



ВАЛИДАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА САГИТТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЗВОНОЧНИКА «SMARTPLAN BALANCE»*

В.Р. Захарин¹, О.Н. Леонова¹, Е.С. Байков¹, А.И. Кокорев¹, Л.Ю. Дарчия¹, Г.Е. Балычев¹, Д.В. Иванов²,
А.В. Доль², Л.В. Бессонов², А.В. Крутько¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

Цель исследования. Оценка меж- и внутриэкспертной надежности измерений позвоночно-тазовых параметров при помощи мобильного приложения «SmartPlan Balance».

Материал и методы. На постуральных рентгенограммах пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника измеряли следующие позвоночно-тазовые параметры: тазовый индекс (PI), наклон таза (PT), наклон крестца (SS), общий поясничный лордоз (LL) и нижний лордоз L₄–S₁ (LowLL). Измерения выполняли три эксперта при помощи мобильного приложения «SmartPlan Balance» и в десктопной программе Radiant DICOM Viewer. Произведено сравнение полученных значений, определенных мобильным приложением и компьютерной программой. Проводили расчет межэкспертной надежности измерений, полученных при использовании «SmartPlan Balance». После повторного измерения параметров «SmartPlan Balance» рассчитывали внутриэкспертную надежность для каждого эксперта.

Результаты. При сравнении последовательных измерений всех экспертов для каждого показателя каждым инструментом (Radiant DICOM Viewer и «SmartPlan Balance») статистически значимых различий не найдено ($p > 0,05$). Коэффициент корреляции Пирсона находился в диапазоне от 0,83 до 0,95 (PI: $r = 0,956$; PT: $r = 0,912$; SS: $r = 0,865$; GLL: $r = 0,943$; LowLL: $r = 0,839$) вне зависимости от конкретного эксперта или метода. Межэкспертная и внутриэкспертная надежность измерений приложением «SmartPlan Balance» имела отличную или хорошую надежность: наиболее стабильное и высокое значение индекса внутри- и межклассовой корреляции (ICC) определено у параметра LowLL (0,85–0,92), наименьшие значения согласованности ICC – у параметра PT (0,75–0,81).

Заключение. Измерения позвоночно-тазовых параметров с применением «SmartPlan Balance» имеют высокую надежность и воспроизводимость, сопоставимую со стандартной десктопной программой. Целесообразно использование мобильного приложения «SmartPlan Balance» в ежедневной практической деятельности каждого спинального хирурга, что особенно важно при планировании вмешательства, при интраоперационном измерении параметров, а также в случае анализа рентгенограмм на пленке.

Ключевые слова: сагиттальный баланс; позвоночно-тазовые взаимоотношения; мобильное приложение; программное обеспечение.

Для цитирования: Захарин В.Р., Леонова О.Н., Байков Е.С., Кокорев А.И., Дарчия Л.Ю., Балычев Г.Е., Иванов Д.В., Доль А.В., Бессонов Л.В., Крутько А.В. Валидация мобильного приложения для расчета сагиттальных параметров позвоночника «SmartPlan Balance» // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 2. С. 96–103.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.2.96-103>

VALIDATION OF THE SMARTPLAN BALANCE* MOBILE APPLICATION TO MEASURE SAGITTAL PARAMETERS OF THE SPINE

V.R. Zakharin¹, O.N. Leonova¹, E.S. Baikov¹, A.I. Kokorev¹, L.Yu. Darchia¹, G.E. Balychev¹, D.V. Ivanov², A.V. Dol², L.V. Bessonov², A.V. Krutko¹

¹National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia

²Saratov State University, Saratov, Russia

Objective. To assess the inter- and intra-expert reliability of measurements of spinopelvic parameters using the SmartPlan Balance mobile application.

Material and Methods. The following spinopelvic parameters were measured on postural radiographs of patients with degenerative spine diseases: pelvic index (PI), pelvic tilt (PT), sacral slope (SS), total lumbar lordosis (LL), and lower lordosis L₄–S₁ (LowLL). The measurements were performed by three experts using the SmartPlan Balance mobile application and the Radiant DICOM Viewer desktop program. The values obtained by the mobile application and by the computer program were compared. The inter-rater reliability of the measurements obtained using SmartPlan Balance was calculated. After repeated measurements of parameters using the SmartPlan Balance, the intra-rater reliability was calculated for each expert.

* Приложение доступно на платформе Android по QR-коду, приведенному в конце статьи.

* The application is available on the Android platform via the QR code provided at the end of the article.

Results. No statistically significant differences were found when comparing consecutive measurements of all experts for each parameter with each tool (Radiant DICOM Viewer and SmartPlan Balance); $p > 0.05$. The Pearson correlation coefficient ranged from 0.83 to 0.95 (PI: $r = 0.956$; PT: $r = 0.912$; SS: $r = 0.865$; GLL: $r = 0.943$; LowLL: $r = 0.839$) regardless of the specific expert or method. The inter- and intra-rater reliability of measurements by the SmartPlan Balance application had excellent or good reliability: the most stable and highest value of the intra- and interclass correlation index (ICC) was determined for the LowLL parameter (0.85–0.92), and the lowest ICC consistency values were found for the PT parameter (0.75–0.81).

Conclusion. Measurements of spinopelvic parameters using SmartPlan Balance demonstrate high reliability and reproducibility, comparable to the standard desktop program. The use of the SmartPlan Balance mobile application is recommended in the daily practice of each spine surgeon, particularly in surgical planning, intraoperative parameter measurements, and analysis of non-digital radiographs.

Key words: sagittal balance; spinopelvic relationships; mobile application; software.

Please cite this paper as: Zakharin VR, Leonova ON, Baikov ES, Kokorev AI, Darchia L Yu, Balychev GE, Ivanov DV, Dol AV, Bessonov LV, Krutko AV. Validation of the SmartPlan Balance mobile application to measure sagittal parameters of the spine. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(2):96–103. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.2.96-103>

Дегенеративные заболевания позвоночника характеризуются асимметричной потерей высоты межпозвоночных дисков, особенно в передних отделах, и гипертрофией фасеточных суставов, что приводит к сглаживанию поясничного лордоза и нарушению позвоночно-тазовых взаимоотношений [1]. С целью улучшения качества жизни пациентов данные взаимоотношения требуют хирургической коррекции [2]. Для оценки объема необходимой коррекции параметры сагиттального баланса должны в обязательном порядке рассчитываться для каждого пациента на этапе предоперационного планирования, а также в раннем и позднем послеоперационных периодах для объективизации достигнутых результатов и оценки динамики [3].

В настоящее время рентгенограммы в подавляющем большинстве случаев записываются не на пленку, а на электронный носитель. Цифровизация в медицине привела к созданию компьютерных программ для просмотра рентгенограмм («Radiant Dicom Viewer», PACS, Surgimar и т.д.), каждая из которых дает возможность построения различных углов, значительно ускоряя процесс анализа сагиттального баланса позвоночника по сравнению с измерениями на пленке вручную. Данные программы являются точным, достоверным и общепринятым методом расчета рентгенологических параметров [4]. Однако у компьютерных программ есть один значительный минус: они не могут

быть использованы для интраоперационного расчета рентгенологических параметров на экране монитора.

Принимая во внимание активное внедрение смартфонов в ежедневную клиническую работу врача [5], в том числе и в спинальной хирургии [6, 7], мы разработали мобильное приложение для более удобного, быстрого и, самое главное, интраоперационного расчета параметров сагиттального баланса. «SmartPlan Balance» – приложение для смартфона для измерения и прогнозного расчета параметров сагиттального баланса позвоночно-тазового комплекса. С помощью приложения можно измерять основные (PI, SS, PT, LL) и дополнительные параметры сагиттального баланса (SCA, SSA, Lordosis C₂–C₇, C₇ Slope, Occipito C₂), а также интегративный индекс расчета баланса (FBI). Все измерения сохраняются в базе данных.

Для внедрения приложения в повседневную практику вертебролога необходимо убедиться в его эквивалентности общепризнанным компьютерным программам с точки зрения точности расчета сагиттальных параметров.

Цель исследования – оценка меж- и внутриэкспертной надежности измерений позвоночно-тазовых параметров при помощи приложения «SmartPlan Balance».

Материал и методы

Основную выборку составили пациенты с дегенеративными заболе-

ваниями позвоночника разной степени выраженности. Произвольно были выбраны 30 субъектов, имеющих постуральные рентгенограммы. При выполнении постуральных рентгенограмм позвоночника для получения достоверных результатов крайне важно правильное положение пациента. Все постуральные рентгенограммы выполнены по следующему стандарту: пациент находится в положении стоя, коленные и тазобедренные суставы в нейтральном удобном положении. Руки согнуты в плечевых и локтевых суставах с расположением кистей на противоположных ключицах; стояние с опорой недопустимо. По рентгенограммам рассчитывали основные позвоночно-тазовые параметры: тазовый индекс (Pelvic Incidence, PI), наклон таза (Pelvic Tilt, PT), наклон крестца (Sacral Slope, SS), значения общего поясничного лордоза L₁–S₁ (LL) и нижнего лордоза L₄–S₁ (LowLL).

Измерения проводили в мобильном приложении «SmartPlan Balance» и в компьютерной программе для просмотра рентгенограмм «Radiant DICOM Viewer» [8].

Расчет параметров в мобильном приложении «SmartPlan Balance» выполняли по следующему алгоритму: первый этап – размещали верхний край смартфона параллельно замыкательной пластине S₁, второй этап – размещали боковую границу смартфона на линии между центром S₁ и центром соответствующей головки бедренной кости, третий этап –

размещали верхний край смартфона параллельно замыкательной пластине L₁. После каждого этапа на смартфоне нажимали кнопку подтверждения положения. После всех этапов программа автоматически анализирует сагиттальный баланс (рис. 1). Расчет параметров в программе «Radiant DICOM Viewer» осуществляли стандартно (рис. 2) [9].

Измерение всей серии рентгенограмм проводили три врача-вертебролога (эксперта), имеющие опыт работы не менее пяти лет.

Сначала проводили обучение экспертов измерению позвоночно-тазовых параметров, в ходе которого достигнута межэкспертная согласованность результатов $\geq 0,80$ по меньшей мере для 10 субъектов, не входящих в основную выборку. Разногласия по измеряемым значениям были урегулированы путем обсуждения и консенсуса.

Для определения межэкспертной надежности три эксперта независимо друг от друга проводили измерение параметров субъектов основной выборки при помощи приложения «SmartPlan Balance». Для определения внутриэкспертной надежности те же три эксперта повторяли свои измерения субъектов основной выборки при помощи приложения «SmartPlan Balance» через две недели.

Статистический анализ. Проверку исходных данных на нормальность (нормальное распределение) осуществляли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Распределение непрерывных и дискретных количественных переменных в выборке представлены как среднее и стандартное отклонение ($M \pm SD$). Для определения силы и направления линейной связи между двумя непрерывными переменными использовали коэффициент корреляции Пирсона (0,75–1,00 – очень высокая; 0,50–0,74 – высокая; 0,25–0,49 – средняя; 0,00–0,24 – слабая). Для расчета меж- и внутриэкспертной надежности измерений параметров сагиттального баланса позвоночника использовали коэффициент внутри- и межклассо-



Рис. 1

Пример расчета основных позвоночно-тазовых параметров в приложении «SmartPlan Balance»

вой корреляции (ICC). Для определения статистической значимости различий средних величин применяли t-критерий Стьюдента. Нулевую гипотезу в статистических тестах отклоняли при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты

Проводили сравнение измерений позвоночно-тазовых параметров (PI, PT, SS, LL, LowLL), определенных при помощи «SmartPlan Balance» и «Radiant DICOM Viewer» (табл. 1).

Указанные позвоночно-тазовые параметры, определенные «SmartPlan Balance» и «Radiant DICOM Viewer», имели сопоставимые значения ($p > 0,05$).

Показано, что значения параметров, полученные «SmartPlan Balance» и «Radiant DICOM Viewer», имеют сильную положительную ассоциацию между собой (табл. 2).

Коэффициент корреляции Пирсона находился в диапазоне от 0,83 (значение LowLL) до 0,95 (значение PI), вне зависимости от конкретно-го эксперта или метода, что говорит



Рис. 2

Пример расчета основных позвоночно-тазовых параметров в программе «Radiant DICOM Viewer»: рассчитаны параметры PI, PT, SS с применением инструмента «Angle»; параметр LL рассчитан с помощью инструмента «Cobb angle»

Таблица 1

Средние значения и стандартные отклонения параметров сагиттального баланса

Параметр	Radiant DICOM Viewer	SmartPlan Balance	p-value
PI	55,1 ± 13,7	53,8 ± 12,0	0,12
PT	20,1 ± 8,7	23,7 ± 8,2	0,08
SS	34,3 ± 6,9	30 ± 7,2	0,21
GLL	46,7 ± 12,4	49,4 ± 10,5	0,67
LowLL (L ₄ –S ₁)	24,7 ± 10,0	25,4 ± 9,7	0,07

Таблица 2

Ассоциация значений позвоночно-тазовых параметров, определенных «SmartPlan Balance» и «Radiant DICOM Viewer»

Параметр	Коэффициент корреляции Пирсона (r)	Степень согласованности	Сила связи
PI	0,956	Очень высокая согласованность	Очень сильная
PT	0,912	Очень высокая согласованность	Очень сильная
SS	0,865	Высокая согласованность	Очень сильная
GLL	0,943	Очень высокая согласованность	Очень сильная
LowLL (L ₄ –S ₁)	0,839	Высокая согласованность	Сильная

Таблица 3

Коэффициент внутри- и межклассовой корреляции (3,1) для расчета внутриэкспертной надежности по каждому эксперту

Параметр	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Надежность
PI	0,9123	0,8567	0,9234	Отличная
PT	0,7890	0,7543	0,8123	Хорошая
SS	0,9012	0,8678	0,9345	Отличная
GLL	0,8765	0,9123	0,8901	Хорошая
LowLL (L ₄ –S ₁)	0,9234	0,8567	0,9012	Отличная

Таблица 4

Коэффициент внутри- и межклассовой корреляции (2,1) для расчета межэкспертной надежности

Параметр	ICC	Надежность
PI	0,8765	Хорошая
PT	0,8123	Хорошая
SS	0,9012	Отличная
GLL	0,8901	Хорошая
LowLL (L ₄ –S ₁)	0,9234	Отличная

о сильной взаимосвязи параметров между двумя способами измерения.

При расчете внутриэкспертной надежности измерений позвоночно-тазовых параметров при использовании приложения «SmartPlan Balance» был рассчитан коэффициент ICC для каждого эксперта (табл. 3).

Значение ICC варьировало от 0,75 (PT у эксперта 2) до 0,93 (SS у эксперта 3), что свидетельствует о хорошей и отличной надежности измерений в зависимости от параметра. Наиболее стабильное и высокое значение ICC определено у параметра LowLL (L₄–S₁) – 0,85–0,92, наиболее низкое значение ICC – у параметра PT (0,75–0,81) (рис. 3).

При расчете межэкспертной надежности измерений позвоночно-тазовых параметров при использовании приложения «SmartPlan Balance» был рассчитан коэффициент ICC: использовалась одна общая модель, учитывающая все измерения, выполненные каждым экспертом одновременно (табл. 4).

Все параметры имеют отличную и хорошую межэкспертную надежность (ICC > 0,81): наименьшие значения зарегистрированы у параметра PT (ICC = 0,81), наибольшее – у параметра LowLL (L₄–S₁; ICC = 0,92; рис. 4).

Обсуждение

Расчет фактических и теоретических параметров сагиттального баланса является неотъемлемой частью планирования хирургического вмешательства на позвоночнике. Планируя оперативное вмешательство на позвоночнике, мы всегда четко понимаем, какие параметры сагиттального баланса хотим получить в каждом конкретном случае. Оценить достаточность достигнутой коррекции позвоночно-тазовых взаимоотношений в ходе оперативного вмешательства до недавнего времени не представлялось возможным (оценка результатов оперативного лечения с точки зрения параметров баланса производилась в послеоперационном периоде на контрольных рентгенограммах).

На сегодняшний день внедрение приложений в медицине активно

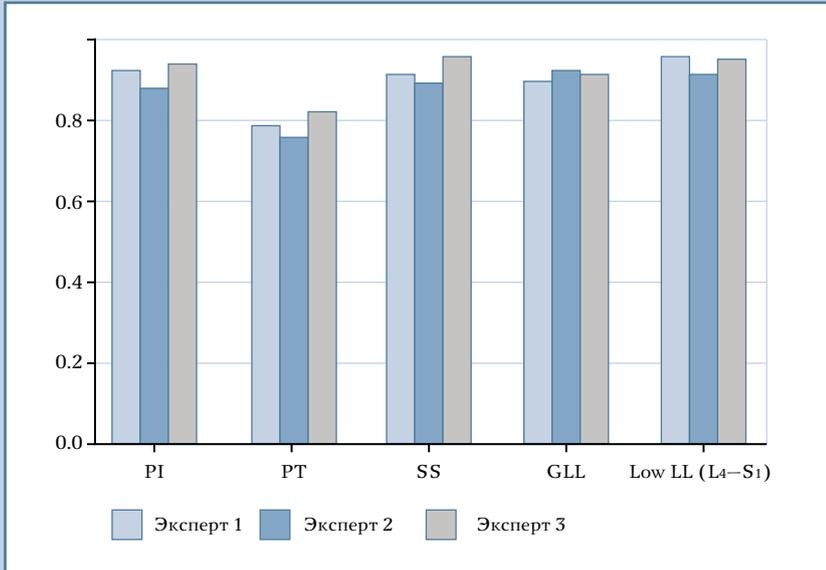


Рис. 3

Графическое изображение коэффициента внутри- и межклассовой корреляции (3,1) для расчета внутриэкспертной надежности

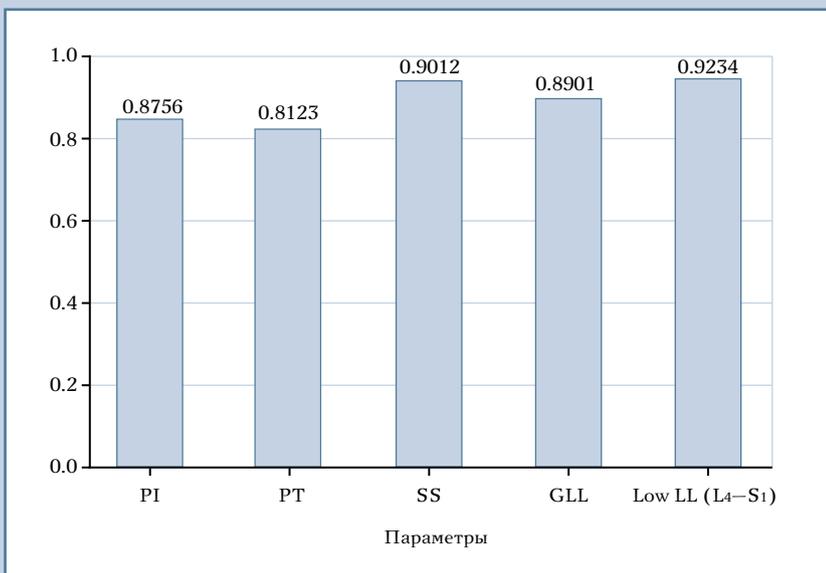


Рис. 4

Графическое изображение коэффициента внутри- и межклассовой корреляции (2,1) для расчета межэкспертной надежности

развивается. Помимо электронных учебников и гайдлайнов, появляется все больше узконаправленных приложений, предназначенных для врачей конкретной специализации. Так,

например, Meng et al. [10] пришли к выводу, что смартфон эквивалентен транспортеру с точки зрения точности измерения угла вальгусной деформации первого пальца стопы. Смарт-

фоны также успешно применяются в вертебрологии для измерения углов Cobb при идиопатическом сколиозе у подростков [11], а также в кинезиологии для динамической оценки степени ротации позвонков грудного отдела при повороте туловища [12].

Отечественная группа авторов создала мобильное приложение «SmartPlan Balance», которое позволяет оценивать параметры сагиттального баланса непосредственно в операционной с помощью смартфона на экране ЭОП, что является огромным плюсом по сравнению с известными и общепринятыми компьютерными программами просмотра рентгенограмм. Приложение «SmartPlan Balance» является доработанной и улучшенной версией приложения «СпиноМетр». В отличие от прототипа, доработанная версия способна измерять фактические параметры сагиттального баланса, а также целевые значения с учетом возраста пациентов.

В данном исследовании мы продемонстрировали полную сопоставимость измерений, полученных с помощью вышеописанного мобильного приложения и стандартного стационарного программного обеспечения для просмотра рентгенограмм: различия значений позвоночно-тазовых параметров незначимы. Схожее исследование было проведено при сравнении результатов измерений сагиттальных параметров с помощью мобильного приложения «СпиноМетр» и компьютерной программы «SurgiMap» [13], авторы доложили о полной сопоставимости измерений двумя инструментами. Другое схожее исследование было проведено при сравнении зарубежного мобильного приложения «Sagittalmeter Pro» и десктопной программы «PACS» [7], авторы заключают о полной эквивалентности измерений двумя программами. Несмотря на сопоставимые результаты, «Sagittalmeter Pro» имеет существенный минус – приложение не сохраняет проведенные ранее исследования. Этого недостатка лишено приложение «SmartPlan Balance»: есть возможность вводить иденти-

фикационные данные для каждого исследуемого пациента. Все результаты хранятся в базе данных, которую при необходимости можно выгрузить на компьютер в виде таблицы.

В текущем исследовании мы подтвердили отличную и хорошую меж- и внутриэкспертную согласованность при измерении «SmartPlan Balance» по всем исследуемым позвоночно-тазовым параметрам, что говорит о высокой надежности и воспроизводимости результатов. Следует отметить, что наименьшая надежность была определена при измерении параметра РТ (внутриэкспертная надежность – 0,78, межэкспертная надежность – 0,81). Этому есть достаточно простое объяснение: в приложении «SmartPlan Balance» параметр РТ рассчитывается как разность между РІ и SS, что следует из геометрических соображений. Таким образом, при его расчете в приложении «SmartPlan Balance» накапливается общая ошибка от измерения параметров РІ и SS.

При использовании других мобильных приложений также показана хорошая и отличная согласованность. Так, например, для «Sagittalmeter Pro» были получены отличные показатели межэкспертной надежности – от 0,84 до 0,93 [7]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что приложение «SmartPlan Balance» не уступает по своим техническим характеристикам, а в ряде случаев и превосходит аналоги.

Мы находим для себя ряд преимуществ при работе с приложением «SmartPlan Balance»: во-первых, оно простое в использовании и быстро выдает результат измерений, а во-вторых, это высоконадежный, легкодоступный инструмент, который можно использовать в любых условиях, в том числе в операционной.

Дополнительными преимуществами использования приложения «SmartPlan Balance» являются расчет теоретических (целевых) параметров сагиттального баланса позвоночника для конкретного пациента, хранение результатов измерений в памяти мобильного телефона и возможность выгрузки данных в виде таблицы, измерение параметров вне зависимости от освещенности и без использования камеры телефона, наличие справочника по параметрам сагиттального баланса, наличие пошаговых подсказок для каждого параметра и интуитивно понятный интерфейс. Приложение можно скачать по представленному ниже QR-коду (доступно на платформе Android).

Заключение

Измерения позвоночно-тазовых параметров с применением «SmartPlan Balance» имеют высокую надежность и воспроизводимость, сопоставимую со стандартной десктопной программой. Целесообразно использование

мобильного приложения «SmartPlan Balance» в ежедневной практической деятельности каждого спинального хирурга, что особенно важно при планировании вмешательства, при интраоперационном измерении параметров, а также в случае анализа рентгенограмм на пленке.

Кроме того, данное приложение является первым и единственным на сегодняшний день отечественным приложением для расчета сагиттальных параметров позвоночника. Из-за широкого применения смартфонов в повседневной жизни, в том числе в медицине, мы считаем данное приложение полезным дополнением в арсенал вертебролога.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.



Литература/References

1. **Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A.** Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J.* 2019;28:1889–1905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1
2. **Johnson RD, Valore A, Villaminar A, Comisso M, Balsano M.** Sagittal balance and pelvic parameters – a paradigm shift in spinal surgery. *J Clin Neurosci.* 2013;20:191–196. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.05.023
3. **Diebo BG, Henry J, Lafage V, Berjano P.** Sagittal deformities of the spine: factors influencing the outcomes and complications. *Eur Spine J.* 2014;24 Suppl 1:S3–S15. DOI: 10.1007/s00586-014-3653-8
4. **Wu W, Liang J, Du Y, Tan X, Xiang X, Wang W, et al.** Reliability and reproducibility analysis of the Cobb angle and assessing sagittal plane by computer-assisted and manual measurement tools. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:33. DOI: 10.1186/1471-2474-15-33
5. **Al-Hadithy N, Gikas PD, Al-Nammari SS.** Smartphones in orthopaedics. *Int Orthop.* 2012;36:1543–1547. DOI: 10.1007/s00264-012-1527-4
6. **Jacquot F, Charpentier A, Khelifi S, Gastambide D, Rigal R, Sautet A.** Measuring the Cobb angle with the iPhone in kyphoses: A reliability study. *Int Orthop.* 2012;36:1655–1660. DOI: 10.1007/s00264-012-1579-5
7. **Lee JB, Kim IS, Lee JJ, Park JH, Cho CB, Yang SH, Sung JH, Hong JT.** Validity of a smartphone application (Sagittalmeter Pro) for the measurement of sagittal balance parameters. *World Neurosurg.* 2019;126:e8–e15. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.242
8. **RadiAnt Dicom Viewer.** [Electronic resource]. Available at: <https://www.radiant-viewer.com>
9. **Крутько А.В.** Сагиттальный баланс. Гармония в формулах. Новосибирск. 2016. [Krutko AV. Sagittal Balance. Harmony in Formulas. Novosibirsk, 2016].
10. **Meng HZ, Zhang WL, Li XC, Yang MW.** Radiographic angles in hallux valgus: Comparison between protractor and iPhone measurements. *J Orthop Res.* 2015;33:1250–1254. DOI: 10.1002/jor.22872

11. **Allam Y, El-Fiky T, Farghally MY, Al-Sabagh S, Siam AE.** Comparison between Oxford Cobbmeter and digital Cobbmeter for measurement of Cobb angle in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2016;25:444–449.
DOI: 10.1007/s00586-015-4162-0
12. **Furness J, Schram B, Cox AJ, Anderson SL, Keogh J.** Reliability and concurrent validity of the iPhone® Compass application to measure thoracic rotation range of motion (ROM) in healthy participants. *PeerJ.* 2018;6:e4431. DOI: 10.7717/peerj.4431
13. **Иванов Д.В., Кириллова И.В., Коссович Л.Ю., Лихачев С.В., Полиенко А.В., Харламов А.В., Шульга А.Е.** Сравнительный анализ мобильного приложения для измерения параметров сагиттального баланса «СпиноМетр» с системой SurgiMap: апробация межэкспертной надежности // *Гений ортопедии.* 2021. Т. 27, № 1. С. 74–79. [Ivanov DV, Kirillova IV, Kossovich LYu, Likhachev SV, Polienko AV, Kharlamov AV, Shulga AE. Comparative analysis of the SpinoMeter mobile application and Surgimap system for measuring the sagittal balance parameters: inter-observer reliability test. *Genij Ortopedii.* 2021;27(1):74–79].
DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-74-79

Адрес для переписки:

Захарин Виталий Романович
Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9,
НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова,
zakhvit@gmail.com

Address correspondence to:

Zakharin Vitaly Romanovich
National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics
n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia,
zakhvit@gmail.com

Статья поступила в редакцию 09.02.2025

Рецензирование пройдено 04.03.2025

Подписано в печать 28.04.2025

Received 09.02.2025

Review completed 04.03.2025

Passed for printing 28.04.2025

Виталий Романович Захарин, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 2931-0703, ORCID: 0000-0003-1553-2782, zakhvit@gmail.com;

Ольга Николаевна Леонова, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, LeonovaON@cito-priorov.ru;

Евгений Сергеевич Байков, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Evgen-bajko@mail.ru;

Алексей Иванович Кокорев, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 7734-8476, ORCID: 0000-0002-5829-6372, KokorevAI@cito-priorov.ru;

Леван Юрьевич Дарвич, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 5262-9185, ORCID: 0000-0001-6645-3211, leo2000-ozu@mail.ru;

Глеб Евгеньевич Бальчев, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 9647-8748, ORCID: 0000-0001-7884-6258, balichev.gleb@gmail.com;

Дмитрий Валерьевич Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры математической теории упругости и биомеханики Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, Россия, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, eLibrary SPIN: 4459-1094, ORCID: 0000-0003-1640-6091, Ivanovdv.84@yandex.ru;

Александр Викторович Доль, д-р физ.-мат. наук, доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, Россия, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, eLibrary SPIN: 3881-2302, ORCID: 0000-0001-5842-1615, dolav86@yandex.ru;

Леонид Валентинович Бессонов, д-р физ.-мат. наук, доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, Россия, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, eLibrary SPIN: 9022-8177, ORCID: 0000-0002-5636-1644, bessonov@sgu.ru;

Александр Владимирович Крутько, д-р мед. наук, врач-нейрохирург, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru.

Vitaly Romanovich Zakharin, MD, PhD, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 2931-0703, ORCID: 0000-0003-1553-2782, zakhvit@gmail.com;

Olga Nikolayevna Leonova, MD, PhD, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, LeonovaON@cito-priorov.ru;

Evgeny Sergeevich Baikov, MD, PhD, neurosurgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane,

Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Evgen-bajk@mail.ru;

Alexey Ivanovich Kokorev, MD, PhD, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 7734-8476, ORCID: 0000-0002-5829-6372, KokorevAI@cito-priorov.ru;

Levan Yuryevich Darchia, MD, PhD, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 5262-9185, ORCID: 0000-0001-6645-3211, leo2000-ozu@mail.ru;

Gleb Evgenyevich Balychev, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 9647-8748, ORCID: 0000-0001-7884-6258, balychev.gleb@gmail.com;

Dmitry Valeryevich Ivanov, DSc in Physics and Mathematics, Professor of Department of Mathematical Theory of Elasticity and Biomechanics, Saratov State University, 83 Astrakbanskaya str., Saratov, 410012, Russia, eLibrary SPIN: 4459-1094, ORCID: 0000-0003-1640-6091, Ivanovdv.84@ya.ru;

Aleksandr Viktorovich Dol, DSc in Physics and Mathematics, Associate Professor of Department of Mathematical Theory of Elasticity and Biomechanics, Saratov State University, 83 Astrakbanskaya str., Saratov, 410012, Russia, eLibrary SPIN: 3881-2302, ORCID 0000-0001-5842-1615, dolav86@yandex.ru;

Leonid Valentinovich Bessonov, DSc in Physics and Mathematics, Associate Professor of Department of Mathematical Theory of Elasticity and Biomechanics, Saratov State University, 83 Astrakbanskaya str., Saratov, 410012, Russia, eLibrary SPIN: 9022-8177, ORCID: 0000-0002-5636-1644, bessonov@sgu.ru;

Aleksandr Vladimirovich Krutko, DMSc, neurosurgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru.