликованные шкалы для коэффициента r (пособия Власов В.В., 2006 [25] и Корнышева Е.А. и др., 2009 [30]), а также упоминание о таковых в одном-единственном западном источнике по эпидемиологии (пособие [36]), то для психологических изданий такие данные встречались почти в каждом.

3. Кратко о сути коэффициентов корреляции и детерминации

Для лучшего уяснения здесь понятий «больше-меньше» следует точно представлять себе, что означает коэффициент линейной корреляции Пирсона. Это – один из показателей «величины эффекта» ('size effect') для связи двух вариантов, отражаемый корреляцией [32]. Формулу для r можно найти во многих пособиях по статистике, например, в [26–28, 32]. Однако более нагляден квадрат коэффициента корреляции (R^2) – коэффициент детерминации. Он отражает долю дисперсии признаков (в %), обусловленную линейной регрессией, то есть это процент от варьирования одной переменной, связанный с варьированием другой согласно линейной модели [3, 25, 32, 37]. Соответствующие данные представлены в табл. 1; они, конечно, тривиально-арифметические, но наглядные.

Видно, что даже статистически значимые корреляции с $r = 0,1-0,3$ на деле отражают малую долю вариаций одной переменной, которая связана с вариациями другой переменной (1–9 %). Даже при $r = 0,5$ (по

³ В монографии Schwab J.J., Schwab M.E., 1978 [29] указано следующее: «В психиатрической эпидемиологии наша научная база хрупка. Чтобы обнаружить связи, которые могут иметь причинное значение, мы вынуждены полагаться на качество и количество ассоциаций, которые и обсуждаются». ('In psychiatric epidemiology our scientific base is fragile. To discover relationships that might have causal significance, we are compelled to rely on the qualities and quantities of associations that have been discussed'. *Здесь и далее – перевод А.К.*)

⁴ «...psychologists' sense of insecurity at being perceived as a 'soft' science while medical research is perceived as a 'hard' science' [34].

Таблица 1

Определение величины коррелятивной связи двух переменных по R^2 исходя из коэффициента корреляции r

r	R^2 – % от дисперсии одной переменной, связанный с варьированием другой	r	R^2 – % от дисперсии одной переменной, связанный с варьированием другой
0,1	1	0,6	36
0,2	4	0,7	49
0,3	9	0,8	64
0,4	16	0,9	81
0,5	25	1,0	100

Таблица 2

Литературные источники с опубликованной шкалой Чеддока для величин r

Источник	Коэффициент корреляции r				
	0,1–0,3	0,3–0,5	0,5–0,7	0,7–0,9	0,9–1,0
Trask P.D., 1936; США (геология) [44]	Poor	Fair [Умеренная]	Good	Very good (>0,7)	–
Статистика. Минск: БГУ, 2010 [26]	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Весьма высокая
Sobolev I., Babichenko S., 2013; Эстония (физика) [46]	Weak	Moderate	Salient [заметная]	High	Very high (0,9–0,99)
Buriak A. et al., 2015; Украина (банки, финансы) [47]	Low	Moderate	Average	Significant	High
Сапон Н.А., Никифорова А.Н., 2016; Украина (медицина) [48]	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Весьма высокая (сильная)
Rouiga I.R. et al., 2016; Россия (инновации) [49]	Very loose (0–0,3)	Loose [«Рыхлая»]	Medium	Close	Very close
Zhanatauov S.U., 2018; Казахстан (экология) [50]	Очень слабая (0–0,3)	Слабая-умеренная	Заметная (moderate)	Высокая	Очень высокая
Показатели тесноты корреляционной связи. Сайт 'StudFiles' (статистика), Россия [45]	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Очень высокая (0,9–0,99)
Шпаргалка по статистике. Россия, 2013 'StudFiles' (статистика), Россия [28]	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Весьма высокая (0,9–0,99)
Сайт «Медицинская статистика»; Россия [27]	Слабая (0–0,3)	Умеренная	Заметная	Высокая	Весьма высокая (>0,9)

стихийным понятиям, это немалая корреляция) доля связанной дисперсии составляет всего четверть от максимальной. Более половины вариаций (>50 %), то есть когда коррелятивная связь начинает превалировать над ее отсутствием⁵, можно ожидать только при $r > 0,7$ [37].

4. Шкалы величины коэффициента корреляции

4.1. Шкала Чеддока 1925 г.

Эта шкала для коэффициента линейной корреляции Пирсона, введенная в 1925 г. американским статистиком Robert Emmet Chaddock (1879–1940) [41], является, вероятно, первой градацией силы корреляции. Мы не имели оригинала 1925 г., но располагали хронологически близкими американскими источниками 1930-х гг., в которых использовалась названная градация (лесоводство [42], пчеловодство [43] и геология [44]; в последней публикации приведена полная шкала). Собственно, это практически все найденные западные источники со шкалой Чеддока (во всяком случае, где о R.E. Chaddock есть упоминания). На сочетание 'Chaddock scale' в PubMed в январе 2019 г. выявлялось всего 14 ссылок, причем ни одна из них не была тематической (просто однофамильцы).

⁵ По аналогии с рассмотренными в Сообщении 1 [31] юридическими основаниями эффекта, когда вероятность причинности превышает 50 % [38–40].

Зато имеется достаточное количество российских, белорусских, украинских, эстонских и казахстанских публикаций последних лет, в которых используется именно «шкала американского ученого Чеддока» [45]. Беглый поиск в Google только такие источники и выявил, даже англоязычные. Приведенные в них шкалы порой различаются как в плане величин, так и качественных категорий. Данные в хронологическом порядке представлены в табл. 2 (здесь и далее, разумеется, для величин r приведены модули).

Только одна работа из 10 в табл. 2 связана с медико-биологическими эффектами [48]. Еще есть материалы с сайта «Медстатистика» [27], и это все.

По логике большинства источников [26, 28, 44–48], включая публикацию 1930-х гг. [44], получается, что связь при $r < 0,1$ должна считаться отсутствующей даже при ее статистической значимости.

Судя по американской работе 1936 г. [44], наиболее близкой к основам 1925 г. [41], «шкала Чеддока» заканчивалась на том, что «очень хорошая связь» ('very good') начинается при $r > 0,7$ (как раз когда дисперсия одной переменной, связанная с другой, начинает превышать 50 %, то есть смысл имеется). Но кто-то, нам неизвестный и на неизвестных основаниях, позже расширил градацию, причем в некоторых источниках для тесноты корреляции введен термин от мистера Джингля: «весьма высокая» (см. табл. 2). Наверное, все же уместнее «очень высокая».

Помимо представленных в табл. 2 работ, у нас имеется еще 7 российских и один казахстанский источник (через Google можно найти, вероятно, еще много таких), в которых для оценок связи использовали «шкалу Чеддока», не отобразив ее в полном виде (ссылки не приводятся). Это самые разные сферы деятельности и дисциплин, но, вновь, только одна публикация имеет некое отношение к медико-биологическим эффектам [51].

О ценности приведенных в табл. 2 вариантов «шкалы Чеддока» и целесообразности ее применения в интересующих областях предоставляем судить читателям. Вновь, как и в Сообщении 1 [31], имеется определенная широта конъюнктуры в зависимости от использованного источника. Но отметим, что на Западе, где градации Чеддока и были разработаны, про них, судя по всему, все давно забыли.

В последующие периоды разработкой шкалы для величины корреляции озаботились, в основном, в психологии и социологии.

4.2. Шкала Коэна 1969–1988 гг. для психосоциальных исследований: когда небольшое становится большим

Используется, судя по всему, преимущественно в психологических и социальных направлениях.

В 1960-х гг. статистик в области психологии и социологии Jacob Cohen (1923–1998; США) озаботился вопросом о нередком отсутствии в подобного рода публикациях данных о статистической мощности, тогда как сами эффекты были невелики [52]. В 1969 г. вышла монография автора на эту тему⁶, которая наиболее известна в ее втором издании от 1988 г., имеющемся у нас [32].

Мощность теста заключается в вероятности того, что он даст статистически значимые результаты. Данный показатель свидетельствует, насколько вероятно в данном исследовании получить статистически значимый результат, если изучаемая закономерность на самом деле имеет место [32]. Мощность (теста; исследования) находится под влиянием [32, 53]:

- Величины эффекта ('effect size') – то есть степени его проявления.
- Выбранного уровня статистической значимости (α – то есть вероятности ошибочного отбрасывания нулевой гипотезы; для нас обычно при $p < 0,05$).
- Объема выборки из генеральной популяции.

Кратко скажем, что J. Cohen для величины эффекта применительно к связи между переменными привел ряд индексов: d , r , q , h , w , f и f^2 . Они отражают, соответственно, t -тест для средних, корреляцию Пирсона, различие между коэффициентами корреляции, различия между пропорциями, χ^2 -тест на распределение, анализ на дисперсию и ковариацию, на множественную регрессию и пр. [32]. И все это – для социальной психологии и науки о поведении ('Behaviour Science'), критерии доказательности эффектов в которых, сравнительно

с иными дисциплинами, оказались сниженными⁷. J. Cohen подчеркивал, что коэффициенты детерминации (см. табл. 1) в психологии также, как правило, малы: «Единственная трудность, возникающая в связи с использованием $[R^2]$, заключается в том, что во многих, возможно, в большинстве областей науки о поведении, [эти параметры] оказываются настолько малыми!»⁸ [32]. Однако, поскольку «атрибуция причинно-следственной связи является логическим или научным вопросом, а не вопросом статистического вывода как такового» [32]⁹, названный исследователь предложил свою, несколько «облегченную» градацию для силы эффекта в психологии [32, 53]. В том числе по параметру r . Отмечалось, что шкала предлагается в виде «соглашения», так как ранее никто такую не вводил (вероятно, имелась в виду только психология, поскольку в монографии [32] о шкале Чеддока упоминаний нет). И если кого-то не удовлетворяет, что «большое слишком мало» для его эффектов, то пусть таковой предложит свои определения¹⁰. Мнение же самого J. Cohen, мол, основывается на том, что большинство эффектов в «облегченной» ('soft') науке о поведении имеют именно такие небольшие порядки величины [32].

Понятно, что названный подход по формированию градаций, когда малое по-факту относят к категории немалого, субъективен; тем не менее, 'Cohen scale' [32, 53] получила в психосоциальных науках широкое распространение. Среди перечисленных выше параметров, которые были категоризированы Коэном по градациям для величины эффекта, нас интересует только коэффициент линейной корреляции Пирсона, r [32, 53]:

- Слабая (Small) связь: 0,1;
- Средняя (Medium) связь: 0,3;
- Сильная (Large) связь: $>0,5$.

Позже «субъективные стандарты Коэна» [54] были в очень немногих источниках доведены до логической формы диапазонов [55–57]:

- Слабая связь: 0,1–0,3;
- Умеренная связь: 0,3–0,5;
- Сильная связь: $>0,5$.

(Вновь, по логике, корреляция с $r < 0,1$ должна считаться незначительной.)

Однако в большинстве прочих источников шкала Коэна цитируется в девственном виде из трех значений. Это, в частности, множество пособий по статистике в психологии и социологии (к примеру, за 2004–

⁷ '...that the behavioral sciences collectively are not as far advanced as the physical sciences' [32].

⁸ 'The only difficulty arising from the use of proportion of variance measures lies in the fact that in many, perhaps most, of the areas of behavioral science, they turn out to be so small!' [32].

⁹ '...the attribution of causality is a logical or scientific issue, and not one of statistical inference, as such' [32].

¹⁰ 'A reader who finds that what is here defined as «large» is too small (or too large) to meet what his area of behavioral science would consider appropriate standards is urged to make more suitable operational definitions' [32].

⁶ Первое издание – 1969 г.; первое издание исправленное – 1977 г.

Таблица 3

Результаты испытания вакцины против полиомиелита в 1955 г. [82]. По данным [34], в сокращении

Группа	Полиомиелит присутствует (число случаев)	Полиомиелит отсутствует (число случаев)	r и R^2
Реальное исследование			
Без вакцины	115	201.114	$r = 0,011$; $R^2 = 0,12 \%$
С вакциной	33	200.712	
Уточняющее исследование			
Без вакцины	115	0	$r = 0,74$; $R^2 = 55 \%$
С вакциной	33	82	

2017 гг. [54, 58–63]), публикации [64, 65] и учебный материал [66].

В работе Rosenthal J.A., 1996 [67], градации из которой приводятся в том числе в современных пособиях и иных источниках [68, 69], шкала Коэна дополнена диапазоном «очень сильная ассоциация»:

- Слабая (Weak) связь: 0,1 (–0,1);
- Умеренная (Moderate) связь: 0,3 (–0,3);
- Сильная (Strong) связь: 0,5 (–0,5);
- Очень сильная (Very strong) связь: 0,7 (–0,7).

Шкала Розенталя также относится к психосоциальным дисциплинам.

4.3. К шкале Коэна: в отличие от психосоциальных дисциплин, в эпидемиологии и медицине малая величина коэффициента корреляции не обязательно означает малую величину эффекта

В психосоциальных дисциплинах шкала Коэна, по всем признакам, распространена намного более дру-гих, не столь «ослабленных» (рассмотрены ниже), и причины этому понятны. Ощущая, вероятно, упомянутый выше комплекс «от облегченности критериев психологии сравнительно с иными науками» (оригинальную цитату см. в сноске 4) [34], ряд авторов пытались равняться силой эффекта по r в психологии с другими дисциплинами. Подбирались соответствующие работы из эпидемиологии (где, понятно, рассматриваются и слабые ассоциации [2]) и доказательной медицины, причем таких обзоров психологов немало [64, 70–73]. Но при этом умалчиваются важные моменты относительно критериев силы связи в медико-биологических дисциплинах, которые не сводятся только к силе корреляции.

Часто в указанном плане приводится рандомизированное клиническое испытание 1988 г. о благотворном влиянии приема небольшой дозы аспирина на сердечные приступы (контрольной группе давали плацебо) [74, 75]. В процессе эксперимента была получена ничтожная величина $r = 0,034$, что отражает дисперсию одной варианты, объясняемую другой (то есть корреляцию), только в 0,12 %. В психологических публикациях при рассмотрении данного исследования подчеркивается: получив такой эффект, исследователи решили, что неэтично продолжать далее испытание, связались с участниками, принимавшими плацебо, и рекомендовали им начать принимать аспирин [72, 76].

Пример с аспирином и «значимым» R^2 в 0,12 % обильно цитируется в психологических обзорах по сравнительной величине эффекта [64, 65, 72, 73, 76], а также в пособиях по статистике [77], в том числе в психологии [78].

Между тем, очевидны отличия данного опыта с аспирином от психологических корреляционных исследований. Основное отличие – так называемый «предупредительный принцип» для медицины и эпидемиологии, не имеющий полного отношения к научной доказательности [79–81]. Когда испытывавшие защитный эффект аспирина на большой группе людей (более 22 тыс. участников [75]) обнаружили, что, теоретически, возможна защита от опасности, грубо говоря, 0,12 % группы (а это десятки человек), то, по этическим соображениям, авторы не могли оставить подобных людей «без защиты».

В отменных критических публикациях Ferguson C.J., 2009; 2015 [34, 35] рассматривается некорректность притягивания к проблеме малой величины эффекта в психологии иллюстраций из медицины и эпидемиологии. Так, в [34] среди прочего разбирается неправомерный пример из психологического обзора [72] про малую корреляцию при испытании вакцины против полиомиелита в 1955 г. [82]. Контрольная и опытная группы насчитывали каждая более 200 тыс. человек (табл. 3).

Казалось бы, корреляция между приемом вакцины и заболеваемостью полиомиелитом в группе из 200 тыс. человек совершенно ничтожна (верх табл. 5; $R^2 = 0,12 \%$). Но видно, что в контрольной группе имелись 115 случаев полиомиелита, а в группе с вакциной – только 33. Относительный риск (точнее, обратный показатель – снижение частоты заболевания) весьма большой: $115/33 = 3,5$. По эпидемиологическим критериям силы эффекта по относительному риску, это – сильная ассоциация [31].

Далее в работе [34] C.J. Ferguson делает предположение, что возможно, среди всех порядка 200 тыс. в группах подавляющее большинство в процессе исследования могли вообще не проконтактировать с возбудителем полиомиелита. Действительно: это ведь не респираторная инфекция. Потому узнать для них эффект вакцины на деле невозможно. Приняв условно допущение, что с вирусом полиомиелита в каждой группе могли контактировать только заболевшие в контроле 115 человек, получаем как бы «настоящую» выборку. Из 200 тыс. человек почти все – «пустой балласт»

(не встречались с вирусом). Из нижней части табл. 3 видно, к чему ведет такое предположение. Выходит так, что корреляцию между введением вакцины и заболеваемостью полиомиелитом надо рассматривать в двух «контактировавших» группах по 115 человек. В результате коэффициент корреляции становится весьма большой ($r = 0,74$), и величина эффекта составляет, даже «юридически» [38–40], корректные $R^2 = 55\%$. В [34] отмечается, что полученная корреляция с $r = 0,74$ вполне согласуется и с большой величиной [снижения] относительного риска (составляющей 3,5).

В рассматриваемом исследовании Ferguson C.J., 2009 [34] приведена обширная сводка данных из эпидемиологии и медицины со сравнительными оценками величины r для исходной (net) выборки и для выборки на основе изучаемой гипотезы ('hypothesis-relevant approaches'). Величины r нередко отличаются, как и в случае с эффектом вакцины от полиомиелита, на порядок–полтора.

Таким образом, согласно [34], эпидемиологические работы могут оперировать данными о многих тысячах участников, из которых, по факту, лишь небольшой процент имеет отношение к гипотезе исследования (те, кто действительно подвергается воздействию рассматриваемого фактора, или же имеет риск развития патологии при отсутствии вмешательства). С другой стороны, при изучении в области психологии нового метода лечения, к примеру, депрессии, была бы отобрана выборка из тех индивидуумов, у которых эта депрессия есть («целевая выборка»). То есть все из них имели бы отношение к гипотезе исследования, и потому величина эффекта, рассчитанная по результатам работы, будет точной [34]. Прибавим здесь вывод: если сила связи в психологических исследованиях окажется малой, то она и будет реально малой.

4.4. Шкала D.E. Hinkle с соавторами от 1979–2003 гг. для психосоциальных исследований

По-видимому, градации Коэна не удовлетворяли психологов и социологов. Иначе трудно понять дальнейшие изыскания в этой области. Шкала D.E. Hinkle с соавторами встретилась нам по воспроизведению в источниках последних лет (2011–2018) [83–88]; ссылки в них соответствует разным изданиям монографии Dennis E. Hinkle, William Wiersma и Stephen G. Jurs, преимущественно первому от 1979 г. [89] и пятому от 2003 г. [90], которые недоступны. Тема монографии – вновь статистика в психологии. Градация – более ужесточенная в нижнем диапазоне [83–88]:

- Не принимаемая в расчет ('Little if any' [86–88]; 'Negligible' [84, 85]): 0–0,3;
- Слабая ('Low'): 0,3–0,5;
- Умеренная ('Moderate'): 0,5–0,7;
- Высокая ('High' [84, 86–88]; 'Strong' [85]): 0,7–0,9;
- Очень высокая (Very high' [84, 86–88]; 'Very strong' [85]): 0,9–1,0.

Сходная, но несколько расширенная шкала дана на сайте Andrews University в Мичигане (материал от 2005 г., ссылка на первоисточник не указана) [91].

К перечисленным градациям добавлена еще одна: 'Little': <0,3. Таким образом, в [91] имеются и 'Little' (<0,3), и 'Low' (0,3–0,5) величины r .

Похожая на последнюю разработку шкала предложена также в пособии по статистике Moore D., 2012 [92]:

- Very weak: <0,3;
- Weak: 0,3–0,5;
- Moderate: 0,5–0,7;
- Strong: >0,7.

Усеченная с обоих концов шкала D.E. Hinkle с соавторами представлена и в другом пособии по статистике, Rumsey D.J., 2016 [93]:

- Weak: 0,3–0,5;
- Moderate: 0,5–0,7;
- Strong: >0,7.

4.5. Шкала Эванса 1996 г. для психосоциальных исследований

В 1996 г. в США вышла монография James D. Evans «Простая статистика для наук о поведении» [94], в которой была предложена еще одна шкала величины эффекта. Этого труда у нас нет, сведений об авторе тоже (вероятно, из США), но градации оттуда для r вновь можно реконструировать из иных источников, где никаких разночтений не имелось [55–57, 83, 95–98]:

- Very weak: 0–0,19;
- Weak: 0,20–0,39;
- 'Moderate': 0,40–0,59;
- 'Strong': 0,60–0,79;
- 'Very strong': 0,80–1,0.

Таким образом, шкала выполнена путем разделения диапазона от 0 до 1,0 на равные отрезки и не предусматривает незначущую величину корреляции.

Отметим, что обнаруженные нами источники, где использовалась/приводилась шкала Эванса, – последних лет (2012–2019), а темы публикаций, помимо психологии [56, 57, 83, 95, 97], составили программирование [96] и учебный материал по статистике [98].

4.6. Псевдо-шкалы из программы 'IBM SPSS Statistica'

Можно полагать, что градация для величины корреляции в столь известной программе должна иметь значительный вес. Найти в рамках самой этой программы (то есть в «справке» и в «учебнике») нужные сведения нам не удалось. Однако были обнаружены четыре руководства пользователей именно названной программы, с якобы соответствующими данными. Но градации для r в них – разные в трех источниках из четырех. Остается думать, что, как и в нашем случае, ничего не обнаружив в самой программе, авторы в большинстве проявили подпольный индивидуализм. Сводка данных для программы 'IBM SPSS Statistica' представлена в табл. 4.

Материал с российского учебного сайта [101], совпадающий с данными в руководстве Гржибовский А.М., 2017 (Норвегия – Казахстан – Россия) [100], наверное, оттуда и взят, хотя и без ссылки. В указанном интернациональном источнике [100] выявлен осо-

Таблица 4

Источники с опубликованной псевдо-шкалой для величины r из программы 'IBM SPSS Statistica'

Источник	Величина r				
	Очень слабая	Слабая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Buhl A., Zofel P., 2000 ('SPSS Version 10...'). Перевод [99]	до 0,2	до 0,5	до 0,7	до 0,9	>0,9
Гржибовский А.М. и др., 2017 («Корреляционный анализ... с использованием... SPSS») [100]	–	0,01–0,29	0,3–0,69	0,7–1,0*	–
Сайт ФГБОУ ВПО ЯГУ («Коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена**)» [101]	–	0,01–0,29	0,3–0,69	0,7–1,0	–
Site: '...The ultimate IBM SPSS Statistics guides' [102]	–	0,1–0,3	0,3–0,5	0,5–1,0	–

Примечание:

* В источнике [100] термин «высокая» корреляция относился к $r = 0,7–0,99$, а $r = 1,0$ соответствовал «полной корреляции».

** В тексте [101] непосредственно перед градацией значений r указывается порядок работы с модулем IBM SPSS Statistica

бенно глубокий артхаус. В нем приведено невиданное более нигде начало «слабого» диапазона при $r = 0,01$, когда объясняемая корреляцией дисперсия (R^2 ; см. раздел 3) составляет 0,01 %. Такая корреляция, значит, считается. А если 0,0095 %, то, согласно [100], должна не считаться.

Вновь предоставляем судить читателю, как можно учесть столь неоднородные данные, отнесенные к всемирной программе. Наверное, лучше никак.

4.7. Оригинальные шкалы в отдельных публикациях

Имеются шкалы, обнаруженные в единственных источниках. Причем это могут быть и учебные материалы, включая on-line [103–107], и пособия по эпидемиологии и доказательной медицине [25, 30, 108], и руководства по статистике [109], в том числе в психологии [37, 110], и пр. [111, 112]. Как российские [25, 30, 106], так и зарубежные [37, 103–110, 112], – все самобытны. В них нет ссылок или упоминаний о даже устоявшихся разработках предшественников. Вызывает удивление уверенность многих авторов в своем праве брать из головы, без каких-либо видимых оснований, собственные качественные градации для конечной оценки эффекта.

В учебнике по эпидемиологии (Власов В.В., 2006 [25]) и в пособии по статистике в психологии и социологии (Nesselroade K.P., Grimm L.G., 2019 [37]) поступили так же, как и Эванс со своей шкалой (см. подраздел 4.5): разделили диапазон для r от 0 до 1,0 на равные отрезки (во всех трех названных случаях – по-разному).

Шкала Власова В.В. (2006) [25]:

Отсутствие или слабая: 0–0,25;
Умеренная: 0,26–0,5;
Средняя (хорошая): 0,51–0,75;
Тесная: >0,75.

Шкала Nesselroade K.P., Grimm L.G. (2019) [37]¹¹:

Small: ~0,1–0,33;
Moderate: 0,33–0,66;
Large: 0,66–1,0.

Для $r < 0,1$, по логике, связь должна считаться отсутствующей.

В остальных источниках градации более замысловаты.

Шкала Dancey C.P., Reidy J. (2007) [110]:

Zero: 0–0,1;
Weak: 0,1–0,4;
Moderate: 0,4–0,7;
Strong: 0,7–0,9;
Perfect: 0,9–1,0.

На эту шкалу есть ссылка в [111].

Шкала Chan Y.H. (2003) [112]:

Poor: <0,3;
Fair: 0,3–0,5;
Moderately strong: 0,6–0,8;
Very strong: >0,8.

На шкалу также есть ссылка в [111].

The Political Science Department at Quinnipiac University (Коннектикут). Цитировано по [111]:

Negligible: 0–0,1;
Weak: 0,1–0,2;
Moderate: 0,2–0,3;
Strong: 0,3–0,7;
Very strong: 0,7–0,9;
Perfect: 0,9–1,0.

CSU Department of Statistics. 2014 (on-line) [103]:

Weak: <0,65;
Moderate: 0,65–0,9;
Strong: $\geq 0,9$.

Statstutor Community Project. University of Sheffield (on-line) [104]:

Weak: <0,3;
Moderate: 0,3–0,5;
Strong: 0,5–0,9;
Very strong: 0,9–1,0.

Шкала Hopkins W.G., 2002 (on-line) [107]:

Trivial: 0,0;
Small: 0,1;
Moderate: 0,3;
Large: 0,5;
Very large: 0,7;
Nearly perfect: 0,9;
Perfect: 1,0.

¹¹ В [37] приведен график для r с вертикальной шкалой от 0 до 1,0, градуированный с шагом в 0,1. Скобками рядом «отрезаны» три равных диапазона.

Шкала из Bruce N., Pope D., 2019 [108]

Слабая: 0,2;

Средняя: 0,6;

Сильная: 0,9.

Шкала Корнышевой Е.А. с соавторами (2009) [30]:

Слабая: 0–0,3;

Средняя: 0,3–0,7;

Сильная: 0,7–1,0.

StatPrimer. Faculty websites inside (2016; on-line) [105]:

Weak: <0,3;

Moderate: 0,3–0,7;

Strong: >0,7.

Две последние градации напоминают псевдо-шкалы от 'IBM SPSS Statistica' (табл. 4), но в [30, 105] эта программа не указана.

Что в итоге, если взять все подразделы выше в рамках четвертой главы? Для ординального диапазона от 0 до 1,0 мы имеем 19 шкал для градаций величины эффекта по коэффициенту r , существующих параллельно. И все они – разные, хотя бы в чем-то. Такая коллекция оставляет тягостное впечатление анархии. Понятия о малом, среднем и большом (не говоря уже об очень малом и очень большом), применительно к силе корреляции, – крайне индивидуальны (как и когда-то понятия о малых дозах радиации [113]). В специальном, уже старом исследовании Burnand B. et al., 1990 [114] на сотнях публикаций была проанализирована частота субъективных заключений о «весомости» различным величинам эффекта (effect size), в том числе для r Пирсона. Сделано заключение, что граница между «впечатляющими» (impressible) и «не впечатляющими» отличиями составляла $r \geq 0,32$.

Чем же пользоваться в медико-биологических исследованиях? Пусть каждый, повторим в очередной раз, решает сам, хотя, все же, в медико-биологических дисциплинах предпочтительнее использовать более распространенные и известные шкалы (кроме, понятно, градаций Коэна для психосоциологии). Наличие столь многих численных значений для одних и тех же качественных категорий пригодно для конъюнктурного поименования «как надо» (или хотя бы близко к этому) практически любой величины r . И на все будут весомые и относительно весомые ссылки. Или просто ссылки.

Очень хорошо, что в медико-биологических дисциплинах, особенно в эпидемиологии, используется определение силы связи по относительному риску или отношению шансов [31], а не по силе корреляции.

5. При каких значениях r корреляция может считаться незначительной

Сводка данных (всех возможных из нашей «коллекции»; весомость источника указана) приведена в табл. 5.

Очевидно, что, согласно ряду весомых источников, ассоциации, описываемые линейными корреляциями с $r < 0,1$, должны считаться незначительными. Это заведено. Однако по мнению некоторых цитируемых и, по

всем признакам, авторитетных авторов, зависимостью следует пренебрегать даже при $r < 0,2$ и $r < 0,3$. Все подобные публикации – опять в рамках психологии и социологии.

6. Градации величины для других коэффициентов корреляции (Спирмена, Кендалла и пр.)

Как указывалось выше, мы располагали, помимо прочих источников на тему, десятками объемных, на сотни и тысячи страниц, пособий по эпидемиологии, статистике и статистическим методам в психосоциальных дисциплинах (см. основное в списке литературы). Компьютерный поиск в подобных источниках по тексту на градации коэффициента корреляции осуществлялся неспецифично, то есть не только для r Пирсона (ключевые слова выбирались более широко). Обнаружилось почти полное отсутствие данных для градаций корреляций, отличных от линейной корреляции Пирсона. Но поиск через Google и в иных источниках все же принес некоторые плоды.

1) Пособие из Великобритании по статистике в психологии от 2007 г. [110]. Оригинальные градации для коэффициента корреляции (не указано какого) приведены рядом с текстом, где рассматриваются корреляции как Пирсона, так и Спирмена.

2) Высокотитуруемая статья Mukaka M.M., 2012 [84] из журнала Малайзии (а она цитируется потому, что в ней приведены градации для коэффициента корреляции). В этом источнике автор применил шкалу D.E. Hinkle с соавторами от 1979–2003 гг. [89, 90] (см. подраздел 4.4) и для коэффициента корреляции Спирмена.

3) Турецкий обзор от 2018 г., в котором рассмотрены шкалы для r [111]. Приведены градации из [110, 112] и др. источников в контексте «интерпретация коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена». Отметим, что в обзоре [111] (доступен в Интернете) есть градации также для Phi Coefficient and Cramer's V Correlation и Concordance Correlation Coefficient (CCC).

4) На образовательном сайте Великобритании 'Statstutor' (иные материалы с которого нами уже приводились [98, 104]), в разделе по корреляции Спирмена, сказано, что «интерпретация величины аналогична таковой для коэффициента Пирсона» [117], и приведена шкала Эванса (см. подраздел 4.5). Сходный материал выявлен и на других сайтах.

Таким образом, вполне можно отнести и к ранговой корреляции Спирмена те же качественные категории, что и для корреляции Пирсона. Что же касается коэффициента Кендалла, то никаких источников по его градации нами обнаружено не было.

Есть, однако, попытки создать всеобъемлющие шкалы для многих показателей величины эффекта и корреляций. Ряд таковых и соответствующие ссылки включены в обзор [88]. В нем же, равно как и в некоторых других источниках [118], даже в монографии [119], встречается ссылка на электронный ресурс с материалами Will G. Hopkins, профессора статистики из уни-

Таблица 5

Сводка данных по величинам r , соответствующим незначущей корреляции*

Источник	Весомость источника и использование/цитирование градации	Диапазон r для незначущей корреляции	Примечание
Шкала Чеддока (R.E. Chad-dock, 1925 [41])	Весомый; ныне за рубежом не используется	<0,1	Наша экстраполяция: по логике шкалы из [26, 28, 44–48]
Шкала Коэна (J. Cohen, 1988 [32])	Весомый; используется почти только в психосоциологии	<0,1	Наша экстраполяция: по логике шкалы из [32]
Murphy K.R., Myers B., 2004 [77]	Весомый: пособие (Нью-Йорк) по статистике [77]	<0,1	'...the effects of treatments are negligibly small (e.g., they account for 1 % or less of the variance in outcomes)' [77]
Dancey C.P., Reidy J., 2007 [110]	Весомый: пособие (Великобритания) по статистике в психологии [110]	<0,1	'Zero' [110]
Site: '...The ultimate IBM SPSS Statistics guides' [102]	Единичный источник on-line [102]	<0,1	Наша экстраполяция: по логике шкалы из [102]
Nesselroade K.P., Grimm L.G. (2019) [37]	Единичный источник с оригинальной шкалой, хотя и представленной в весо-мом пособии (Нью-Йорк) по статисти-ке в психосоциологии [37]	<0,1	Наша экстраполяция: по логике шкалы из [37]
The Political Science Department at Quinnipiac University. Цитировано по [111]	Материалы факультета университета в Коннектикуте, приведенные в турецкой статье [111]	<0,1	'Negligible' (пренебрежимый) [111]
Kline P.A., 1987 [115]; 2015 [116]	Весомый: два издания пособия (Нью-Йорк) по психометрии [115, 116]	<0,2	'Kline (1987) has proposed a correlation coefficient cut-off of 0.2 for deciding which questions to eliminate' [36] (пособие (Springer) по эпидемиологии от 2013 г.). 'If most of these are low, less than 0.2 or insignificant, then clearly the test does not form a syndrome' [116].
Шкала D.E. Hinkle с соавторами, 1979–2003 [89, 90]	Весомый: пособие (Бостон) по статисти-ке в психосоциологии [89, 90]; цитируется в 2012–2018 гг. в статьях [83–85] и в учебном материале on-line [86, 87]	<0,3	Оригинал [89, 90] недоступен; оценка в цитатах: «не принимаемая в расчет» ('Little if any' [86, 87]; 'Negligible' (пренебрежимый) [84, 85])
Rumsey D.J., 2016 [93]	Весомый: пособие (Нью-Йорк) по статисти-ке [93]. В целом повторяет шкалу D.E. Hinkle с соавторами, 1979–2003, но без ссылки	<0,3	Наша экстраполяция: по логике шкалы из [93]

Примечание: * Странная величина в $r < 0,01$ для норвежско-казахстанско-российского источника [100], а также его единственного цитирования (в материале on-line [101]), в сводку данных не включена

верситета в Мельбурне (спортивная медицина) [107]. Этот автор попытался объять многие параметры силы эффекта¹².

Кроме электронного ресурса [107], публикации са-мого W.G. Hopkins с соответствующими сводками нам не известны (PubMed, Google). Желающие все же использовать построения Хопкинса для r могут сослаться на хотя и косвенные, но полноценные вторичные источники [88, 118, 119].

7. Заключение

В данном разделе основной массив ссылок не при-водится; их можно найти выше.

Среди двух основных показателей, отражающих силу связи, для эпидемиологии более актуален RR (OR), сводка ординальных шкал для которого была рассмотрена нами в Сообщении 1 [1]. Второй подход – оценка по величине корреляции – распространен в

психосоциальных дисциплинах, а в эпидемиологии практически не используется, хотя первичное установление статистически значимой ассоциации – это обя-зательный этап доказательности и в эпидемиологии, в том числе радиационной. Применительно же к осталь-ным направлениям радиационного профиля (радиа-ционная биофизика, радиобиология, радиационная медицина, радиационная гигиена) можно сказать, что все они также представляют собой в значительной сте-пени «мир ассоциаций/корреляций».

В связи с этим установление градаций для величи-ны эффекта по r являлось актуальной задачей, и соот-ветствующие исследования были выполнены в пред-ставленном Сообщении 2.

Был выявлен ряд шкал для r : шкала Чеддока от 1925 г., которая ныне не используется за рубежом, но широко представлена в странах бывшего СССР, шкала Коэна (1969–1988), отражающая «ослаблен-ные» критерии доказательности в психологии, шкала D.E. Hinkle с соавторами (1979–2003) и шкала Эванса (1996); все – преимущественно для психосоциальных

¹² Градации относительного риска и отношения шансов из [107] были приведены в Сообщении 1 [31]. Шкала для r «по Хопкинсу» [107] представлена выше в подразделе 4.7.

исследований. Это – наиболее известные градации для r , на которые существует множество ссылок.

Кроме того, имеется ряд шкал других авторов, опубликованных в единственном числе как в учебном материале (в том числе on-line), так и в публикациях, и даже в пособиях либо монографиях. Цитирования подобных источников были единичны, а в большинстве случаев просто отсутствовали.

Всего нами было собрано 19 шкал для градаций величины эффекта по коэффициенту r , существующих донныне параллельно (разработки 1925–2019 гг.). И все – разные, хотя бы в чем-то, что позволяет сделать вывод о малой научной значимости использования таких шкал. Ибо при желании почти под какую угодно категорию (малую, среднюю, большую) можно подогнать, в зависимости от шкалы, многие значения. Тем не менее, определенную ценность представляют сведения о величине r для корреляций, которыми следует пренебречь. В зависимости от источника, это $r < 0,1$; $r < 0,2$ и даже $r < 0,3$.

Вероятно, следует пользоваться наиболее распространенными и официально устоявшимися шкалами

для r , за исключением сильно «ослабленной» (для снижения критериев доказательности в психосоциальных дисциплинах) шкалы Коэна.

Настоящее исследование не имеет, судя по всему, аналогов по его полноте и охвату источников, и может быть использовано как справочное руководство по градациям силы эффекта по RR (Сообщение 1) и r (Сообщение 2) для самых разных описательных дисциплин. Значительную актуальность установление стандартизированных градаций величины эффекта ('effect size') должно иметь как для радиационно-эпидемиологических исследований [6–10, 79, 113, 120], так и для информационно-аналитического обеспечения таковых, предусматривающих в том числе кодирование вносимых данных по качественным параметрам [121].

Для цитирования: Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Зубенкова Э.С., Калинина М.В., Бирюков А.П., Ласточкина Е.М., Молодцова Д.В., Вайнсон А.А. Сила связи. Сообщение 2. Градации величины корреляции // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 6. С. 12–24. 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24

Strength of Association. Report 2. Graduations of Correlation Size

A.N. Koterov¹, L.N. Ushenkova¹, E.S. Zubenkova¹, M.V. Kalinina¹, A.P. Biryukov¹, E.M. Lastochkina¹, D.V. Molodtsova¹, A.A. Wainson²

1. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia. E-mail: govorilga@inbox.ru;

2. N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

AN. Koterov – Head of Lab., Dr. Sci. Biol.; L.N. Ushenkova – Leading Researcher, PhD Biol.;

E.S. Zubenkova – Leading Researcher, PhD Biol.; M.V. Kalinina – Engineer; A.P. Biryukov – Head of Dep., Dr. Sci. Med., Prof.;

E.M. Lastochkina – Engineer; D.V. Molodtsova – Engineer; A.A. Wainson – Head of Group, Dr. Sci. Biol., Prof.

Abstract

Purpose: To summarize data on graduation of the effect size on the base of Hill's first causality criterion 'strength of association' on the magnitude of the correlation coefficient (mainly Pearson r).

Material and methods: Survey of published sources: monographs, handbooks, papers, educational material on statistics in various disciplines (including on-line), etc. (121 references; of which more than 20 textbooks on statistical methods and statistics in psychology and 8 textbooks on epidemiology).

Results: Estimation of the strength of association by the correlation size is most common in psycho-sociological disciplines and is almost never used in epidemiology (since the establishment of a fact of statistically significant association/correlation in epidemiology is only the initial stage of evidence, unlike the experimental and named disciplines). A number of known scales for r were obtained: the Chaddock scale (R.E. Chaddock) from 1925, which is now apparently not used abroad, but widely represented in the countries of the former USSR, the Cohen scale (J. Cohen) from 1969–1988, reflecting the 'soft' criteria of causality in psychology, D.E. Hinkle with co-authors scale (1979–2003) and the Evans scale (J.D. Evans) from 1996. A number of other graduations, published in the singular, are also given. A total of at least 16 different scales of varying degrees were collected for the correlation coefficient r (1925–2019). The information about the value of r for correlations, which should be neglected was presented. Depending on the source, this is $r < 0,1$; $r < 0,2$ or $r < 0,3$. The data on the possibility of transferring graduations from the Pearson coefficient r to the Spearman correlation coefficient and other parameters of the effect size are given.

The question of the difference between estimation of strength of association in epidemiology and medicine and in psycho-sociological disciplines is considered. Unlike the second, in epidemiology and medicine a small value of the correlation coefficient does not necessarily mean a small effect size.

Conclusions: To estimate the value of r one should use the most common and officially established scales, with the exception of the strongly 'soft' Cohen scale. The present study can be used as a reference guide on the graduations of effect size on r for a wide variety of observation disciplines.

Key words: graduation of effect size, correlation coefficient, epidemiology, psychology

Article received: 07.02.2019. Accepted for publication: 09.10.2019

REFERENCES

- Causality in the Sciences. Ed. by P.M. Illari, Russo F, Williamson J. – New York: Oxford University Press, 2011. 882 p. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199574131.001.0001.
- Doll R. Weak associations in epidemiology: importance, detection, and interpretation. *J Epidemiol.* 1996;6(4 Suppl):S11-20.
- Handbook of Epidemiology. 2nd Ed. Ed. by W. Ahrens, I. Pigeot. – New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer, 2014. 2498 p.
- Kudryashov YuB. Radiation Biophysics (ionizing radiation). Ed. by V.C. Mazurik, M.F. Lomanov. – M.: FIZMATLIT, 2004. 448 p. (In Russian).
- Yarmonenko SP, Wainson AA. Radiobiology of Humans and Animals. – Moscow, Visshaya Shkola, 2004. 549 p. (In Russian).
- Radiation Medicine. Ed. by L.A. Il'yn. In four volumes. Volume 1. Theoretical Foundations of Radiation Medicine. – Moscow: Izd. AT, 2004. 992 p. (In Russian).
- Il'yn LA, Korenkov IP, Narkevich BYa. Radiation Hygiene. A textbook. 5th Ed, revised and added. – M.: GEOTAR-Media, 2017. 416 p. (In Russian).
- UNSCEAR 2006. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Annex A. Epidemiological studies of radiation and cancer. United Nations. – New York, 2008. P. 17-322.
- BEIR VII Report 2006. Phase 2. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, – National Research Council. <http://www.nap.edu/catalog/11340.html> (Address data 2019.01.23).
- ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP. Ed. by J. Valentin. Amsterdam – New York: Elsevier, 2007. 329 p.
- Hill BA. The environment and disease: association or causation? *Proc Roy Soc Med.* 1965;58(5):295-300. DOI: 10.1177/0141076814562718.
- Glynn JR. A question of attribution. *Lancet.* 1993;342(8870):530-2.
- National Research Council. Science and judgment in risk assessment. – Washington, DC: National Academy Press, 1994. 672 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/2125>.
- Merrill RM, Frankenfeld CL, Freeborne N, Mink M. Behavioral Epidemiology. Principles and Applications. – Burlington: Jones & Bartlett Learning, LLC, 2016. 298 p.
- Forensic Epidemiology in the Global Context. Ed. by S. Loue. – New York: Springer, 2013. 157 p.
- Strom BL. Study designs available for pharmacoepidemiology studies. In: Pharmacoepidemiology. 3rd Ed. Ed. by B.L. Strom. – Baffins Lane, Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2000. P. 17-30.
- Susser M. What is a cause and how do we know one? A grammar for pragmatic epidemiology. *Amer J Epidemiol.* 1991;133(7):635-48. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a115939.
- Evans AS. Causation and disease: The Henle-Koch postulates revisited. *Yale J Biol Med.* 1976;49(2):175-95.
- Koterov AN. Causal criteria in medical and biological disciplines: history, essence and Radiation Aspect. Report 1. Problem statement, conception of causes and causation, false associations. *Radiats Biol Radioecol.* ('Radiation biology. Radioecology', Moscow). 2019;59(1):5-36. DOI: 10.1134/S0869803119010065. (In Russian. English abstract.)
- Blackburn H, Labarthe D. Stories from the evolution of guidelines for causal inference in epidemiologic associations: 1953-1965. *Amer J Epidemiol.* 2012;176(12):1071-7. DOI: 10.1093/aje/kws374.
- Schlesselman JJ. 'Proof' of cause and effect in epidemiologic studies: criteria for judgment. *Prev Med.* 1987;16(2):195-210. DOI: [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(87\)90083-1](https://doi.org/10.1016/0091-7435(87)90083-1).
- Bhopal RS. Concepts of Epidemiology: Integrated the ideas, theories, principles and methods of epidemiology. 3rd Ed. – Oxford: University Press, 2016. 442 p.
- The Health Consequences of Smoking: A Report of the Surgeon General Rockville, MD: Office of the Surgeon General, US Public Health Service, 2004. 910 p. <https://www.surgeongeneral.gov/library/reports/50-years-of-progress/full-report.pdf> (Address data 2019.01.23).
- Goodman SN, Samet JM. Cause and Cancer Epidemiology. In: Schottenfeld and Fraumeni Cancer Epidemiology and Prevention. 4th Ed. Ed. by M.J. Thun et al. – New York: Oxford University Press. Printed by Sheridan Books, Inc, USA, 2018. P. 97-104.
- Vlasov VV. Epidemiology. 2nd Ed, rev. – Moscow: GEOTAR-Media, 2006. 464 p. (In Russian).
- Answers. Statistics. Offset – Minsk: BSU, 2010. 38 p. (In Russian).
- Pearson Correlation Criterion. Site Medical Statistics. <http://medstatistic.ru/theory/pirson.html> (Address data 2019.01.23). (In Russian).
- Cheat Sheet by statistics. Russia, 2013. 170 p. Site StudFiles. <https://studfiles.net/preview/435908/> (Address data 2019.01.26). (In Russian).
- Schwab JJ, Schwab ME. Sociocultural Roots of Mental Illness. An Epidemiologic Survey. – New York: Springer US, 1978. 338 p.
- Kornysheva EA, Platonov DY, Rodionov AA, Shabashov AE. Epidemiology and Statistics as Tools of Evidence-Based Medicine. 2nd Ed, revised and updated. Tver, 2009. 80 p. (In Russian).
- Koterov AN, Ushenkova LN, Zubenkova ES, et al. Strength of association. Report 1. Graduation of relative risk. *Medical Radiology and Radiation Safety.* 2019;64(4):5-15. DOI: 10.12737/article_5d1adb25725023.14868717 (In Russian. English abstract.)
- Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale. – Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1988. 567 p.
- Bushman BJ, Anderson CA. Media violence and the American public. Scientific facts versus media misinformation. *Amer Psychol.* 2001;56(6-7):477-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.56.6-7.477>.
- Ferguson CJ. Is psychology research really as good as medical research? Effect size comparisons between psychology and medicine. *Rev Gen Psychol.* 2009;13(2):130-6. DOI: 10.1037/a0015103.
- Ferguson CJ. Everybody knows psychology is not a real science: Public perceptions of psychology and how we can improve our relationship with policymakers, the scientific community, and the general public. *Amer Psychologist.* 2015;70(6):527-42. DOI: 10.1037/a0039405.
- Epidemiology: Principles and Practical Guidelines. Ed. by J. Van den Broeck, J.R. Brestoff. – Dordrecht: Springer, 2013. 621 p.
- Nesselroade KP, Grimm LG. Statistical Applications for the Behavioral and Social Sciences. 2nd Ed. – New York: John Wiley & Sons, 2019. 930 p.
- Egilman D, Kim J, Biklen M. Proving causation: the use and abuse of medical and scientific evidence inside the courtroom – an epidemiologist's critique of the judicial interpretation of the Daubert ruling. *Food Drug Law J.* 2003;58(2):223-50.
- Hunter RJ, Jr, Shannon JH, Amoroso HJ. How to manage issues relating to the use of trial experts: standards for the introduction of expert testimony through judicial 'Gate-Keeping' and scientific verification. *J Man Strategy.* 2018;9(1): 11 p. DOI: 10.5430/jms.v9n1p1.
- Guzelian PS, Victoroff MS, Halmes NC, et al. Evidence-based toxicology: a comprehensive framework for causation. *Hum Exp Toxicol.* 2005;24(4):161-201. DOI: 10.1191/0960327105ht517oa.
- Chaddock RE. Principles and methods of statistics. – Boston, New York, [etc.]. 1925. 471 p.
- Bruce D, Reineke LH. Correlation alinement charts in forest research. A method of solving problems in curvilinear multiple correlation. USA Department of Agriculture, Washington. Technical Bulletin № 210. February 1931. 88 p.

43. Sturtevant AP. Quantitative demonstration of the presence of spores of *Bacillus larvae* in honey contaminated by contact with American foulbrood. *J Agricult Res.* 1936;52(9):697-704.
44. Trask PD. Relation of salinity to the calcium carbonate content of marine sediments. Professional paper 186–N. In: United States Geological Survey Professional Paper. Property of Michigan Libraries. Washington: USA Government Printing Office, 1936. P. 273-99. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp186N>.
45. Correlation strength indicators. Site StudFiles. <https://studfiles.net/preview/2404034/page:8/> (Address data 2019.01.26). (In Russian).
46. Sobolev I, Babichenko S. Application of the wavelet transform for feature extraction in the analysis of hyperspectral laser-induced fluorescence data. *Int J Remote Sensing.* 2013;34(20):7218-35. DOI: 10.1080/01431161.2013.817714.
47. Buriak A, Vasylieva T, Lyeonov S. Systemically important domestic banks: an indicator-based measurement approach for the Ukrainian banking system. *Prague Economic Papers.* 2015;24(6):715-28. DOI: 10.18267/j.pep.531.
48. Sapon N, Nikiforova A. Correlation between access to health care and stroke mortality. *Ukrainian Neurosurg J.* 2016(2):54-62. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Unkhj_2016_2_9 (Address data: 02.02.2019).
49. Rouiga IR, Vladimirova ON, Belyakova GY, et al. Methodological aspects of the regional innovative development evaluation with focus on investment flows. *Indian J Sci Technol.* 2016;9(37): 9 p. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i37/102175.
50. Zhanatauov SU. The inverse model of multiple linear regression analysis. *ISJ Theoretical & Applied Science.* 2018;60(4):201-12. DOI: 10.15863/TAS.
51. Gubin AV, Prudnikova OG, Kamysheva VV, et al. Clinical testing of the Russian version of the SRS-22 questionnaire for adult scoliosis patients. *Hirurgia Pozvonochnika (Spine surgery).* 2017;14(2):31-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.2.31-40>. (In Russian).
52. Cohen J. The statistical power of abnormal-social psychological research: a review. *J Abnorm Soc Psychol.* 1962;65(3):145-53. DOI: 10.2307/1161884.
53. Cohen J. Power Primer. *Psychological Bulletin.* 1992;112(1):155-9. DOI: 10.1037/0033-2909.112.1.155.
54. Lomax RG, Hahs-Vaughn DL. *Statistical Concepts. A Second Course.* 4th Ed. – New-York: Taylor & Francis Group, LLC, 2012. 516 p.
55. Divaris K, Vann WF, Jr, Baker AD, Lee JY. Examining the accuracy of caregivers' assessments of young children's oral health status. *J Amer Dent Assoc.* 2012;143(11):1237-47. DOI: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2012.0071>.
56. Neill J. Survey research & design in psychology. Lecture 4. 2018. https://upload.wikimedia.org/wikiversity/en/fd/SRDP_Lecture04Handout_Correlation_6slidesperpage.pdf (Address data 2019.01.29).
57. Yavna DV, Kupriyanov IV, Bunyaeva MV. Sensory and perceptual processes: a tutorial. Under scientific. ed. V.V. Babenko. – Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University, 2016. 140 p. (In Russian).
58. Cohen BH, Lea RB. *Essentials of Statistics for the Social and Behavioral Sciences.* – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. 291 p.
59. Bakeman R, Robinson B.F. *Understanding Statistics in the Behavioral Sciences.* – Lawrence Erlbaum Associates, 2005. 363 p.
60. Wilcox R. *Modern Statistics for the Social and Behavioral Sciences. A Practical Introduction.* – CRC Press. Taylor & Francis Group, 2012. 840 p.
61. Aron AC. *Statistics for the Behavioral and Social Sciences: A Brief Course.* 5th Ed. – Pearson Education Limited, 2014. 486 p.
62. Kraska-Miller M. *Nonparametric Statistic for Social and Behavioral Sciences.* – CRC Press. Taylor & Francis Group, 2014. 232 p.
63. Gravetter FJ, Wallnau LB. *Statistics for the Behavioral Sciences.* 10th Ed. – Mason, OH, United States: Cengage Learning, 2017. 755 p.
64. Meyer GJ, Finn SE, Eyde LD, et al. Psychological testing and psychological assessment. A review of evidence and issues. *Amer Psychol.* 2001;56(2):128-65. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.56.2.128>.
65. Hemphill JF. Interpreting the magnitudes of correlation coefficients. *Amer Psychol.* 2003;58(1):78-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.58.1.78>.
66. Elementary Statistics. Tutorials. Effect size. Site Emory University. <http://www.psychology.emory.edu/clinical/blwise/Tutorials/SCATTER/scatterplots/effect.htm> (Address data 2019.01.29).
67. Rosenthal JA. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *J Soc Serv Res.* 1996;21(4):37-59. https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02.
68. Berry KJ, Johnston JE, Mielke PW, Jr. *The Measurement of Association. A Permutation Statistical Approach.* – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2018. 647 p.
69. De Menezes RF, Bergmann A, Thuler LC. Alcohol consumption and risk of cancer: a systematic literature review. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2013;14(9):4965-72.
70. Rosenthal R. Effect sizes in behavioral and biomedical research: estimation and interpretation. In: *Validity and Social Experimentation: Donald Campbell's Legacy.* Ed. by L. Bickman. – Newbury Park, CA: Sage. 2000;1: P. 121-39.
71. Garb HN, Klein DF, Grove WM. Comparison of medical and psychological psychological tests. *Amer Psychol.* 2002;57(2):137-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.57.2.137>.
72. Rosnow RL, Rosenthal R. Effect sizes for experimenting psychologists. *Canadian J Exper Psychol.* 2003;57(3):221-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0087427>.
73. Rutledge T, Loh C. Effect sizes and statistical testing in the determination of clinical significance in behavioral medicine research. *Ann Behav Med.* 2004;27(2):138-45. DOI: 10.1207/s15324796abm2702_9.
74. Steering Committee of the Physicians Health Study Research Group. Preliminary report: Findings from the aspirin component of the ongoing physicians' health study. *N Engl J Med.* 1988;318(4):261-4. DOI: 10.1056/NEJM198801283180431.
75. Steering Committee of the Physicians' Health Study Research Group. Final report on the aspirin component of the ongoing Physicians' Health Study. *N Engl J Med.* 1989;321(3):129-35. DOI: 10.1056/NEJM198907203210301.
76. Wuensch K. Cohen's conventions for small, medium, and large effects. East Carolina University. 2009. Site University of Cambridge. MRC. Cognition and Brain Science Unite. MRC CBU Wiki. <http://imaging.mrc-cbu.cam.ac.uk/statswiki/> (Address data 2019.01.18); DOC: <http://imaging.mrc-cbu.cam.ac.uk/statswiki/FAQ/effectSize?action=AttachFile&do=get&target=esize.doc> (Address data 2019.01.18).
77. Murphy KR, Myers B. *Statistical Power Analysis. A Simple and General Model for Traditional and Modern Hypothesis Tests.* 2nd Ed. – New York: Lawrence Erlbaum Associates, 2004. 160 p.
78. Kline RB. *Beyond Significance Testing. Statistics Reform in the Behavioral Sciences.* 6th Ed. – Baltimore: United Book Press, 2013. 349 p.
79. UNSCEAR 2012. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Annex A. Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks. – New York. 2015. 86 p.
80. Tallacchini M. Before and beyond the precautionary principle: epistemology of uncertainty in science and law. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2005;207(2 Suppl):645-51. DOI: 10.1016/j.taap.2004.12.029.
81. Stirling A, Coburn J. From CBA to precautionary appraisal: practical responses to intractable problems. *Hastings Cent Rep.* 2018;48(Suppl 1):S78-87. DOI: 10.1002/hast.823.
82. Francis T, Kornis R, Voight R, et al. An evaluation of the 1954 poliomyelitis vaccine trials–Summary report. *Amer J*

- Public Health Nations Health. 1955;45(5 Pt 2):1-63. DOI: 10.1177/1740774511399110.
83. Bourne PA, Hudson-Davis A. Psychiatric induced births in Jamaica: homicide and death effects on pregnancy. *Psychol Behav Sci Int J*. 2016;1(1): 6 p. DOI: 10.19080/PBSIJ.2016.01.555558.
 84. Mukaka MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J*. 2012;24(3):69-71.
 85. Schober P, Boer C, Schwarte L.A. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesth Analg*. 2018;126(5):1763-68. DOI: 10.1213/ANE.0000000000002864.
 86. Rule of thumb for interpreting the size of a correlation coefficient. <http://oak.ucc.nau.edu/rh232/courses/EPS525/Handouts/Correlation%20Coefficient%20Handout%20-%20Hinkle%20et%20al.pdf> (Address data 2019.01.30).
 87. Pearson correlation coefficient achieves value from 1. Site Int Islamic University Malaysia. <https://www.coursehero.com/file/p38grr1/Pearson-correlation-coefficient-achieves-value-from-1-to-1-meaning-the> (Address data 2019.01.30).
 88. Kotlik JW, Williams HA, Jabor MK. Reporting and interpreting effect size in quantitative agricultural education research. *J Agricult Edu*. 2011;52(1):132-42. DOI: 10.5032/jae.2011.01132.
 89. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. – Chicago: Rand McNally College Pub. Co. 1979. 479 p.
 90. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. 5th Ed. – Boston: Houghton Mifflin. 2003. 756 p.
 91. Correlation Coefficients. *Applied Statistics – Lesson 5*. Andrews University (Michigan). 2005. <https://www.andrews.edu/~calkins/math/edrm611/edrm05.htm> (Address data 2019.01.30).
 92. Moore D. *The Basic Practice of Statistics*. 6th Ed. Ed. by D. Moore, W.I. Notz, M.A. Fligner. Publisher: W.H. Freeman, 2012. 989 p.
 93. Rumsey DJ. *Statistics For Dummies*. 2nd Ed. – New York: For Dummies, 2016. 411 p.
 94. Evans JD. *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. – Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Publ. Co: An International Thomson Publ. Co, 1996. 624 p.
 95. Chakkapark J, Vinitwatanakun W. The relationship between division heads' leadership styles and teacher satisfaction at Siam Commercial College of Technology. *Scholar: Hum Sci*. 2017;9(1):36-47.
 96. Miletic M, Vukusic M, Mause G, Galinac T. Relationship between design and defects for software in evolution. In: *Proceedings of the SQAMIA 2017: 6th Workshop of Software Quality, Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications*. Ed. by Z. Budimac. – Belgrade, Serbia, 11-13.9.2017. <http://ceur-ws.org/Vol-1938/paper-mil.pdf> (Address data 2019.01.30).
 97. Gerguri D. Leader-staff relationships in Kosovo customs: leadership and its impact on customs effectiveness. *Styles of Communication*. 2018;10(1):108-24. <https://www.researchgate.net/publication/327308003> (Address data 2019.01.30).
 98. Pearson's correlation. Site Statstutor. Statistics support for students. UK. www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/pearsons.pdf (Address data 2019.01.30).
 99. Buhl A, Zofel P. *SPSS Version 10*. 7th revised & extended Ed. – Munchen etc: Addison Wesley Bunnell D, 2000.
 100. Grijbovski AM, Ivanov SV, Gorbatova MA. Correlation analysis of data using Statistica and SPSS software. *Nauka i Zdravookhranenie (Science & Healthcare)*. 2017(1):7-36. <https://cyberleninka.ru/article/n/korreljatsionnyj-analiz-dannyh-s-ispolzovanijem-programmnogo-obspecheniya-statistica-i-spss> (Address data 2019.01.30). (In Russian; English abstract.)
 101. Pearson and Spearman correlation coefficients. Training material. The site of K.D. Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University. http://yspu.org/images/1/1f/Тема_5_Коэффициенты_корреляции_Пирсона_и_Спирмена.pdf (Address data 2019.01.30). (In Russian).
 102. Pearson Product-Moment Correlation. In site: 'We make statistics easy. The ultimate IBM SPSS Statistics guides'. <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/pearson-correlation-coefficient-statistical-guide.php> (Address data 2019.01.30).
 103. Interpreting *r*. CSU Department of Statistics. 2014. <http://www.stat.colostate.edu/inmem/gumina/st201/pdf/Regression-Correlation.pdf> (Address data 2019.01.30).
 104. Karadimitriou SM. Correlation in R. Statstutor Community Project. University of Sheffield. https://www.sheffield.ac.uk/polopoly_fs/1.536458!/file/MASH_Correlation_R.pdf (Address data 2019.01.31).
 105. Gerstman BB. Correlation. StatPrimer (Version 7.0). Faculty websites inside. 2016. <http://www.sjsu.edu/faculty/gerstman/StatPrimer/correlation.pdf> (Address data 2019.01.31).
 106. Kharchenko MA. *Correlation Analysis. Textbook for Universities*. – Voronezh: Publishing and Printing Center of the Voronezh State University, 2008. 31 p. (In Russian).
 107. Hopkins WG. A new view of statistics. A scale of magnitudes for effect statistics. 2002. <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html> (Address data 2019.02.01).
 108. Bruce N, Pope D, Stanistreet D. *Quantitative Methods for Health Research. A Practical Interactive Guide to Epidemiology and Statistics*. 2nd Ed. – Oxford: John Wiley & Sons, 2019. 545 p.
 109. Jackson SL. *Statistics Plain and Simple*, 2nd Ed. – Belmont, CA: Cengage/Wadsworth, 2009. 377 p.
 110. Dancy CP, Reidy J. *Statistics without Maths for Psychology*. 4th Ed. – Harlow: Pearson Education Limited, 2007. 619 p.
 111. Akoglu H. User's guide to correlation coefficients. *Turk J Emerg Med*. 2018;18(3):91-3. DOI: 10.1016/j.tjem.2018.08.001.
 112. Chan YH. *Biostatistics 104: correlational analysis*. *Singap Med J*. 2003;44(12):614-9.
 113. Koterov AN. From very low to very large doses of radiation: new data on ranges definitions and its experimental and epidemiological basing. *Medical Radiology and Radiation Safety (Moscow)*. 2013;58(2):5-21. (In Russian. English abstract).
 114. Burnand B, Kernan WN, Feinstein AR. Indexes and boundaries for "quantitative significance" in statistical decisions. *J Clin Epidemiol*. 1990;43(12):1273-1284. DOI: 10.1016/0895-4356(90)90093-5.
 115. Kline PA. *Handbook of Test Construction*. – London: Routledge, 1987. 250 p.
 116. Kline PA. *A Handbook of Test Construction. Introduction to Psychometric Design*. – London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2015. 259 p.
 117. Spearman's Correlation. Site Statstutor. UK. <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/spearmans.pdf> (Address data 2019.02.01).
 118. McGhee RL, Ehrler DJ, Buckhalt JA, Phillips C. The relation between five-factor personality traits and risk-taking behavior in preadolescents. *Psychology*. 2012;3(8):558-61. DOI: 10.4236/psych.2012.38083.
 119. Reinard JC. *Communication Research Statistics*. – SAGE Publications, 2006. 600 p.
 120. Koterov AN, Zharkova GP, Biryukov AP. Tandem of radiation epidemiology and radiobiology for practice and radiation protection// *Medical Radiology and Radiation Safety (Moscow)*. 2010; 55(5):48-73. (In Russian. English abstract).
 121. Biryukov AP, Vasil'ev EV, Dumansky SM, Belyikh LN. Information-analytical support for radiation-epidemiological research activities. *Medical Radiology and Radiation Safety (Moscow)*. 2014; 59(6):34-42. (In Russian. English abstract).
- For citation:** Koterov AN, Ushenkova LN, Zubenkova ES, Kalininna MV, Biryukov AP, Lastochkina EM, Molodtsova DV, Wainson AA. Strength of association. Report 2. Graduation of correlation size. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2019;64(6):12-24 (Russian). DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24