

Пермякова Е.Ю.¹⁾, Сипатрова А.Г.¹⁾, Година Е.З.¹⁾, Анисимова А.В.²⁾,
Задорожная Л.В.²⁾, Хомякова И.А.²⁾, Зубко А.В.¹⁾, Руднев С.Г.¹⁾

¹⁾ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России,
127254, ул. Добролюбова, д. 11, Москва, Россия;

²⁾МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,
125009, ул. Моховая, д. 11, Москва, Россия

О КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРЕНИЙ КОЖНО-ЖИРОВЫХ СКЛАДКОВ КАЛИПЕРАМИ И СКОЛЬЗЯЩИМ ЦИРКУЛЕМ

Введение. Межпопуляционные сравнения результатов измерений толщины кожно-жировых складок в определенной степени зависят от типа использованного оборудования. Цель исследования – сравнительный анализ точности и воспроизводимости результатов измерений кожно-жировых складок различными типами калиперов и скользящим циркулем.

Материалы и методы. С участием четырех измерителей выполнено сравнительное исследование калиперов GPM (DKSH, Швейцария), Holtain (Holtain Ltd, Великобритания), калипера конструкции В.Е. Дерябина и скользящего циркуля GPM (DKSH, Швейцария). Исследование проводилось с использованием металлического калибровочного блока GPM, «сэндвичей» из мягкой силиконовой резины kSil™ GP250 (Silicone Engineering, Великобритания) и на основе измерений кожно-жировых складок на плече сзади, под лопаткой, над гребнем подвздошной кости и на голени, используемых при определении соматотипа по схеме Хит-Картера, у 20 взрослых добровольцев (10 женщин и 10 мужчин).

Результаты и обсуждение. При измерениях металлического эталона калипер конструкции В.Е. Дерябина и скользящий циркуль были точны, калипер GPM несколько занижал (на 0,2 мм), а калипер Holtain завышал показания (на 0,4-0,6 мм). При измерениях «сэндвичей» из силиконовой резины калиперы GPM и Holtain показали небольшие, но значимые различия между исследователями (до 1,4 мм), а для калипера В.Е. Дерябина указанные различия были более выражены (до 5 мм). При достаточно высокой воспроизводимости результатов измерений жировых складок средние значения их суммарной толщины для калиперов GPM и Holtain значимо различались, а для калиперов В.Е. Дерябина и GPM значимые различия отсутствовали. Результаты измерений скользящим циркулем соответствовали таковым для калипера Holtain, но обнаружили наибольший разброс данных между исследователями: размах средних значений суммарной толщины складок составил 5,2 мм и 7,1 мм в подгруппах женщин и мужчин соответственно, или 10-14% от суммарной толщины складок.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости перекрестного сравнения калиперов и контроля технических ошибок измерений для обеспечения сопоставимости данных. Взаимная калибровка калиперов является необходимой процедурой, которая должна предварять антропометрическое исследование. При измерениях опытным антропологом погрешность измерений жировых складок скользящим циркулем может быть редуцирована, однако его использование не рекомендуется для обучения и последующего применения ввиду высокого риска получения несопоставимых результатов.

Ключевые слова: биологическая антропология; морфология человека; антропометрия; сравнение данных калиперометрии; погрешность измерений жировых складок

Введение

Калиперометрия широко используется в биологии, антропологии и медицине для оценки уровня жиротложения и расчета соматических индексов. Межпопуляционные сравнения данных калиперометрии в определенной степени зависят от типа используемого оборудования [Lohman, Pollock, 1981]. Сопоставление качества различных типов калиперов отечественного и зарубежного производства для измерения жировых складок было приведено в статье [Руднев с соавт., 2017]. В частности, было получено, что из пяти рассмотренных типов калиперов – GPM (DKSH, Швейцария), Lange (Beta Technology; Cambridge Scientific Industries, США), FatTrack II (Accu-Measure, США), Вереск (ООО «Вереск», Красноярск) и КЭЦ-100 (ОАО «ТВЕС», Тулиновский приборостроительный завод, Тамбовская обл.) – наиболее высокой субъективной оценкой качества, основанной на характеристике статической и динамической калибровки, точности, воспроизводимости и удобстве измерений, отличался калипер GPM, регулярно используемый в МГУ в последние годы (аббревиатура GPM происходит от названия швейцарской компании-изготовителя: Gneupel Präzisionsmechanik – *Aem.*). Среди инструментов для измерения жировых складок, не вошедших в указанное исследование, в МГУ имени М.В. Ломоносова на протяжении ряда лет применялся калипер конструкции В.Е. Дерябина [Дерябин, 1973], изготовленный промышленным способом в единичных экземплярах, а в мировой практике популяционных выборочных исследований наряду с калипером GPM используется его полный аналог – калипер Holtain (Holtain Ltd, Великобритания) [Chan et al., 2009; Nagy et al., 2014; Yavuz, Özer, 2020]. Поэтому полезно сопоставить данные, получаемые с использованием калиперов Holtain и В.Е. Дерябина, с результатами измерений калипером GPM.

Известно, что при измерении жировых складок устройства, не имеющие пружины и не обеспечивающие стандартное давление на складку, такие как скользящий циркуль, могут давать несопоставимые результаты [Лутовинова с соавт., 1970; Keys, Brozek, 1953; Edwards et al., 1955]. Вместе с тем, в ряде учебников для студентов медицинских вузов скользящий циркуль рекомендуется для измерения

жировых складок наравне с профессиональным оборудованием [Кучма, 2015] и периодически патентуются устройства подобного типа для калиперометрии [Жуков с соавт., 2015]. По мнению Н.С. Смирновой и Т.П. Шагуриной, размеры жировых складок при измерениях скользящим циркулем обычно на 0,2-0,5 мм превышают таковые для обычного калипера [Смирнова, Шагурина, 1981].

Наряду с точностью, важной характеристикой качества калиперов является воспроизводимость (самосогласованность) получаемых данных. Мерой оценки воспроизводимости данных служат технические ошибки измерений и коэффициенты надежности [Mueller et al., 1988; Ulijaszek, Kerr, 1999]. При измерении жировых складок пластиковыми калиперами технические ошибки в два-три раза превосходят ошибки измерений металлическими калиперами [Руднев с соавт., 2017]. Можно предположить, что ввиду отсутствия пружины, обеспечивающей стандартное давление на жировую складку, техническая ошибка измерений скользящим циркулем должна быть заметно выше, чем для традиционных калиперов. По нашим сведениям, точность и воспроизводимость данных при измерениях жировых складок скользящим циркулем в современных публикациях не уточнялись.

Потенциальная несравнимость результатов измерений жировых складок при использовании оборудования различных типов и наименований ставит под сомнение возможность совместного анализа данных такого рода при изучении различных аспектов биологической изменчивости жиротложения, состава тела и соматотипа.

Цель исследования – сравнительный анализ точности и воспроизводимости результатов измерений кожно-жировых складок различными типами калиперов и скользящим циркулем.

Материалы и методы

В настоящем исследовании выполнялось сравнение результатов измерений жировых складок тремя металлическими калиперами (конструкции В.Е. Дерябина, GPM и Holtain) и скользящим циркулем GPM (рис. 1).

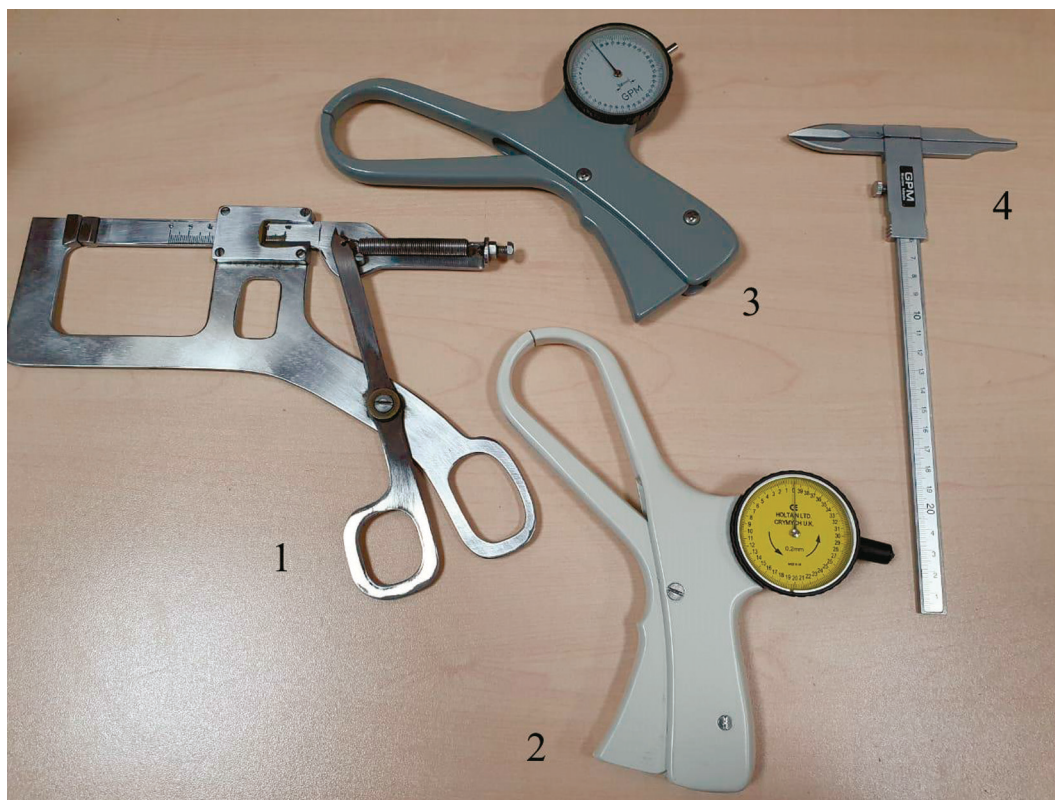


Рисунок 1. Использованное оборудование: 1 – калипер конструкции В.Е. Дерябина; 2 – калипер Holtain (Holtain Ltd, Великобритания), 3 – калипер GPM (DKSH, Швейцария); 4 – скользящий циркуль GPM

Figure 1. Equipment used: 1 – caliper designed by V.E. Deryabin; 2 – Holtain caliper (Holtain Ltd, Great Britain), 3 – GPM caliper (DKSH, Switzerland); 4 – sliding caliper GPM (Martin type)

Металлический калипер конструкции В.Е. Дерябина массой 0,38 кг имеет размер контактных площадок 15×6 мм и механическую шкалу измерений с ценой деления 1 мм и диапазоном измерений от 0 до 60 мм.

Металлический калипер GPM (DKSH, Швейцария) массой 0,37 кг имеет размер контактных площадок 12×7 мм и механическую шкалу измерений с ценой деления 0,2 мм. Диапазон измерений составляет от 0 до 43 мм. Использованный инструмент находился в эксплуатации с 2004 года, им было выполнено порядка 20-22 тысяч измерений жировых складок.

Металлический калипер Holtain (Holtain Ltd, Великобритания) массой 0,44 кг по внешнему виду практически идентичен калиперу GPM, имеет размер контактных площадок 13×7 мм и механическую шкалу измерений с ценой деления 0,2 мм. Диапазон измерений составляет от 0 до 47 мм. Практически новый, был приобретен в 2018 году, в измере-

ниях ранее не использовался. Внешний вид калиперов Holtain и GPM практически одинаков.

Скользящий циркуль GPM (DKSH, Швейцария) массой 0,21 кг имеет ширину контактных площадок 5 мм и механическую шкалу измерений с ценой деления 1 мм и диапазоном измерений от 0 до 250 мм.

В измерениях принимали участие четыре исследователя: *Измеритель 1* (эксперт в области антропометрии с 35-летним стажем работы), *Измеритель 2* (специалист-антрополог с 15-летним опытом антропометрических измерений), *Измеритель 3* (эксперт в области антропометрии с 40-летним стажем работы) и *Измеритель 4* (специалист-антрополог с 15-летним опытом антропометрических измерений).

Качество статической калибровки указанных инструментов оценивалось путем измерений металлического калибровочного блока GPM (DKSH, Швейцария) на участках толщиной 10, 20 и 30 мм (в

порядке возрастания толщины) последовательно четырьмя инструментами: калиперами GPM, Holtain, калипером В.Е. Дерябина и скользящим циркулем GPM. Выполнялось по 10 циклов измерений калибровочного блока каждым из указанных инструментов. После двух циклов измерений калибровочного блока измерители (3 и 4) последовательно сменяли друг друга. Всего было выполнено 120 измерений калибровочного блока.

Качество динамической калибровки калиперов и свойства скользящего циркуля оценивали на основе измерений образцов мягкой силиконовой резины kSil™GP250 (Silicone Engineering, Великобритания). Как уже отмечалось [Руднев и соавт., 2017], данный материал имеет пористую структуру с закрытыми порами, является гибким, упругим и легко сжимаемым (твердость по Шору 5A), что примерно соответствует свойствам подкожно-жирового слоя. Из широкого листа силиконовой резины толщиной 10 мм изготавливали пластины размером 10×10 см и измеряли составленные из них «сэндвичи» толщиной 10, 20, 30 и 40 мм. В ходе измерений инструмент держали строго в вертикальной плоскости по отношению к измеряемому образцу, при этом контактные площадки калиперов располагали друг под другом посередине между краем и центром образца. Аналогично во время измерений располагали концы контактных площадок скользящего циркуля. После каждого двух циклов измерений набора «сэндвичей» четырьмя инструментами измерители (1, 2 и 3) последовательно сменяли друг друга. Каждым исследователем было выполнено по 10 циклов измерений набора «сэндвичей» каждым из инструментов. Всего было выполнено 480 измерений «сэндвичей» из силиконовой резины.

Указанными инструментами с участием трех измерителей (1, 2 и 3) проводили измерения четырех жировых складок, используемых при определении типа телосложения по схеме Хит-Картера, у 20 здоровых добровольцев (10 женщин и 10 мужчин) в возрасте от 21 года до 54 лет. Жировые складки измеряли под лопаткой, на плече сзади, над подвздошным гребнем и на середине голени сзади на правой стороне тела. Данную последовательность измерений каждый исследователь повторял три раза. Каждый испытуемый проходил весь цикл измерений разными инструментами и измерителями едино-

временно. С учетом того, что при множественных повторных измерениях толщины складки на голени у трех обследованных возникли болевые ощущения, дальнейшие измерения на этом участке были прекращены и всего было выполнено 948 из 960 запланированных измерений, при этом пропуски в данных заполнялись средними измеренными значениями толщины складки на голени для соответствующего инструмента и измерителя.

Перед началом множественных измерений складок калиперами и скользящим циркулем проводилось комплексное антропометрическое обследование добровольцев по стандартной методике [Бунак, 1941; Негашева, 2017] с измерением следующих показателей: длины и массы тела, обхватов груди, талии и бедер, напряженного и расслабленного плеча, обхвата голени, диаметров плеч и таза, ширины локтя и колена, кожно-жировых складок под лопаткой, на плече сзади, на плече спереди, на предплечье, на груди (для мужчин), подмышечной, на животе возле пупка, над подвздошным гребнем, на середине бедра спереди, на середине бедра сзади, на верхней части голени и на середине голени сзади. Для измерения массы тела использовались напольные медицинские весы Seca 285 (Seca, Германия), а обхватных размеров тела – пластиковая сантиметровая лента производства Hoeschst mass (Германия). Остальные признаки измеряли с использованием антропометрических инструментов GPM.

Обследование добровольцев и измерения «сэндвичей» из силиконовой резины проводили при содействии ООО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград) на базе указанной организации, а измерения металлического эталона – в лаборатории аукологии человека НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Все измерения выполняли в стандартизованных условиях в закрытом помещении при комнатной температуре.

Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) обследованных как отношение массы тела к квадрату длины тела ($\text{кг}/\text{м}^2$) и определяли антропометрический соматотип по схеме Хит-Картера [Carter, Heath, 1990].

Проверку нормальности распределений оценивали на основе критерия Колмогорова-Смирнова, а межгрупповые различия – на основе парного t-критерия при пороговом уровне значимости

$p < 0,05$. Точность измерений металлического эталона калиперами и скользящим циркулем оценивали непосредственно. Точность измерений «сэндвичей» и жировых складок калипером Holtain, калипером В.Е. Дерябина и скользящим циркулем оценивали путем сравнения с данными измерений калипером GPM. Методом парных сравнений анализировали внутригрупповую изменчивость толщины «сэндвичей» для выявления различий между исследователями при измерениях устройствами одного типа (один калипер, разные исследователи). Сравнение данных измерений жировых складок проводили для суммарной толщины четырех складок, используемых при оценке соматотипа по схеме Хит-Картера.

Воспроизводимость результатов измерений металлического эталона и «сэндвичей» из силиконовой резины калиперами и скользящим циркулем оценивали путем сравнения выборочных стандартных отклонений и коэффициентов вариации, а жировых складок – на основе расчета технических ошибок измерений отдельно в подгруппах женщин и мужчин для каждого исследователя, инструмента и жировой складки по формуле:

$$TEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^K M_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^K M_{ij})^2 / K)}{N(K-1)}}$$

где M_{ij} – результат j -го измерения для i -го обследованного, N – количество обследованных ($N=10$), K – количество повторных измерений ($K=3$) [Mueller et al., 1988; Uljaszek, Kerr, 1999]. По той же формуле для каждого калипера определяли межиндивидуальную ошибку измерений TEM_M , где M_{ij} – результат измерения i -го обследованного j -м измерителем, а K – количество измерителей ($K=3$). Суммарную техническую ошибку измерений ΣTEM для каждого калипера вычисляли по формуле:

$$\Sigma TEM = \sqrt{(\sum_{i=1}^K TEM_i^2 / K) + TEM_M^2}$$

где TEM_i – техническая ошибка измерений для i -го исследователя, а K – количество измерителей ($K=3$). Для определения доли межиндивидуальной вариации данных (выборочной дисперсии), не связанной с ошибками измерений, рассчитывали коэффициент надежности R по формуле:

$$R = 1 - (\Sigma TEM^2 / S^2),$$

где S – выборочное стандартное отклонение. Оценки TEM , TEM_M , ΣTEM и R для четырех жировых

складок усредняли и сопоставляли с референтными значениями [Uljaszek, Kerr, 1999].

Исследование проводилось с одобрения Комиссии по биоэтике биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (заключение №2-ч от 19.11.2020 г.) с осведомлением участников о целях и задачах исследования и подписанием протоколов информированного согласия. Полученные данные были деперсонифицированы. Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ Minitab 19 и MS Excel 2019.

Результаты

Подгруппы обследованных женщин и мужчин значительно отличались по длине и массе тела (табл. 1). Средние значения ИМТ соответствовали норме (различия статистически не значимы). Суммарная толщина четырех кожно-жировых складок, используемых при определении соматотипа по схеме Хит-Картера, в рассматриваемых подгруппах значительно не различалась.

Таблица 1. Общая характеристика обследованной выборки
Table 1. General characteristics of the study sample

Показатель	Мужчины (N=10)	Женщины (N=10)
Возраст, лет	31,1±7,8	35,9±10,1
Длина тела, см	174,1±6,9*	162,9±6,0
Масса тела, кг	75,0±11,9*	59,6±10,9
ИМТ, кг/м ²	24,8±3,8	22,5±3,9
ΣЖС, мм	53,9±22,9	50,1±21,4
Эндоморфия, ед.	3,91±1,87	3,49±1,73
Мезоморфия, ед.	5,87±1,61	4,74±1,69
Эктоморфия, ед.	1,98±1,33	2,35±1,16

Примечания. ИМТ – индекс массы тела, ΣЖС – суммарная толщина кожно-жировых складок под лопаткой, на плече сзади, над подвздошным гребнем и на середине голени сзади (при измерениях калипером GPM). Эндоморфия, Мезоморфия, Эктоморфия – компоненты соматотипа в конституциональной схеме Хит-Картера. * – значимые различия между подгруппами женщин и мужчин ($p < 0,01$).

Notes. BMI – body mass index, ΣЖС – the sum of four skinfolds (subscapular, triceps, suprailiac, and calf) as measured by the GPM caliper. Endomorphy, Mesomorphy, Ectomorphy are the components of the Heath-Carter somatotype. * – significant differences between the subgroups of men and women ($p < 0,01$).

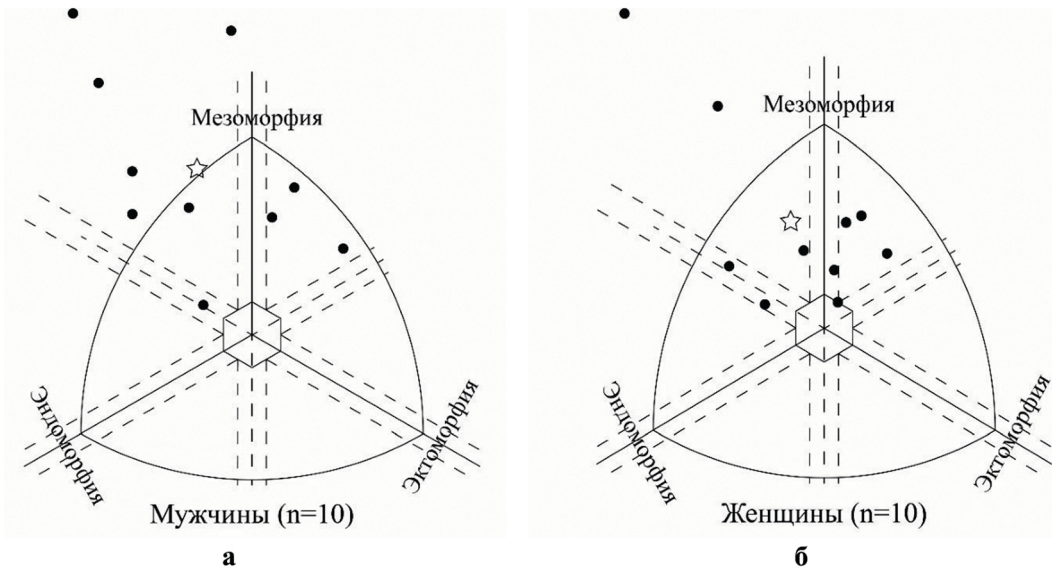


Рисунок 2. Соматограммы обследованных добровольцев ($n=20$): а – мужчины, б – женщины
 Figure 2. Somatocharts of the examined volunteers ($n=20$): a – men, b – women

Примечания. Точками показаны индивидуальные, а звездочками – средние соматотипы.
 Notes. Dots show individual somatopoints, asterisks indicate group averages.

Соматотипы подгрупп обследованных женщин и мужчин характеризовались значительной вариабельностью (рис. 2). Так, 6 из 10 мужчин имели эндомезоморфный, 3 – эктомезоморфный, и 1 – мезоморфно-эндоморфный тип телосложения; 3 из 10 женщин имели эндомезоморфный, другие 3 – эктомезоморфный, 2 – эндоморфно-мезоморфный, и по 1 – сбалансированный мезоморфный и центральный тип телосложения. Средние значения соматотипа в обеих подгруппах соответствовали эндомезоморфному типу.

Измерения металлического эталона

Калипер В.Е. Дерябина и скользящий циркуль при измерениях металлического эталона показали точные результаты (табл. 2). Калипер GPM несколько занижал (на 0,2 мм), а калипер Holtain завывшал (на 0,4-0,6 мм) толщину эталона, при этом оба инструмента показали хорошо воспроизводимые результаты: выборочное стандартное отклонение S мало зависело от толщины образца и не превышало 0,1 мм, а коэффициент вариации V с увеличением толщины образца снижался.

Измерения «сэндвичей» из силиконовой резины

При измерениях «сэндвичей» из силиконовой резины (табл. 3) калиперами GPM и Holtain наблюдались небольшие, но значимые различия между исследователями (максимальный размах средних значений составил 0,1-1,4 мм). При измерениях калипером В.Е. Дерябина наблюдались выраженные различия между исследователями (максимальные различия от 2,1 до 5,0 мм). При измерениях скользящим циркулем значимые различия между исследователями отсутствовали.

Средние суммарные значения измеренной толщины «сэндвичей» калиперами GPM (20,9 мм), В.Е. Дерябина (21,5 мм), Holtain (22,7 мм) и скользящим циркулем (24,7 мм) попарно статистически значимо различались между собой.

Измерения кожно-жировых складок

Общие средние значения суммарной толщины четырех кожно-жировых складок при измерениях калипером GPM и калипером В.Е. Дерябина значимо не различались (табл. 4), а для калипера Holtain и скользящего циркуля были значимо выше, чем для указанных типов калиперов (значимые

Таблица 2. Измерения металлического калибровочного блока: средние (M, мм), стандартные отклонения (SD, мм) и коэффициенты вариации (V, %) для серий из 10 измерений

Table 2. Measurements of the caliper checking gauge: means (M, mm), standard deviations (SD, mm) and coefficients of variation (V, %) for a series of 10 measurements

Инструмент	Толщина измеряемого образца, мм								
	10			20			30		
	M	SD	V	M	SD	V	M	SD	V
Калипер GPM	9,8*	0,1	1,0	19,8*	0,1	0,4	29,8*	0,1	0,2
Калипер Holtain	10,4*	0,0	0,3	20,6*	0,0	0,0	30,6*	0,0	0,0
Калипер В.Е. Дерябина	10,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0
Скользкий циркуль	10,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0

Примечания. * – значимые отличия от должных значений (на основе расчета 95% доверительных интервалов).

Notes. * – significant differences from the true values (based on 95% confidence intervals).

Таблица 3. Измерения «сэндвичей» из силиконовой резины: средние (M, мм), стандартные отклонения (SD, мм) и коэффициенты вариации (V, %) для серий из 10 измерений

Table 3. Measurements of silicone rubber 'sandwiches': means (M, mm), standard deviations (SD, mm) and coefficients of variation (V, %) for a series of 10 measurements

Исследователь	Исходная толщина образца (до сжатия), мм											
	10			20			30			40		
	Измеренная толщина образца (после сжатия), мм											
	M	SD	V	M	SD	V	M	SD	V	M	SD	V
Калипер GPM												
1	7,0*^{2,*3}	0,1	1,8	16,2*³	0,2	1,1	26,0*^{2,*3}	0,2	0,9	35,2*^{2,*3}	0,3	0,9
2	7,3*^{1,*3}	0,2	2,7	16,1*³	0,2	1,1	25,6*^{1,*3}	0,2	0,9	35,6*^{1,*3}	0,1	0,4
3	6,8*^{1,*2}	0,1	1,7	15,7*^{1,*2}	0,2	1,0	24,8*^{1,*2}	0,2	0,9	34,2*^{1,*2}	0,1	0,4
Калипер Holtain												
1	8,3*^{2,*3}	0,1	1,2	17,9*³	0,1	0,8	27,6*³	0,3	0,9	37,2	0,2	0,5
2	8,5*¹	0,2	2,2	18,1*³	0,4	2,0	27,8*³	0,3	1,2	37,2	0,3	0,8
3	8,4*¹	0,1	1,1	17,5*^{1,*2}	0,0	0,2	27,4*^{1,*2}	0,1	0,4	37,1	0,2	0,5
Калипер В.Е. Дерябина												
1	6,8*^{2,*3}	0,3	3,8	15,7*²	0,4	2,2	25,0*²	0,4	1,5	34,0*²	0,3	0,8
2	8,9*^{1,*3}	0,6	6,6	18,5*^{1,*3}	0,7	3,8	28,6*^{1,*3}	0,5	1,8	39,0*^{1,*3}	0,5	1,2
3	7,5*^{1,*2}	0,2	3,1	15,7*²	0,3	1,6	24,9*²	0,3	1,4	34,0*²	0,3	1,0
Скользкий циркуль												
1	10,0	0,2	1,6	19,7	0,5	2,5	29,4	0,4	1,3	39,6	0,5	1,2
2	9,9	0,3	3,4	19,6	0,4	1,9	29,7	0,5	1,6	39,8	0,4	0,9
3	9,9	0,3	3,2	19,7	0,3	1,3	29,5	0,4	1,3	39,5	0,5	1,2

Примечания. *¹, *², *³ – Значимые внутригрупповые различия (при измерениях тем же калипером) в сравнении с данными измерений исследователем 1, 2 и 3 соответственно, p < 0,05.

Notes. *¹, *², *³ – Significant intragroup differences (while measured with the same caliper) as compared to the data by measurers 1, 2 and 3, respectively, p < 0,05.

Таблица 4. Измерения кожно-жировых складок: суммарная толщина складок под лопаткой, на плече сзади, над подвздошным гребнем и на голени (мм) для подгрупп обследованных женщин и мужчин в зависимости от инструмента и исследователя
Table 4. Skinfold measurements: the sum of subscapular, triceps, suprailiac, and calf skinfolds (mm) for the subgroups of men and women depending on the instrument and the measurer

№ п/п	Калипер GPM			Калипер Holtain			Калипер В.Е. Дерябина			Скользющий циркуль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
♂												
1	42,5	40,5	45,1	46,0	41,8	45,5	42,2	43,0	44,3	44,7	42,3	46,8
2	21,2	20,5	21,8	23,7	23,5	22,5	22,2	21,8	23,5	23,8	24,2	25,4
3	69,1	65,9	63,3	71,0	70,2	67,9	65,5	69,7	65,0	65,3	73,1	69,3
4	73,2	70,0	58,9	74,3	79,7	61,6	62,0	72,5	58,8	63,3	76,5	60,8
5	38,7	39,3	37,3	39,8	42,4	39,9	35,8	38,3	37,2	40,7	43,8	35,8
6	64,5	60,8	58,3	67,3	67,3	61,7	56,3	63,2	60,5	59,7	65,7	61,2
7	75,2	69,5	71,0	82,4	78,9	71,1	68,8	80,0	68,8	72,3	87,0	68,7
8	48,9	49,3	45,6	54,0	53,8	49,1	43,6	59,7	48,0	45,3	72,3	51,0
9	32,0	31,5	30,4	34,6	35,3	31,6	30,3	32,0	32,0	31,5	32,3	32,5
10	33,7	34,1	32,2	37,7	36,3	34,2	31,2	33,2	32,8	33,7	34,2	35,2
Среднее (SEM)	49,9 (6,1)	48,1*¹ (6,2)	46,4*¹ (5,2)	53,1*³ (5,2)	52,9*³ (5,6)	48,5 (6,3)	45,8*² (6,3)	51,3 (7,0)	47,1*² (5,1)	48,0*² (5,3)	55,1 (5,0)	48,7*² (5,0)
Общее среднее	48,1			51,5**			48,1			50,6**		
♀												
1	37,2	36,4	37,6	37,8	39,5	38,9	33,8	41,8	39,3	38,3	41,5	39,0
2	38,9	37,0	37,2	40,4	39,3	38,0	35,3	35,5	38,2	39,3	43,0	37,5
3	26,7	25,7	25,5	29,6	27,2	29,0	25,7	27,3	29,2	29,0	29,0	30,8
4	59,9	60,5	58,1	65,4	64,7	60,6	59,3	66,8	59,3	65,3	72,2	59,7
5	62,8	53,1	49,8	64,1	57,8	52,1	54,5	57,5	47,7	63,7	62,3	48,8
6	53,2	45,8	54,6	58,9	52,7	53,5	51,0	56,3	52,7	58,7	57,8	55,3
7	50,3	43,8	44,3	53,1	48,5	44,9	44,5	43,2	44,2	50,2	49,0	44,0
8	107,6	107,1	103,2	113,0	120,4	108,7	99,3	109,7	91,5	105,0	114,0	104,2
9	27,9	30,1	30,0	28,5	31,9	32,9	25,2	36,0	31,6	26,2	35,0	33,5
10	42,9	42,2	42,4	45,9	45,5	45,2	40,3	45,3	42,0	44,7	44,8	44,3
Среднее (SEM)	50,7 (7,4)	48,2 (7,8)	48,3 (6,9)	53,7 (7,3)	52,8 (7,3)	50,4 (8,3)	46,9*² (7,4)	52,0 (7,7)	47,6 (6,9)	52,0 (7,2)	54,9 (5,7)	49,7*² (6,7)
Общее среднее	49,1			52,3**			48,8			52,2**		

Примечания. SEM – стандартная ошибка среднего; *¹, *², *³ – значимые внутригрупповые различия (при измерениях тем же калипером) в сравнении с данными измерений исследователем 1, 2 и 3 соответственно, p<0,05; ** – значимые межгрупповые различия с калиперами GPM и В.Е. Дерябина, p<0,05.

Notes. SEM – standard error of measurement; *¹, *², *³ – significant intragroup differences (while measured with the same caliper) as compared to the data by measurers 1, 2 and 3, respectively, p < 0,05; ** – Significant intergroup differences with the caliper GPM and that of V.E. Deryabin, p < 0,05.

различия средних при измерениях калипером Holtain и скользящим циркулем отсутствовали). Стандартная ошибка средней суммарной толщины жировых складок для каждого исследователя и инструмента в подгруппе женщин была выше, чем в

подгруппе мужчин. В подгруппе мужчин в 8 случаях из 12 наблюдались статистически значимые различия суммарной толщины складок при измерениях одним инструментом и разными исследователями; в подгруппе женщин значимые различия такого

рода выявлялись реже (в 2 случаях из 12). Наименьшим размахом средних значений суммарной толщины четырех складок при измерениях различными исследователями отличались калиперы GPM (2,5 мм для женщин и 3,5 мм для мужчин) и Holtain (3,3 мм для женщин и 4,6 мм для мужчин), а наибольшим размахом – скользящий циркуль (5,2 мм для женщин и 7,1 мм для мужчин).

Средние значения коэффициента надежности R при измерениях кожно-жировых складок калиперами GPM и Holtain в подгруппах женщин и мужчин были несколько выше, а средние суммарные технические ошибки ниже, чем при измерениях калипером В.Е. Дерябина и скользящим циркулем (табл. 5, 6). При этом индивидуальные технические ошибки для двух из трех исследователей (1, 3) были сравнительно малы и почти не зависели от используемого инструмента, а для третьего исследователя (2) были сравнительно велики, особенно в подгруппе мужчин для калипера В.Е. Дерябина и скользящего циркуля. Средние межиндивидуальные технические ошибки в подгруппах женщин и мужчин при измерениях скользящим циркулем были выше, чем при измерениях калиперами.

Обсуждение результатов

Помимо требования высокой квалификации измерителей и необходимости строгого соблюдения методики измерений на сопоставимость данных калиперометрии влияет выбор надежного измерительного оборудования [Edwards et al., 1955; Carter, Heath, 1990]. Вообще говоря, термин «надежность» не имеет единого толкования. В технической литературе под надежностью понимается свойство изделия сохранять значения установленных параметров функционирования в определенных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Согласно Большой Советской Энциклопедии, надежность – это комплексное свойство, которое в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации может включать такие характеристики, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость [Бруевич, Голинкевич, 2021]. В

этом случае ключевой характеристикой надежности является работоспособность, т.е. соответствие всем требованиям, предъявляемым к основным параметрам устройства. Надежность принято считать одним из показателей качества, к которым также относят массу, габариты, удобство применения и другие показатели. Подробное сравнение качества отечественных и зарубежных калиперов было дано в статье [Руднев с соавт., 2017], при этом для полноты исследования сопоставляли несколько калиперов каждого наименования. Там же были охарактеризованы основные требования, предъявляемые к механическим устройствам для измерения жировых складок. Как уже упоминалось выше, было установлено, что из пяти рассмотренных типов калиперов (GPM, Lange, FatTrack II, Вереск и КЭЦ-100) наиболее качественным, согласно субъективному рейтингу на основе оценки 10 показателей, является калипер GPM [Руднев с соавт., 2017]. В зарубежной физической антропологии надежность (reliability) обычно противопоставляется точности (accuracy) и понимается в узком смысле – как воспроизводимость результатов измерений [Ulijaszek, Kerr, 1999]. В этом случае надежность принято оценивать на основе расчета технических ошибок измерений.

Средняя толщина четырех кожно-жировых складок при измерениях калипером Holtain (51,5 мм для мужчин и 52,3 мм для женщин) оказалась значимо выше в сравнении с калипером GPM (48,1 мм для мужчин и 49,1 мм для женщин), табл. 4. Таким образом, различия для указанных калиперов составили 3,4 мм для мужчин и 3,2 мм для женщин, или, в относительном выражении, порядка 6-7% от суммарной толщины складок. Различия отчасти объяснялись дефектом статической калибровки калиперов, так как реальная толщина металлического шаблона при измерениях калипером Holtain превышалась на 0,4-0,6 мм, а калипером GPM занижалась на 0,2 мм, но в большей степени они были связаны со свойствами динамической калибровки: наличием у калипера Holtain более слабой пружины и/или повышенным трением в участке соединения подпружиненных дуг калипера. По субъективному восприятию измерителей, калипер Holtain имел более слабую пружину. Непосредственно проверить это предположение в ходе исследования нам не удалось. Аналогичные различия калиперов Holtain и

Таблица 5. Технические ошибки измерений (мм) и коэффициенты надежности в зависимости от инструмента и исследователя для четырех кожно-жировых складок, данные для мужчин (n=10)

Table 5. Technical errors of measurement (mm) and coefficients of reliability depending on the instrument and the measurer. Skinfolts data, men (n=10)

Параметр	Калипер GPM			Калипер Holtain			Калипер В.Е. Дерябина			Скользкий циркуль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Кожно-жировая складка под лопаткой</i>												
ТЕМ	1,08	1,47	0,63	1,31	1,62	0,89	0,86	2,00	1,00	0,81	2,34	0,79
ТЕМ _М	1,44			1,17			1,21			1,70		
ΣТЕМ	1,82			1,76			1,83			2,27		
R	0,93			0,94			0,92			0,87		
<i>Кожно-жировая складка на плече сзади</i>												
ТЕМ	1,02	0,89	0,63	0,85	1,69	0,74	0,90	2,44	0,68	0,68	3,27	0,87
ТЕМ _М	0,98			1,28			1,76			2,29		
ΣТЕМ	1,31			1,73			2,35			3,04		
R	0,87			0,77			0,63			0,42		
<i>Кожно-жировая складка над гребнем подвздошной кости</i>												
ТЕМ	1,37	1,17	0,94	1,70	1,17	0,93	0,98	1,72	1,36	0,97	2,50	1,22
ТЕМ _М	1,45			1,74			1,15			1,65		
ΣТЕМ	1,87			2,18			1,80			2,37		
R	0,91			0,90			0,92			0,87		
<i>Кожно-жировая складка на голени</i>												
ТЕМ	1,02	1,13	1,19	1,04	1,70	1,02	0,88	2,34	0,94	0,93	2,13	0,84
ТЕМ _М	1,09			1,68			1,42			1,55		
ΣТЕМ	1,56			2,12			2,09			2,11		
R	0,85			0,75			0,67			0,68		
<i>Средние значения (для четырех кожно-жировых складок)</i>												
ТЕМ	1,12	1,17	0,85	1,23	1,55	0,90	1,34	2,13	1,00	0,85	2,56	0,93
ТЕМ _М	1,24			1,47			1,38			1,80		
ΣТЕМ	1,64			1,95			2,02			2,45		
R	0,89			0,84			0,78			0,71		

Примечания. ТЕМ – индивидуальная техническая ошибка; ТЕМ_М – межиндивидуальная техническая ошибка; ΣТЕМ – суммарная техническая ошибка; R – коэффициент надежности.

Notes. ТЕМ – individual technical error; ТЕМ_М – inter-individual technical error; ΣТЕМ – total technical error; R – coefficient of reliability.

GPM были выявлены и при измерениях «сэндвичей» из силиконовой резины: на образцах толщиной 30 и 40 мм различия составили порядка 2,2 мм (табл. 4), т.е. снова порядка 6-7% от толщины образцов. Отметим, что стандартизация измерений «сэндвичей» была необходима для исключения влияния на результат измерений возможной анизотропии упругости данного материала. Использование «сэндвичей» ввиду простоты их измерения позволяет уменьшить межиндивидуальные различия

между измерителями и сосредоточиться на сопоставлении свойства динамической калибровки калиперов. Идея применения губчатой резины для сравнения точности и надежности калиперов была, по-видимому, впервые использована в статье [Schmidt, Carter, 1990]. Недостатком использования «сэндвичей» является то, что непосредственная проверка точности динамической калибровки калиперов – оказания давления на складку на уровне 10 г/мм² во всем диапазоне измерений – при этом

Таблица 6. Технические ошибки измерений (мм) и коэффициенты надежности в зависимости от инструмента и исследователя для четырех кожно-жировых складок, данные для женщин (n=10)

Table 6. Technical errors of measurement (mm) and coefficients of reliability depending on the instrument and the measurer. Skinfolds data, women (n=10)

Параметр	Калипер GPM			Калипер Holtain			Калипер В.Е. Дерябина			Скользкий циркуль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Кожно-жировая складка под лопаткой</i>												
ТЕМ	0,72	0,72	1,14	0,43	0,89	0,67	1,31	1,47	0,81	0,70	1,27	0,70
ТЕМ _М	1,21			1,16			1,06			1,05		
ΣТЕМ	1,50			1,35			1,62			1,40		
R	0,95			0,96			0,93			0,95		
<i>Кожно-жировая складка на плече сзади</i>												
ТЕМ	0,97	1,09	0,90	0,86	1,13	0,78	1,00	1,14	1,32	1,37	1,08	1,13
ТЕМ _М	1,52			1,57			2,12			1,78		
ΣТЕМ	1,81			1,83			2,41			2,15		
R	0,88			0,90			0,79			0,84		
<i>Кожно-жировая складка над гребнем подвздошной кости</i>												
ТЕМ	1,43	1,00	0,93	0,68	0,91	0,56	0,78	1,29	0,74	0,94	1,02	1,09
ТЕМ _М	0,75			1,08			0,96			1,27		
ΣТЕМ	1,37			1,30			1,37			1,62		
R	0,95			0,96			0,96			0,84		
<i>Кожно-жировая складка на голени</i>												
ТЕМ	1,18	1,29	0,75	1,25	1,00	1,34	1,24	1,17	1,68	1,68	1,59	1,22
ТЕМ _М	2,15			2,15			2,10			2,41		
ΣТЕМ	2,42			2,46			2,52			2,85		
R	0,83			0,84			0,68			0,73		
<i>Средние значения (по четырём кожно-жировым складкам)</i>												
ТЕМ	1,08	1,03	0,93	0,81	0,98	0,84	1,08	1,27	1,14	1,17	1,24	1,04
ТЕМ _М	1,41			1,49			1,56			1,63		
ΣТЕМ	1,77			1,74			1,98			2,01		
R	0,90			0,92			0,84			0,86		

Примечания. ТЕМ – индивидуальная техническая ошибка; ТЕМ_М – межиндивидуальная техническая ошибка; ΣТЕМ – суммарная техническая ошибка; R – коэффициент надежности.

Notes. TEM – individual technical error; TEM_M – inter-individual technical error; ΣTEM – total technical error; R – coefficient of reliability.

невозможна, и доступно лишь сравнение согласованности результатов измерений сжимаемого объекта. В качестве условного референса при таких сравнениях в нашей работе были использованы результаты измерений калипером GPM.

Наиболее своеобразную конструкцию из использованных инструментов имел калипер В.Е. Дерябина – модифицированный штангенциркуль, разработанный в соответствии с основными требованиями к конструкции калиперов [Edwards et al., 1955]. Интересно, что для кали-

перов В.Е. Дерябина и GPM средние значения суммарной толщины складок оказались сопоставимы (значимые различия отсутствовали). Впервые калипер В.Е. Дерябина был использован его автором для экспериментальной оценки влияния степени сжатия кожно-жировой складки на воспроизводимость результатов измерений [Дерябин, 1973]. Была подтверждена изменчивость сжимаемости подкожной жировой складки как на межиндивидуальном, так и на индивидуальном уровне в различных участках тела, установлены

половозрастные различия. В частности, была показана повышенная сжимаемость более толстых складок у мужчин. В.Е. Дерябин также отметил уменьшение дисперсии толщины кожно-жировой складки, измеренной калипером своей конструкции, при увеличении давления на складку.

Результаты измерений скользящим циркулем обнаружили наибольший разброс данных между исследователями: размах средних значений суммарной толщины складок составил 5,2 и 7,1 мм в подгруппах женщин и мужчин соответственно, или 10-14% от суммарной толщины складок. При этом для скользящего циркуля отсутствовали значимые различия средних значений суммарной толщины складок с калипером Holtain. Иная картина наблюдалась при измерениях «сэндвичей» из силиконовой резины: измеренные значения толщины «сэндвичей» скользящим циркулем мало отличались от номинальных и значительно превосходили результаты измерений калиперами (табл. 3) ввиду отсутствия у скользящего циркуля пружины и каких-либо рекомендаций исследователям о силе нажатия на измеряемый образец. С точки зрения анализа сопоставимости данных имело смысл дополнительно выяснить, насколько изменился бы результат, если бы исследователи при измерении «сэндвичей» оказывали давление на образец как при измерении жировых складок. К сожалению, такого рода измерения не были проведены, и ответ на указанный вопрос остался невыясненным.

На воспроизводимость данных измерений влияли различные факторы, включая деформацию (истончение, изменение упругих свойств) складок при множественных измерениях во время обследования (при измерениях калиперами GPM и Holtain толщина складок уменьшилась, в среднем, на 0,7 и 1,1 мм соответственно) и различия уровня подготовки исследователей. Отметим, что два исследователя из трех (1, 3) уже имели опыт применения калипера Дерябина и скользящего циркуля для измерения кожно-жировых складок в своей практической работе (в частности, скользящий циркуль применялся для измерения жировых складок большой толщины и/или когда измерения калипером были невозможны), а третьему исследователю (2) исполь-

зовать их ранее не приходилось. Этим объясняются различия индивидуальных технических ошибок при использовании указанных инструментов (табл. 5, 6). Средние суммарные технические ошибки измерений Σ ТЕМ для скользящего циркуля и калипера В.Е. Дерябина были выше, а коэффициент надежности R , соответственно, ниже в подгруппе мужчин, что, возможно, объясняется влиянием привыкания к новым инструментам для исследователя 2, так как 5 из 6 первых обследованных были мужчинами. Приведенные в таблицах 5 и 6 значения коэффициента надежности в целом соответствовали должным значениям 0,85-0,91 [Uljaszek, Kerr, 1999].

По итогам проведенного исследования, имеющийся экземпляр калипера Holtain уступал калиперу GPM по качеству статической калибровки (при этом свойства динамической калибровки также несколько различались), калипер Дерябина – по величине суммарной технической ошибки, эргономичности дизайна и удобству применения, а скользящий циркуль – по общей работоспособности ввиду отсутствия пружины и невозможности обеспечить стандартное давление на складку. Таким образом, в новом сравнении калипер GPM снова проявил себя как наиболее качественный и надежный инструмент для использования в полевых исследованиях. На основе полученных данных можно предположить, что результаты измерений калиперами GPM и Holtain могут быть сопоставимы после взаимной калибровки. Для обоснования этого предположения необходимо дополнительное исследование с увеличением объема выборки и использованием нескольких калиперов Holtain (в частности, осталось неясно, насколько близки свойства имеющегося единичного экземпляра данного инструмента его среднегрупповым свойствам).

Общие принципы оценки сопоставимости данных калиперометрии изложены в статье [Руднев с соавт., 2017]. Можно считать, что данные калиперометрии разных популяционных исследований заведомо сравнимы, если измерения выполнялись по единой методике одним и тем же типом надежного, прошедшего технический контроль, калипера при минимальном количестве измерителей, при этом индивидуальные, межиндивидуальные и межинструментальные

технические ошибки измерений для рассматриваемых исследований опубликованы, а коэффициенты надежности соответствуют должному уровню. Если же хотя бы одно из приведенных условий не будет выполнено, то сопоставимость данных окажется под вопросом. Например, на практике нередко возникает ситуация, когда в рамках популяционного исследования приходится пользоваться калиперами одного наименования с различным сроком эксплуатации и интенсивностью применения. При отсутствии регулярной проверки качества калиперов самосогласованность данных такого исследования может быть серьезно снижена. Аналогичная ситуация возникает в случае, когда измерения проводятся разными руками. Должные значения индивидуальных и межиндивидуальных коэффициентов надежности для антропометрических измерений, включая измерение жировых складок, приведены в статье [Ulijaszek, Kerr, 1999]. Такого рода сопутствующая информация крайне редко публикуется в отечественных работах. Что касается свойства надежности и работоспособности калиперов, то основные требования к их конструкции хорошо известны и общепризнаны [Edwards et al., 1955; Human biology, 1969]. К ним относятся наличие у калипера достаточно широких прямоугольных контактных площадок, служащих для сжатия складки в момент измерений, с хорошо округленными краями и углами, обеспечение постоянного давления 10 г/мм² контактных площадок калипера на складку во всем диапазоне измерений и использование шкалы измерений с ценой деления до 1 мм. Надежное зарубежное оборудование для калиперометрии выпускается с конца 1950-х – начала 1960-х годов прошлого века [Edwards et al., 1955; Tanner, Whitehouse, 1955, 1975; Parizkova, Roth, 1972] и производится до сих пор (это, прежде всего, калипер Harpenden, предназначенный для измерений взрослых людей, и его модификация – калипер Таннера-Уайтхауса, известный сегодня под названиями GPM и Holtain, адаптированный для удобства измерения детей), что обеспечило сопоставимость соответствующих данных на протяжении последних 60 лет. Сегодня в мире производится большое количество различных типов калиперов, при этом работ по оценке их работоспособности и сопоставимости с традиционными

инструментами существует мало (как правило, данные такого рода отсутствуют). В связи с этим современные требования стандартизации измерений содержат рекомендации по использованию определенных наименований калиперов [Carter, Heath, 1990; Norton et al., 2004; Marfell-Jones et al., 2012] – более подробное обсуждение см. в статье [Руднев с соавт., 2017].

Ответ на вопрос о сравнимости данных калиперометрии разных популяционных исследований может зависеть от типа решаемой задачи. Например, если использованы различные наименования калиперов, результаты их сопоставления (или обоснованная информация об отнесении к одному «кластеру») отсутствуют, но при этом выполнены остальные условия сравнимости данных (см. выше), то вполне допустимо прямое сопоставление относительных изменений толщины складок в рассматриваемых выборках (например, с возрастом), но не их абсолютных значений. Дополнительный анализ сопоставимости данных может понадобиться при соблюдении прочих условий сравнимости данных и при различиях методик измерений. Одним из выходов в такой ситуации может стать разработка и применение формул пересчета. Однако в этом случае общее качество модифицированных данных с целью их последующего использования, как правило, снижается. Нет необходимости повторять, что при продольном дизайне исследования крайне желательно пользоваться одним и тем же надежным инструментом, методикой измерений и одними и теми же руками.

Несмотря на наличие спроса, отечественное оборудование для антропометрии, сопоставимое по качеству, дизайну и удобству применения с зарубежным оборудованием в настоящее время не производится. При этом цены на импортное оборудование в России резко завышены (например, калипер GPM предлагается российским дилером по цене дорогого ноутбука), а локальная техническая поддержка отсутствует. В этой связи представляет интерес организация производства надежных отечественных наборов антропометрических инструментов с возможностью гарантийного обслуживания, периодической проверки качества и, при необходимости, повторной калибровки и ремонта в период эксплуатации. Возможность гарантийного обслужи-

вания, повторной калибровки и ремонта «от производителя» позволяет обеспечить эксплуатационную надежность калипера и является необходимой компонентой качества.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости перекрестного сравнения калиперов и контроля технических ошибок измерений для характеристики надежности данных. Взаимная калибровка калиперов является необходимой процедурой, которая должна предвещать антропометрическое исследование. При измерениях опытным антропологом погрешность измерений кожно-жировых складок скользящим циркулем может быть редуцирована, однако его использование не рекомендуется для обучения и последующего применения ввиду высокого риска получения несопоставимых результатов.

Благодарности

Авторы благодарят руководство и сотрудников ООО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград), и лично И.С. Решетникова и Д.А. Прилуцкого, за помощь в организации и проведении исследования. РСГ благодарит профессора И.В. Перевозчикова за идею прямого сопоставления калиперов и скользящего циркуля, высказанную им в декабре 2017 года на семинаре НИИ и Музея антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 20-15-00386).

Библиография

- Бруевич Н.Г., Голинкевич Т.А. Надежность / Большая Советская Энциклопедия, 2021. URL: <https://rusbse.slovaronline.com/51436-Надежность> (дата обращения: 04.03.2021)
- Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941. 368 с.
- Дерябин В.Е. О сжимаемости жировой складки // Вопросы антропологии, 1973. Вып. 44. С. 127–135.

Жуков С.В., Королюк Е.Г., Рыбакова М.В., Петров В.П., Щаблин О.В. Разработка устройства для оценки толщины складки у ребенка в условиях массового профилактического осмотра // Инновации в науке, 2015. № 41. С. 155–160.

Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков (2-е издание, исправл. и доп.). М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 528 с.

Лутовинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Методические проблемы изучения вариаций подкожного жира // Вопросы антропологии, 1970. Вып. 36. С. 32–54.

Негашева М.А. Основы антропометрии. М: ЭконИнформ, 2017. 216 с.

Руднев С.Г., Анисимова А.В., Синдеева Л.В., Задорожная Л.В., Лукина С.С., Малахина А.В., Вашура А.Ю., Цейтлин Г.Я., Година Е.З. Методические вопросы изучения вариаций подкожного жира: сравнение различных типов калиперов // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2017. № 3. С. 4–26.

Смирнова Н.С., Шагурина Т.П. Методика антропометрических исследований / Волков-Дубровин В.П., Гудкова Л.К., Павловский О.М., Смирнова Н.С. Методика морфофизиологических исследований в антропологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. С. 4–43.

Сведения об авторах

Пермякова Екатерина Юрьевна, к.б.н.,
e-mail: ekaterinapermyakova@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-6490-4004;

Сипатрова Анастасия Григорьевна,
e-mail: ana-villiss@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0003-3679-1898;

Година Елена Зиновьевна, д.б.н.,
e-mail: egodina11@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-0692-420X;

Анисимова Анна Викторовна, e-mail:
anna.anisimova@anthropos.msu.ru,
ORCID ID: 0000-0003-4584-4867;

Задорожная Людмила Викторовна, к.б.н.,
e-mail: tumla@rambler.ru,
ORCID ID: 0000-0002-3143-3226;

Хомякова Ирина Анатольевна, к.б.н.,
e-mail: irina-khomyakova@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0002-2811-2034;

Зубко Александр Владимирович, к.м.н.,
e-mail: zalexandrae@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0001-8958-1400;

Руднев Сергей Геннадьевич, к.ф.-м.н.,
e-mail: rdnv2019@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-5437-8429.

Поступила в редакцию 04.05.2021,
принята к публикации 13.07.2021.

Permiakova E.Yu.¹⁾, Sipatrova A.G.¹⁾, Godina E.Z.¹⁾, Anisimova A.V.²⁾,
Zadorozhnaya L.V.²⁾, Khomyakova I.A.²⁾, Zubko A.V.¹⁾, Rudnev S.G.¹⁾

¹⁾ *Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of
Ministry of Health of the Russian Federation,
Dobrolyubova str., 11, 127254 Moscow, Russia;*

²⁾ *Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology,
Mokhovaya str., 11, 125009 Moscow, Russia*

ON THE QUALITY OF SKINFOLD MEASUREMENTS USING SKINFOLD AND SLIDING CALIPERS

Introduction. *Interpopulation comparisons of skinfold data depend to a certain extent on the type of the instruments used. We aimed to assess the comparability and reproducibility of the results of skinfold measurements by various types of skinfold calipers and sliding caliper.*

Materials and methods. *A comparative study of the calipers GPM (DKSH, Switzerland), Holtain (Holtain Ltd, Great Britain), the caliper designed by V.E. Deryabin, and the sliding caliper GPM (Martin type) was carried out by the four measurers. The study was conducted using a metal caliper checking gauge GPM, a 'sandwiches' of soft silicone rubber kSil™ GP250 (Silicon Engineering, UK), as well as by measurements of subscapular, triceps, suprailiac, and calf skinfolds utilized in the Heath-Carter somatotype assessment scheme, in 20 adult volunteers (10 women and 10 men).*

Results and discussion. *When measuring the caliper checking gauge, the V.E. Deryabin's and the sliding caliper were accurate, the caliper GPM slightly underestimated (by 0.2 mm), and the caliper Holtain overestimated the exact values (by 0.4-0.6 mm). When measuring 'sandwiches' of silicone rubber, the GPM and Holtain calipers showed small but statistically significant differences between measurers (up to 1.4 mm), and for the V.E. Deryabin's caliper, these differences were more pronounced (up to 5 mm). With a sufficiently high reproducibility of skinfold data, the mean values of their total thickness for the GPM and Holtain calipers differed significantly, and for the V.E. Deryabin and GPM calipers, there were no significant differences. The measurement data using the sliding caliper were consistent with those for the Holtain caliper but showed the largest variation of data between measurers: the maximal difference of the total skinfold thickness averages was 5.2 mm and 7.1 mm in the female and male subgroups, respectively, or 10-14% of the total averages.*

Conclusion. *The results obtained support the need for mutual comparison of skinfold calipers and control of technical measurement errors to ensure data comparability. Cross-calibration of skinfold calipers is a necessary procedure that should precede the anthropometric study. When measured by an experienced anthropologist, the technical error of measuring skinfolds with a sliding caliper can be reduced, but this instrument is not recommended for training and subsequent use for skinfold measurements due to the high risk of obtaining inconsistent data.*

Keywords: *biological anthropology, human morphology, anthropometry, comparative study of the calipers, measurement errors*

References

- Bruevich N.G., Golinkevich T.A. Nadezhnost' [Reliability]. In: *Bolshaya Sovetskaya Entsiklopediya* [The Big Soviet Encyclopedia], 2021. Available at: <https://russbse.slovaronline.com/51436>. Accessed 04.03.2021. (In Russ.).
- Bunak V.V. *Antropometriya* [Anthropometry]. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1941. 368 p. (In Russ.).
- Deryabin V.E. O szhimaemosti zhirovoi skladki [On the skinfold compressibility]. *Voprosy antropologii* [Anthropology Bulletin], 1973, 44, pp. 127–135. (In Russ.).
- Zhukov S.V., Korolyuk E.G., Rybakova M.V., Petrov V.P., Shchablinin O.V. Razrabotka ustrojstva dlya otsenki tolshchiny kozhnoi skladki u rebyonka v usloviyah massovogo profilakticheskogo osmotra [Development of the device for an assessment of skinfold thickness of a child under the conditions of mass routine inspection]. *Innovacii v nauke* [Innovation in science], 2015, 41, pp. 155–160. (In Russ.).
- Kuchma V.R. *Gigiena detei i podrostkov* (2-e izdanie, ispravl. i dop.) [Hygiene of children and adolescents (2nd edition, revised and updated)]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015. 528 p. (In Russ.).
- Lutovinova N.Yu., Utkina M.I., Chtetsov V.P. Metodicheskie problemy izucheniya variacij podkozhnogo zhira [Methodological issues of studying variations in subcutaneous fat]. *Voprosy antropologii* [Anthropology Bulletin], 1970, 36, pp. 32–54. (In Russ.).
- Negasheva M.A. *Osnovy antropometrii* [Anthropometry basics]. Moscow, Ekon-Inform Publ., 2017, 216 p. (In Russ.).
- Rudnev S.G., Anisimova A.V., Sineeveva L.V., Zadorozhnaya L.V., Lukina S.S., Malakhina A.V., Vashura A.Yu., Tseytlin G.Ya., Godina E.Z. Metodicheskie voprosy izucheniya variacij podkozhnogo zhira: sravnenie razlichnyh tipov kaliperov [Methodological issues of studying variations in subcutaneous fat: a comparison of different types of skinfold calipers]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23: Antropologiya], 2017, 3, pp. 4–26. (In Russ.).
- Smirnova N.S., Shagurina T.P. Metodika antropometricheskikh issledovanij [Anthropometric research methodology]. In: *Metodika morfofiziologicheskikh issledovanij v antropologii*. Eds. Volkov-Dubrovin V.P., Gudkova L.K., Pavlovskij O.M., Smirnova N.S. Moscow, MSU Publ., 1981. pp. 4–43. (In Russ.).
- Carter J.E.L., Heath B.H. *Somatotyping: development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 520 p.
- Chan D.F.Y., Li A.M., So H.K., Yin J., Nelson E.A.S. New skinfold-thickness equation for predicting percentage body fat in Chinese obese children. *HK J. Paediatr.*, 2009, 14 (2), pp. 96–102.
- Edwards D.A.W., Hammond W.H., Healy M.J.R., Tanner J.M., Whitehouse R.H. Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. *Br. J. Nutr.*, 1955, 9, pp. 133–143.
- Human biology. A guide to field methods*. (IBP Handbook, 9) Weiner J.S., Lourie J.A. (eds.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1969. 621 p.
- Keys A., Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol. Rev.*, 1953, 33 (3), pp. 245–325.
- Lohman T.G., Pollock M.L. Skinfold measurement: Which caliper? How much training? *J. Phys. Edu. Recreat. Dance*, 1981, 52 (1), pp. 27–29.
- Marfell-Jones M.J., Stewart A.D., De Ridder J.H. *International standards for anthropometric assessment*. Wellington: International Society for the Advancement of Anthropometry, 2012. 131 p.
- Mueller W.H., Martorell R.T., Lohman T., Roche A.F., Martorell R. *Reliability and accuracy of measurement*. In: *Anthropometric standardization reference manual* / Lohman T., Roche A.F., Martorell R. (eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, 1988. pp. 83–86.
- Nagy P., Kovacs E., Moreno L.A., Veidebaum T., Tornaritis M., Kourides Y. et al., on behalf of the IDEFICS consortium. Percentile reference values for anthropometric body composition indices in European children from the IDEFICS study. *Int. J. Obes.*, 2014, 38 (2), pp. 15–25. DOI:10.1038/ijo.2014.131
- Norton K., Olds T. (Eds.) *Anthropometrica: a textbook of body measurements for sports and health courses*. Sydney: Univ. of South Wales Press, 2004. 413 p.
- Parizkova J., Roth Z. The assessment of depot fat in children from skinfold thickness measurements by Holtain (Tanner/Whitehouse) calipers. *Hum. Biol.*, 1972, 44 (4), pp. 613–620.
- Schmidt P.K., Carter J.E.L. Static and dynamic differences among five types of skinfold calipers. *Hum. Biol.*, 1990, 62 (3), pp. 369–388.
- Tanner J.M., Whitehouse R.H. Revised standards for triceps and subscapular skinfolds in British children. *Arch. Dis. Child.*, 1975, 50 (2), pp. 142–145.
- Tanner J.M., Whitehouse R.H. The Harpenden skinfold caliper. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1955, 13 (4), pp. 743–746. DOI:10.1002/ajpa.1330130413.
- Uljaszek S.J., Kerr D.A. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br. J. Nutr.*, 1999, 82 (3), pp. 165–177. DOI:10.1017/S0007114599001348
- Yavuz C.M., Özer B.K. Evaluation of upper arm muscle and fat area of children and adolescents from Ankara, Turkey. *Anthropol. Rev.*, 2020, 83 (2), pp. 197–208. <https://doi.org/10.2478/anre-2020-0014>.

Information about Authors

- Permiakova E.Yu., PhD,
e-mail: ekaterinapermyakova@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-6490-4004;
Sipatrova A.G., e-mail: ana-villiss@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0003-3679-1898;
Godina E.Z., PhD, DSci, e-mail: egodina11@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-0692-420X;
Anisimova A.V.,
e-mail: anna.anisimova@anthropos.msu.ru,
ORCID ID: 0000-0003-4584-4867;
Zadorozhnaya L.V., PhD, e-mail: mumla@rambler.ru,
ORCID ID: 0000-0002-3143-3226;
Khomyakova I.A., PhD,
e-mail: irina-khomyakova@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0002-2811-2034;
Zubko A.V., PhD, e-mail: zalexandrae@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0001-8958-1400;
Rudnev S.G., PhD, e-mail: rdnv2019@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-5437-8429.