



УДК 612.88 + 007.51

EDN ERJBTZ

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-26-40>

Тест «лимита стабильности» вертикальной позы человека на стабилотоме

О. В. Кубряк ¹

¹ Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
111250, Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

Сведения об авторе

Олег Витальевич Кубряк, SPIN-код: 4789-2893, Scopus AuthorID: 14042079400, ResearcherID: D-1303-2013, ORCID: 0000-0001-7296-5280, e-mail: KubriakOV@mpei.ru

Для цитирования: Кубряк, О. В. (2025) Тест «лимита стабильности» вертикальной позы человека на стабилотоме. *Интегративная физиология*, т. 6, № 1, с. 26–40. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-26-40> EDN ERJBTZ

Получена 11 февраля 2025; прошла рецензирование 3 марта 2025; принята 5 марта 2025.

Финансирование: Исследование не имело финансовой поддержки.

Права: © О. В. Кубряк (2025). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. Исследование регуляции вертикальной позы человека имеет важное значение для научных исследований и клиники, особенно в контексте оценки баланса тела и риска падений. В последние десятилетия стабилотомы стали ключевым инструментом для объективизации в этой области. Однако их применение сопровождается рядом проблем, таких как отсутствие стандартизации приборов и методик, недостаточное метрологическое обеспечение и связанные с этим вопросы интерпретации результатов. Данный обзор подготовлен в стиле, близком к «integrative review», и направлен на поддержку методического обеспечения исследований постурального контроля, преодоление возможных искажений в этой области, призван способствовать повышению качества исследований. Фокус — на тест лимита стабильности (Limits of Stability Test), один из наиболее распространенных методов оценки границ управления равновесием при наклонах тела. Особое внимание уделено эволюции методик и технологий, а также современному состоянию вопроса. Несмотря на широкое использование стабилотом, существует множество вариаций теста, что затрудняет сопоставление данных и разработку единых нормативов. Рассматриваются технические особенности оборудования, влияние локальных подходов производителей и проблемы воспроизводимости результатов. Обсуждаются альтернативные методы, такие как тест функционального дотягивания (Functional Reach Test), и их сравнение с тестом лимита стабильности. В заключение делается вывод о необходимости стандартизации методик и формирования надежной нормативной базы для объективной оценки регуляции вертикальной позы. Предлагается объединить усилия для преодоления локальных подходов и повышения качества исследований в областях, связанных с контролем позы и движений.

Ключевые слова: тест лимита стабильности, опорные реакции, стабилотом, стабильограф, силовая платформа, вертикальная поза человека

The Limit of Stability: A test for assessing human upright posture control using stabilometry

O. V. Kubryak ¹

¹ National Research University 'Moscow Power Engineering Institute',
17 Krasnokazarmennaya Str., Moscow 111250, Russia

Author

Oleg V. Kubryak, SPIN: 4789-2893, Scopus AuthorID: 14042079400, ResearcherID: D-1303-2013, ORCID: 0000-0001-7296-5280, e-mail: KubriakOV@mpei.ru

For citation: Kubryak, O. V. (2025) The Limit of Stability: A test for assessing human upright posture control using stabilometry. *Integrative Physiology*, vol. 6, no. 1, pp. 26–40. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-26-40> EDN ERJBTZ

Received 11 February 2025; reviewed 3 March 2025; accepted 5 March 2025.

Funding: The study did not receive any external funding.

Copyright: © O. V. Kubryak (2025). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. The study of human vertical posture regulation holds significant importance for both scientific research and clinical practice, particularly in assessing balance control and fall risk. Stabilometric platforms have become a fundamental tool for objective evaluation in this field, yet their application faces several challenges. These include lack of standardization in equipment and methodologies, insufficient metrological support, and difficulties in result interpretation. This review focuses on the Limits of Stability Test, one of the most widely used methods for assessing balance control boundaries during body tilts. We examine the evolution of methodologies and technologies, along with the current state of research in this area. Despite the widespread use of stabilometric platforms, the field suffers from methodological heterogeneity that complicates data comparison and hinders the development of unified standards. The analysis covers technical aspects of the equipment, the influence of manufacturers' specific approaches, and challenges in reproducing results. We also discuss alternative methods such as the Functional Reach Test, comparing them with the Limits of Stability Test. The review emphasizes the critical need for methodological standardization and establishment of reliable normative frameworks for objective assessment of vertical posture regulation. We highlight the importance of collaborative efforts to overcome localized approaches and improve research quality in posture and movement control studies.

Keywords: Limits of Stability Test, support reactions, stabilometric platform, stabilograph, force plate, human vertical posture

Введение

Объективное исследование регуляции вертикальной позы человека по опорной реакции имеет в России давнюю историю — например, можно вспомнить применение «базометра» Н. А. Смолянского в 1940-х годах (Гурфинкель и др. 1965), хотя наиболее широко сегодня известны в качестве пионерских работы В. С. Гурфинкеля и его коллег. Однако по-настоящему масштабное применение стабиллоплатформ в стране началось гораздо позже, в начале 2010-х годов, с появлением порядков оказания помощи и стандартов оснащения лечебных учреждений, включающих устройства данного типа. Развитие приборного парка способствовало появлению массы тематических публикаций, диссертационных работ, различных описаний и рекомендаций выбора методик, тестов и их вариантов. Впервые проведенный нами комплексный анализ

применения стабиллоплатформ в России (Бабанов и др. 2019; Кубряк 2020; Кубряк, Кривошей 2016; Кубряк и др. 2023) выявил тренды развития этой области, корпус экспертов, представленные на рынке марки приборов, применяемые методики, а также мифы и недостатки. Поэтому здесь цитирование ряда собственных работ обусловлено фокусировкой, наличием собранных сведений и обобщений, актуализацией темы.

Присутствие мифов или мнение о них в, казалось бы, добротной изученной области регуляции вертикальной позы человека можно обнаружить не только в отдельных изобретениях (Крикленко, Кубряк 2018), но и в широко распространенных представлениях, например, о «нормальной осанке» (Barra-López 2024). Одной из причин недостатков в исследованиях на стабиллоплатформе являлись технические особенности приборов. Например, отсутствие аттестации в Государственной системе обеспечения

единства измерений препятствует стандартизации метода, надёжной воспроизводимости результатов и разработке физиологических нормативов. Варианты методологии касались представлений или интерпретаций узкой группы изобретателей и производителей (Крикленко, Кубряк 2018). То есть, вместе с продвижением марок приборов, продвигались и локальные взгляды на порядок проведения исследований и анализа результатов, которые были не всегда критично осмыслены (Кубряк и др. 2018) пользователями — наблюдалось явное влияние техники на науку (Кубряк 2020).

В этой связи, специально для журнала «Интегративная физиология», подготовлен ряд лекционно-методических работ, приближающихся к типу «integrative review» (de Souza et al. 2010). Особо отмечу, что серия включает источники разных лет, связана с личным опытом и, в какой-то мере, с «имплицитным знанием» (Collins 2010), что призвано обеспечить большую свободу изложения и обсуждения. Цель — способствовать преодолению излишне узкого, локального взгляда на важный метод исследования регуляции вертикальной позы человека и корректировке возможных искажений.

Серия касается часто упоминаемых в литературе и в рекомендациях тестов (методик) на стабилотроне — например, в представленных Союзом реабилитологов России в 2016 году клинических рекомендациях «Объективная оценка постуральной функции». Нередко различные тесты только обозначаются, а их описание, физиологический смысл и порядок выполнения неясны. Поэтому каждая статья будет посвящена одному типу тестов для оценки регуляции вертикальной позы человека на стабилотроне. Первая тема — о «тесте лимита стабильности» (Limits of Stability Test), который иногда ещё называют «тест предела устойчивости».

Определение и схема теста

Суть обычно понимаемого «теста лимита стабильности» заключается в объективной (количественной) оценке способности человека удерживать свой центр тяжести в «области равновесия» при наклонах туловища, так, чтобы не пришлось переступить или падать. *Общее определение:* инструментальный способ оценки границ управления равновесием при наклонах тела человека в разные стороны из вертикальной нормализованной стойки с заданным расположением стоп.

Предлагались разные варианты проведения подобной оценки. Отличия касались, например,

числа сторон и порядка выполнения наклонов, положения стоп, режима с открытыми или закрытыми глазами, наличия зрительной обратной связи, стояния на статичной или балансирующей платформе, положения рук и другое. Использовалось и используется для экспериментальных или клинических методик в разных странах, при этом, в более свежих работах — преимущественно с применением готовых программных решений в серийно выпускаемом оборудовании (примеры: Akbaş, İnanır 2025; Alahmari, Reddy 2024; Alshehri et al. 2025; Clark et al. 1997; Glave et al. 2016; Haworth et al. 2020; Horak et al. 2009; Hou et al. 2024; Lininger et al. 2018; Nashner, Cordo 1981; Pickerill, Harter 2011; Schieppati et al. 1994; Thomsen et al. 2017).

На рисунке 1 представлена условная схема для пояснения идеи и процедуры теста лимита стабильности.

Применяются разные типы измерителей, но, обычно на сегодня это статичная стабилотроне, что обусловлено и исходной конструкцией теста. Хотя в вариантах предлагают, например, тензостельки, качающуюся платформу или оптические датчики. В зависимости от того, какой тест под названием «теста лимита стабильности» предусмотрен производителем оборудования, конкретизированное определение (такое, чтобы в точности отражало порядок выполнения) может меняться. Например, наклоны могут выполняться на четыре стороны (4D) или восемь (8D), или обозначаться как «круговое движение». Или степень наклона может задаваться различным образом, включая зрительную обратную связь как на рисунке 1, или иначе. При этом для организации зрительной связи могут применять внешний монитор или стереошлем. Или — без зрительной связи. Иными словами, проблема сопоставления данных и соответствующей стандартизации теста «лимита стабильности» существует долгое время и полностью не преодолена (Miner et al. 2020; Nolf et al. 2024; Pickerill, Harter 2011).

Таким образом, для точного описания или определения «теста лимита стабильности», или при попытке проверки, или воспроизведения результатов, необходимо учитывать конкретную методику, которая должна быть тщательно описана.

Путь к тесту «лимита стабильности»

В основе — попытка оценить баланс сил, связанных с удержанием человеком позы или потерей равновесия. Предпосылки для теста «лимита стабильности» следует искать примерно с XVII века (рис. 2). Взгляд на человека

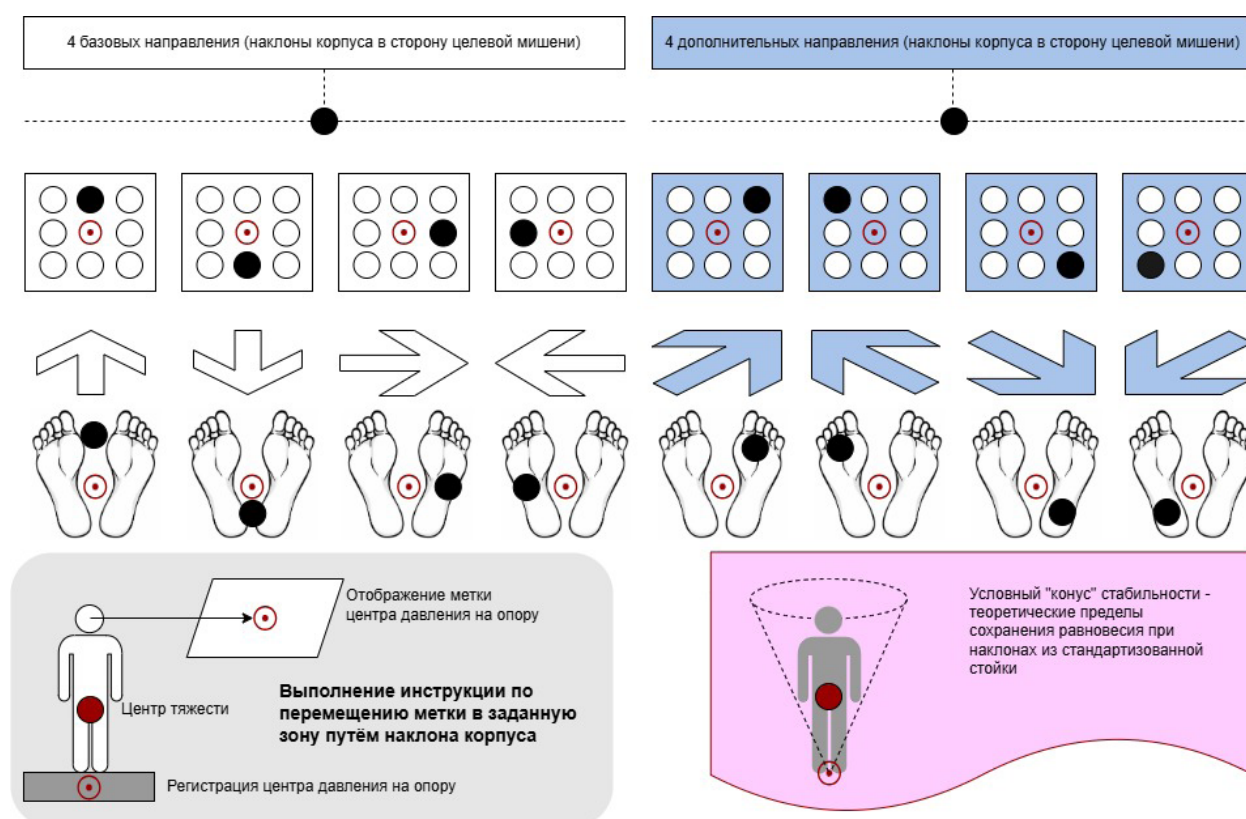


Рис. 1. Обобщенная условная схема вариантов теста лимита стабильности в вертикальной позе

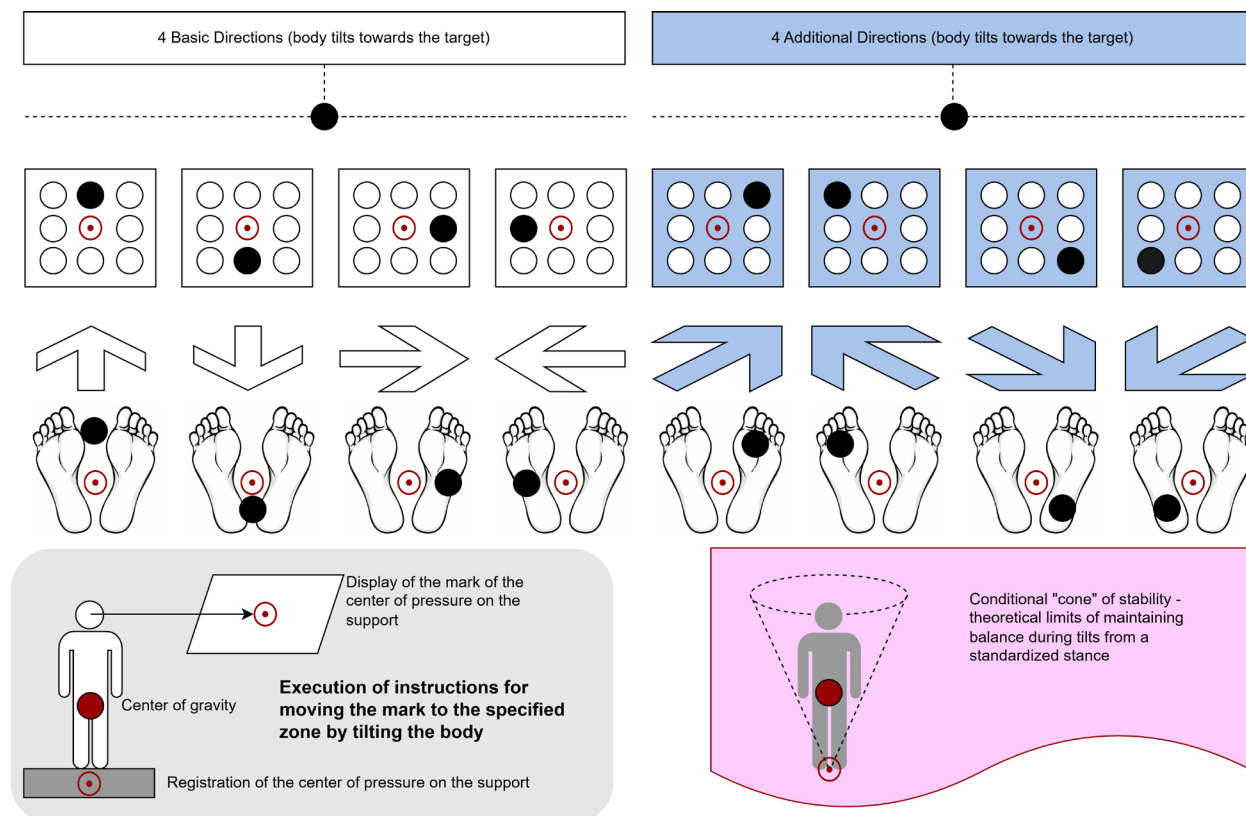


Fig. 1. Schematic representation of methodological variations in the Limits of Stability Test for upright posture assessment

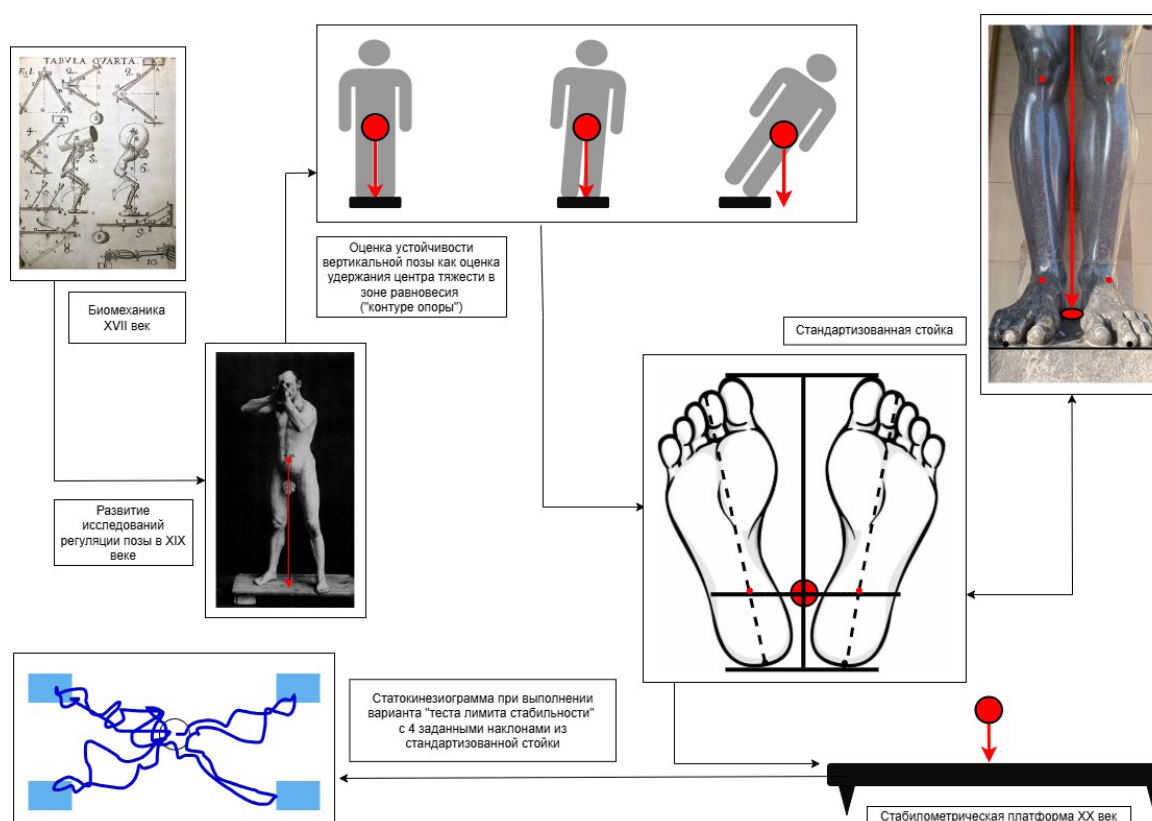


Рис. 2. Условная схема развития исследований устойчивости вертикальной позы человека к формированию современных вариантов «теста лимита стабильности». С использованием иллюстраций из работ Боррелли и Брауна и Фишера (Braune, Fischer 1985); пояснения в тексте

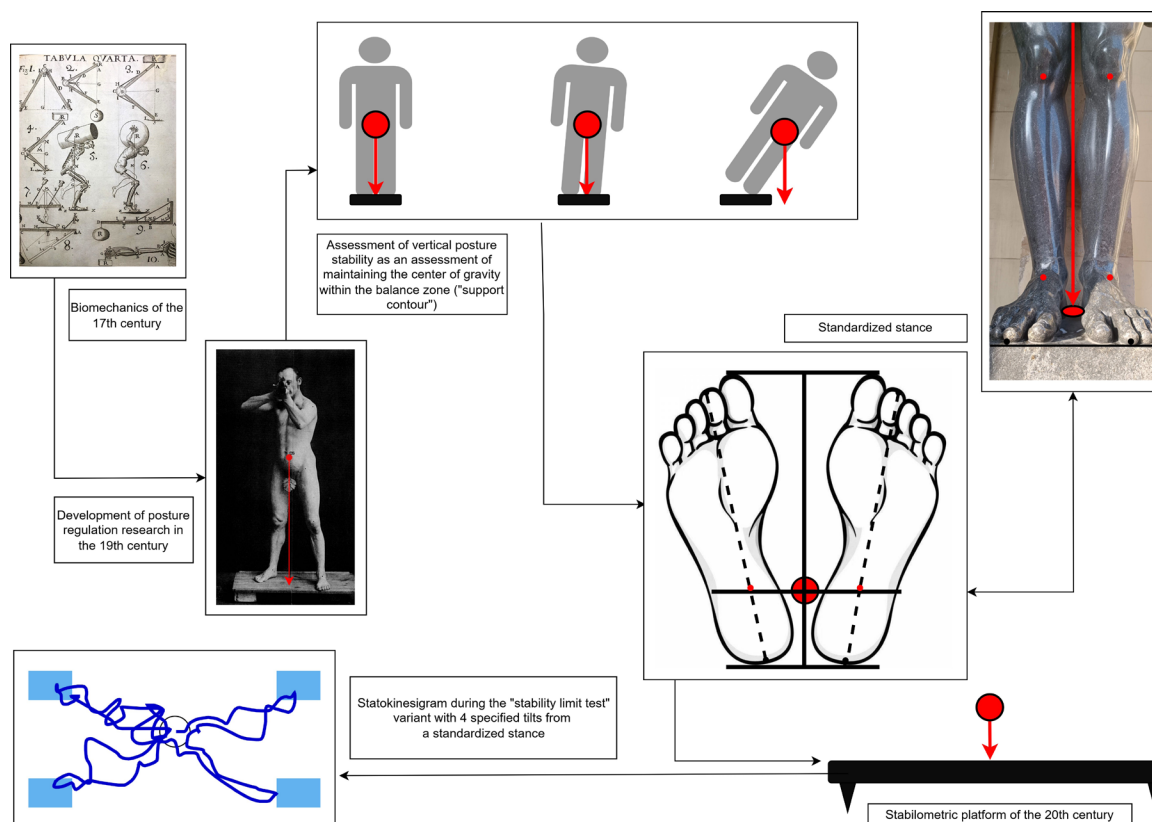


Fig. 2. Historical development of postural stability assessment methodologies culminating in contemporary Limits of Stability Test protocols. Illustrations taken from (Braune, Fischer 1985). See the text for explanations

как на систему рычагов и шарниров, позволил Боррелли применить физические расчёты для оценки движения и силы мышц (Piolanti et al. 2018; Pore 2005) — открыть как направление биомеханику и, возможно, физиологи движений. Отсюда только шаг до попыток оценить устойчивость вертикальной позы.

Различные наблюдения, наработки и находки многих учёных, накапливаясь, привели во второй половине XIX века к появлению более тонких представлений о регуляции движений и позы — физиологических. По причине ограниченности журнальной статьи пропустим сведения о многих русских и зарубежных учёных, чей труд способствовал появлению разнообразных методик, приспособлений и приборов. Прежде всего, связанных с исследованием поведения центра тяжести (Braune, Fischer 1985). Далее, в 1924 году, в своём главном труде «Установка тела» Магнус отмечал: «В неживой природе эта проблема сравнительно проста. Если знать положение центра тяжести по отношению к опорной плоскости, то этим уже решён вопрос, находится ли тело в равновесии и является ли это равновесие устойчивым или неустойчивым... У большинства же организмов и в особенности у высших животных эта проблема гораздо сложнее. Если попытаться поставить скелет человека на землю в вертикальном положении, то он просто упадёт... Поддержание положения тела и равновесия обуславливается и сохраняется афферентными возбуждениями, которые исходят от различных органов» (Магнус 1962). Данные представления соотносятся с отечественными системными теориями, например, теорией функциональных систем (Анохин 1968).

В XX веке работы В. С. Гурфинкеля и коллег во многом способствовали выделению исследований управления вертикальной позой в отдельную область («позную активность», «постурологию», «баланс тела», «постуральный контроль») (Ivanenko, Gurfinkel 2018) и также послужили базой и ориентиром для исследований и создания технологий Нэшнера и его коллег (Nashner 1971; 1972; Nashner, Cordo 1981). Обобщая предшествующий и личный опыт, Гурфинкель указывает на три подхода к определению устойчивости стояния: «1) Биомеханический, основанный на соотношении веса, роста и величины площади опоры. 2) Определение устойчивости как способности противостоять приложенным извне силам, нарушающим равновесие. 3) Определение устойчивости, базирующееся на учёте постоянных колебаний центра тяжести в условиях естественного удобного стояния» (Гурфинкель и др. 1965). При этом сам Гурфинкель тогда выделял

третий подход, называемый «стабилография». Не позже 1970-х годов появились образцы серийных стабилографов (стабилоплатформ) для клиники (Terekhov 1976).

Таким образом, примерно к 1980-м годам всё — теория и уровень развития технологий — было готово к появлению новых тестов для оценки устойчивости стояния, одним из которых стал «тест лимита стабильности».

Механизмы управления позой и «лимит стабильности»

Описаны разные концепции, которые призваны объяснить физиологические механизмы постурального контроля у человека (Duarte, Watanabe 2023; Ivanenko, Gurfinkel 2018). Наиболее развитые касаются системных теорий, которые хорошо соотносятся с приведенным выше пояснением Магнуса о роли «афферентных возбуждений». Например, Петерка и Локлин объясняют гибкость управления контролем позы (в различных условиях окружающей среды и в ответ на различные возмущения) механизмом сенсомоторной обратной связи, который не включает в себя предиктивный или прямой контроль и имеет относительно длительную задержку времени в 150–200 мс (Peterka, Loughlin 2004). При этом управление обратной связью представляется доминирующим фактором контроля позы. Тело человека в данной концепции моделируется как линейаризованный перевернутый маятник. Положение тела в пространстве определяется гравипептивной системой (подразумевается преимущественно вестибулярная сигнализация), а положение тела относительно ориентации стопы определяется проприоцептивной системой. Информация о скорости также используется посредством дифференциации измерений положения тела «нейронным контроллером». Каждый сенсорный канал включает шум, причем «шум гравипептивного канала в шесть раз больше шума проприоцептивного канала». Оценка внутренней ориентации обеспечивается взвешенной комбинацией гравипептивных и проприоцептивных вкладов («гипотезой сенсорного перевеса»). Следует отметить, что существуют представления о ключевой роли опорной афферентации (от стоп) — вклад И. Б. Козловской (Левик 2020).

Горак и соавторы описывают регуляцию баланса тела в виде прикладной модели из шести пересекающихся систем (Horak et al. 2009), каждой из которых присвоены названия: (1) «Биомеханические ограничения», (2) «Пределы устойчивости/Вертикальность»,

(3) «Предвосхищающие постральные коррек-
тировки», (4) «Постуральные реакции», (5) «Сен-
сорная ориентация», (6) «Устойчивость при
ходьбе». Тесты типа «лимита стабильности»
относятся ко второй. Достоинством такого
представления следует считать простоту, до-
ступность восприятия и наглядную связь с раз-
личными методиками оценки регуляции позы
и движений — для каждой из шести частей
предлагается группа специфических тестов.
Соответственно, модель часто используется
в качестве классификационной схемы для ха-
рактеристики новых тестов или состояний
пациентов (Lektip et al. 2024; Onuma et al. 2023).

В работах многих авторов были показаны
результаты влияния тем или иным образом
организованного изменения сенсорного обе-
спечения позы, включая легкие касания (Кожина
и др. 2017; Goar et al. 2025). Однако, согласно
концепции Петерки и Локлина, риск падения
увеличивается после любых изменений в окру-
жающей среде, поскольку это меняет доступные
центральной нервной системе сенсорно-ори-
ентационные сигналы, даже если это изменение
восстанавливает точную информацию об ори-
ентации тела. Наши собственные данные ука-
зывают на возможность как улучшения, так
и «перерегулирования» в управлении верти-
кальной позой при изменении параметров
зрительной обратной связи (Кубряк, Ковальчук
2024).

В пользу ключевой роли «сенсорных пере-
весов» в организации позы во время выполнения
теста «лимита стабильности» можно отнести,
например, сведения о связи формы индивиду-

ального опорного контура (в какую сторону
наклоняться легче) с устойчивостью позы (Tomita
et al. 2021), мнение о влиянии шейной проприо-
цепции (Karanfil et al. 2024; Reddy et al. 2023)
и другие. Влияние обучения на улучшение мо-
торного контроля, в том числе, отслеживаемое
с помощью теста «дотягивания» (Uchida et al.
2024), можно интерпретировать и как оптими-
зацию управления сенсорными потоками. В свою
очередь, центральная нервная система может
активировать различные группы двигательных
единиц в соответствии с задачей, например,
чтобы соответствовать требованиям к силе
и направлению наклона (Cohen et al. 2021; 2023).

Практический смысл и альтернативы

Различные способы оценки устойчивости,
созданные эмпирически и сходные по общему
назначению с «тестом лимита стабильности»,
использовались в практической медицине, ве-
роятно, очень давно. Близкой современной
альтернативой «тесту лимита стабильности»,
реализуемой без приборов, является «тест
функционального дотягивания» (Functional
Reach Test) (табл. 1). Введён в практику Дункан
с коллегами (Duncan et al. 1990), которые обо-
бщили практический опыт и провели исследова-
ния с применением стабилотомы и другой
аппаратуры, в результате чего обосновали новый
тест. Суть процедуры — вытягивание руки сто-
ящим человеком вдоль стены максимально
вперёд, без переступания из фиксированной
позиции стоп, где количественной оценкой
является длина отрезка между начальным

Табл. 1. Условное сравнение двух тестов

Характеристика	Limits of Stability Test	Functional Reach Test
Оборудование	Стабилотоме	Не требуется (линейка или рулетка)
Точность	Объективные измерения	Элемент субъективности
Направления оценки стабильности позы	В разные стороны	Только вперед
Сложность выполнения	Более сложная	Простая

Table 1. Comparative analysis of postural stability assessment methods:
Limits of Stability Test vs. Functional Reach Test

Parameter	Limits of Stability Test	Functional Reach Test
Equipment	Stabilometry platform	Basic tools (ruler/tape)
Accuracy	High-precision quantitative data	Subjective visual assessment
Directional assessment	Multi-directional	Unidirectional (anterior only)
Applicability	More complex	Easy

и финишным положением третьей пястной кости (кисть для измерения сжимается в кулак). Позже были предложены тесты с «дотягиванием» в разных направлениях, а также для нижних конечностей (Kattilakoski et al. 2023).

Практический смысл обоих тестов касается оценки «динамического равновесия», оценки риска падений. Хотя оба теста имеют похожее назначение, существуют мнения, что «тест функционального дотягивания» не выполняет или не в полной мере выполняет предназначение (Moriyama et al. 2022; Wernick-Robinson et al. 1999). «Тест функционального дотягивания» — это быстрый и простой клинический тест, который можно легко проводить в различных условиях. Однако для более солидных исследований, как правило, применяется стабилотформа, а также предпринимаются попытки объективизации «дотягивания» с помощью различных датчиков (Francisco et al. 2024).

То есть, развитие тестов и в целом новых технологий в биомедицинских областях базируется на доступной технической базе и движется в сторону большей объективизации и цифровизации (Song et al. 2025; Tandon et al. 2024).

Влияние обучения

При организации биологической обратной связи для теста на стабилотформе могут проявляться эффекты обучения (Kim et al. 2021; Summers et al. 2022). Рост доступности биологической обратной связи с самого начала обеспечил этой технологии большое внимание исследователей и врачей (Hamman et al. 1992), для моторного обучения (Shumway-Cook et al. 2023). Широкое применение тренингов на стабилотформе с биологической обратной связью демонстрирует наличие эффекта, что подразумевает и возможность обучения при проведении похожих на тренинги тестов. Для проведения тестов такого рода производители стабилотформ, как правило, сегодня рекомендуют провести предварительное обучение, чтобы исключить этот фактор в оценках результатов, если не стоит иная задача.

Процедура и оценка результатов

Тезисное описание процедуры (рис. 1), по типу пионерской разработки от Нэшнера с коллегами, существовавшей в 1984–2008 годы компании разработчика (Natus Medical Incorporated... 2008), во многом задавшей ориентир для других производителей:

- испытуемый (пациент) устанавливается на стабилотформе в стандартизированной стойке;
- на экране перед испытуемым отображается целевая зона, которую он должен достичь, смещая свой центр тяжести;
- испытуемому необходимо точно смещаться в восьми направлениях (вперёд, назад, в стороны и по диагоналям);
- тест оценивает, насколько далеко испытуемый может сместить центр тяжести, сохраняя равновесие.

Результаты теста типа «лимита стабильности» касаются, например, подобных характеристик:

- 1) процент максимального смещения общего центра давления в направлении цели при первой попытке — отражает начальную реакцию и способность достичь цели;
- 2) максимальное (достигнутое) смещение общего центра давления в процентах от теоретического предела стабильности;
- 3) процент точности движений в заданном направлении — показывает, насколько прямолинейно пациент движется к цели (учитываются отклонения от траектории);
- 4) время, необходимое для начала движения после появления целевой зоны (мишени);
- 5) средняя скорость смещения общего центра давления;
- 6) сравнение показателей для разных сторон.

Метрики сравниваются с «нормативными значениями» — оценивается, насколько близко испытуемый приближается к теоретическому пределу стабильности («лимит стабильности»). Пример трактовки — асимметрия может рассматриваться как дисбаланс в работе мышц или последствия травмы. В зависимости от выбранной теоретической базы трактовки могут отличаться (Кубряк 2020).

Ключевым вопросом для интерпретации результатов при данном подходе является разработка надёжных нормативов. Проблемы касаются уже упоминавшихся вопросов метрологии, стандартизации приборов и методик. Существуют нормативы, разработанные или заданные по каким-либо основаниям для той или иной системы (Nolff et al. 2024). При этом полностью не решены проблемы адекватности расчётных показателей сигналов от стабилотформы для проведения оценок — сравнений (Гроховский, Кубряк 2018). Иными словами, выбор приборов и технологий, их использование требуют хорошего понимания исследователем цели и задач своей работы.

Стабилотоме для теста

Стабилотоме применяются в большом числе количественных тестов (Chen et al. 2021), включая «тест лимита стабильности». Его обычно относят к «динамической постурографии» в контексте идеологии, разработанной преимущественно Нэшнером и коллегами. В этой связи, вопрос выбора прибора и его применения является базовым для реализации теста. Здесь мы подразумеваем статичные (неподвижные) стабилотоме, которые представлены в России многими марками (Бабанов и др. 2019).

Базовые вопросы при выборе стабилотоме можно свести к четырем:

- метрологическое обеспечение (связано с надежностью измерений, воспроизводимостью, стандартизацией);
- удобство применения, дизайн прибора (связано с целью исследований, научной областью, приверженностью «фирменным» методикам);
- программное обеспечение (связано с поддержкой разных методик и их вариаций и отличий);
- доступность (связана с ценой, условиями приобретения и использования).

Выполнение «теста лимита стабильности» или его аналога для какой-либо марки прибора со штатным программным обеспечением имеет особенности, иногда довольно сильно отличающиеся процедуры выполнения тестов друг от друга, как это было отмечено выше. Поэтому необходимо уточнять порядок для конкретной марки прибора.

Заключение

Ставший почти «стандартом» тест «лимита стабильности», сформированный когда-то в общем виде для ныне несуществующей фирмы как оригинальное решение, сегодня имеет много вариаций. Это, полагаю, недостаточно учитывается при подготовке методических и клинических рекомендаций, диссертаций и других научных работ — в контексте точного, тщательного описания процедуры выполнения теста, возможности его воспроизводимости в разных условиях и на разной аппаратуре и трактовки результата. В свою очередь, локализация представлений о «правильности» той или иной методики базируется обычно на частном технологическом решении. В этой связи, есть проблемы стандартизации процедуры теста, проводимых измерений и формирования надёжной нормативной базы. Развитие объективных исследований регуляции вертикальной позы человека требует объединения усилий исследователей для разумной стандартизации.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов, связанного с публикацией данной статьи.

Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Литература

- Анохин, П. К. (1968) *Биология и нейрофизиология условного рефлекса*. М.: Медицина, 547 с.
- Бабанов, Н. Д., Каленова, А. А., Серченко, Я. А. и др. (2019) Стандартизация, взаимозаменяемость и анализ предложений стабилотоме в России. *Проблемы стандартизации в здравоохранении*, № 9-10, с. 10–17. <https://doi.org/10.26347/1607-2502201909-10010-017>
- Гроховский, С. С., Кубряк, О. В. (2018) Метод интегральной оценки эффективности регуляции позы человека. *Медицинская техника*, № 2 (308), с. 49–52.
- Гурфинкель, В. С., Коц, Я. М., Шик, М. А. (1965) *Регуляция позы человека*. М.: Наука, 256 с.
- Кожина, Г. В., Левик, Ю. С., Попов, А. К., Сметанин, Б. Н. (2017) Влияние пассивного тактильного контакта руки на поддержание вертикальной позы человека. *Физиология человека*, т. 43, № 4, с. 70–77. <https://doi.org/10.7868/S0131164617030092>
- Крикленко, Е. А., Кубряк, О. В. (2018) Анализ научной области на примере исследования российских патентов. *Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены*, № 4 (146), с. 229–249. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2018.4.12>
- Кубряк, О. В. (2020) Как техника предшествует науке (на примере силовых платформ). *Гуманитарный вестник*, № 2 (82), с. 1–13. <https://doi.org/10.18698/2306-8477-2020-2-656>
- Кубряк, О. В., Багдасарьян, Н. Г., Глазачев, О. С. и др. (2018) Инструменты исследователя и врача: границы достижимых результатов и влияние на выводы исследований. По материалам круглого стола на XIV Вейновских чтениях, 10 февраля 2018 года. К 120-летию П. К. Анохина. *Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены*, № 6 (148), с. 386–406. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2018.6.18>

- Кубряк, О. В., Ковальчук, С. В. (2024) Искусственный сенсорный компонент в системе человек — машина с комбинированной обратной связью. *Проблемы управления*, № 6, с. 27–37.
- Кубряк, О. В., Кривошей, И. В. (2016) Анализ научной области на примере обзора диссертационных работ. *Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены*, № 6 (136), с. 52–68. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2016.6.04>
- Кубряк, О. В., Мезенчук, А. И., Пак, С. А. (2023) Применение стабиллоплатформ и корпус экспертов в российских диссертациях за 2016–2022 годы. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*, т. 22, № 2, с. 105–114. <https://doi.org/10.17816/430299>
- Левик, Ю. С. (2020) Исследования в космосе и новые концепции в физиологии движений. *Авиакосмическая и экологическая медицина*, т. 54, № 6, с. 80–91. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2020-54-6-80-91>
- Магнус, Р. (1962) *Установка тела: экспериментально-физиологические исследования отдельных определяющих установку тела рефлексов, их взаимных влияний и их расстройств*. М.; Л.: Академия наук СССР, 624 с.
- Akbaş, E., İnanır, M. (2025) Evaluation of balance in children with hemophilia and the effect of balance on quality of life. *Gait & Posture*, vol. 117, pp. 332–336. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.01.015>
- Alahmari, K. A., Reddy, R. S. (2024) Biomechanical analysis of limits of stability using computerized posturography: Correlations with functional mobility in elderly individuals with hip osteoarthritis — a cross-sectional study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 12, article 1440393. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1440393>
- Alshehri, S. H. S., Reddy, R. S., ALMohiza, M. A. et al. (2025) Influence of cervical muscle strength and pain severity on functional balance and limits of stability in elderly individuals with chronic nonspecific neck pain: A cross-sectional study. *BMC Geriatrics*, vol. 25, no. 1, article 18. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05670-2>
- Barra-López, M. E. (2024) The standard posture is a myth: A scoping review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 56, article jrm41899. <https://doi.org/10.2340/jrm.v56.41899>
- Braune, W., Fischer, O. (1985) *On the centre of gravity of the human body (as related to the equipment of the German infantry soldier)*. Berlin; Heidelberg: Springer Publ., 96 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-69611-4>
- Chen, B., Liu, P., Xiao, F. et al. (2021) Review of the upright balance assessment based on the force plate. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 5, article 2696. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052696>
- Clark, S., Rose, D. J., Fujimoto, K. (1997) Generalizability of the limits of stability test in the evaluation of dynamic balance among older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 78, no. 10, pp. 1078–1084. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(97\)90131-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(97)90131-3)
- Cohen, J. W., Vieira, T. M., Ivanova, T. D., Garland, S. J. (2023) Regional recruitment and differential behavior of motor units during postural control in older adults. *Journal of Neurophysiology*, vol. 130, no. 5, pp. 1321–1333. <https://doi.org/10.1152/jn.00068.2023>
- Cohen, J. W., Vieira, T. M., Ivanova, T. D. et al. (2021) Maintenance of standing posture during multi-directional leaning demands the recruitment of task-specific motor units in the ankle plantarflexors. *Experimental Brain Research*, vol. 239, no. 8, pp. 2569–2581. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06154-0>
- Collins, H. (2010) *Tacit and explicit knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 200 p. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226113821.001.0001>
- De Souza, M. T., da Silva, M. D., de Carvalho, R. (2010) Integrative review: What is it? How to do it? *Einstein (São Paulo)*, vol. 8, no. 1, pp. 102–106. <https://doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134>
- Duarte, M., Watanabe, R. N. (2023) Postural control in humans: Theories, modeling, and quantification. In: C. B. Lombello, P. A. da Ana (eds.). *Current trends in biomedical engineering*. Cham: Springer Publ., pp. 17–34. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38743-2_2
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., Studenski, S. (1990) Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, vol. 45, no. 6, pp. M192–M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.m192>
- Francisco, L., Duarte, J., Godinho, A. N. et al. (2024) Sensor-based systems for the measurement of Functional Reach Test results: A systematic review. *PeerJ Computer Science*, vol. 10, no. 1, article e1823. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1823>
- Glave, A. P., Didier, J. J., Weatherwax, J. et al. (2016) Testing postural stability: Are the Star Excursion Balance Test and Biodex Balance System Limits of Stability Tests consistent? *Gait & Posture*, vol. 43, pp. 225–227. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.09.028>
- Goar, M. H., Barnett-Cowan, M., Horslen, B. C. (2025) Light touch alters vestibular-evoked balance responses: Insights into dynamics of sensorimotor reweighting. *Journal of Neurophysiology*, vol. 133, no. 1, pp. 142–161. <https://doi.org/10.1152/jn.00166.2024>
- Hamman, R. G., Mekjavic, I., Mallinson, A. I., Longridge, N. S. (1992) Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 73, no. 8, pp. 738–744. PMID: 1642525
- Haworth, J., Goble, D., Pile, M., Kendall, B. (2020) BTrackS limits of stability test is a reliable assessment of volitional dynamic postural control. *Gait & Posture*, vol. 80, pp. 298–301. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.06.024>
- Horak, F. B., Wrisley, D. M., Frank, J. (2009) The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Physical Therapy*, vol. 89, no. 5, pp. 484–498. <https://doi.org/10.2522/ptj.20080071>

- Hou, W., Wu, F., Wang, Y. et al. (2024) Predicting slight freezing of gait in Parkinson's disease with anticipatory postural adjustments and limits of stability. *Parkinsonism & Related Disorders*, vol. 123, article 106949. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2024.106949>
- Ivanenko, Y., Gurfinkel, V. S. (2018) Human postural control. *Frontiers in Neuroscience*, vol. 12, article 171. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00171>
- Karanfil, E., Salci, Y., Fil Balkan, A. et al. (2024) The acute effect of cervical mobilization on balance in patients with multiple sclerosis: A single-blind, randomized, controlled trial. *Neurological Research*, vol. 46, no. 1, pp. 65–71. <https://doi.org/10.1080/01616412.2023.2257455>
- Kattilakoski, O., Kauranen, N., Leppänen, M. et al. (2023) Intrarater reliability and analysis of learning effects in the Y Balance Test. *Methods and Protocols*, vol. 6, no. 2, article 41. <https://doi.org/10.3390/mps6020041>
- Kim, S.-M., Qu, F., Lam, W.-K. (2021) Analogy and explicit motor learning in dynamic balance: Posturography and performance analyses. *European Journal of Sport Science*, vol. 21, no. 8, pp. 1129–1139. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1827046>
- Lektip, C., Rungruangbaiyok, C., Nawarat, J. et al. (2024) The relationship between components of postural control and locomotive syndrome in older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 21, no. 10, article 1349. <https://doi.org/10.3390/ijerph21101349>
- Lininger, M. R., Leahy, T. E., Haug, E. C., Bowman, T. G. (2018) Test-retest reliability of the limits of stability test performed by young adults using Neurocom® Vsr Sport. *International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 13, no. 5, pp. 800–807. PMID: 30276012
- Miner, D. G., Harper, B. A., Glass, S. M. (2020) Validity of postural sway assessment on the Biodex BioSway™ compared with the NeuroCom Smart Equitest. *Journal of Sport Rehabilitation*, vol. 30, no. 3, pp. 516–520. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0227>
- Moriyama, Y., Yamada, T., Shimamura, R. et al. (2022) Movement patterns of the functional reach test do not reflect physical function in healthy young and older participants. *PLoS One*, vol. 17, no. 3, article e0266195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266195>
- Nashner, L. M. (1971) A model describing vestibular detection of body sway motion. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 72, no. 1-6, pp. 429–436. <https://doi.org/10.3109/00016487109122504>
- Nashner, L. M. (1972) Vestibular postural control model. *Kybernetik*, vol. 10, no. 2, pp. 106–110. <https://doi.org/10.1007/BF00292236>
- Nashner, L. M., Cordo, P. J. (1981) Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscles. *Experimental Brain Research*, vol. 43, no. 3-4, pp. 395–405. <https://doi.org/10.1007/BF00238382>
- Natus Medical Incorporated to acquire NeuroCom International for \$18M. (2008) *BioSpace*. [Online]. Available at: <https://www.biospace.com/natus-medical-incorporated-to-acquire-neurocom-international-for-18m> (accessed 10.02.2025).
- Nolff, M. R., Kapur, S., Kendall, B. J. et al. (2024) An initial set of reference values for the Balance Tracking System (BTrackS) Limits of Stability protocol. *Gait & Posture*, vol. 107, pp. 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.09.008>
- Onuma, R., Hoshi, F., Tozawa, R. et al. (2023) Reliability and validity of quantitative evaluation of anticipatory postural adjustments using smartphones. *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 35, no. 7, pp. 553–558. <https://doi.org/10.1589/jpts.35.553>
- Peterka, R. J., Loughlin, P. J. (2004) Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, vol. 91, no. 1, pp. 410–423. <https://doi.org/10.1152/jn.00516.2003>
- Pickerill, M. L., Harter, R. A. (2011) Validity and reliability of limits-of-stability testing: A comparison of 2 postural stability evaluation devices. *Journal of Athletic Training*, vol. 46, no. 6, pp. 600–606. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.6.600>
- Piolanti, N., Polloni, S., Bonicoli, E. et al. (2018) Giovanni Alfonso Borelli: The precursor of medial pivot concept in knee biomechanics. *Joints*, vol. 6, no. 3, pp. 167–172. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675164>
- Pope, M. H. (2005) Giovanni Alfonso Borelli — the father of biomechanics. *Spine*, vol. 30, no. 20, pp. 2350–2355. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000182314.49515.d8>
- Reddy, R. S., Alkhamis, B. A., Kirmani, J. A. et al. (2023) Age-related decline in cervical proprioception and its correlation with functional mobility and limits of stability assessed using computerized posturography: A cross-sectional study comparing older (65+ years) and younger adults. *Healthcare*, vol. 11, no. 13, article 1924. <https://doi.org/10.3390/healthcare11131924>
- Schieppati, M., Hugon, M., Grasso, M. et al. (1994) The limits of equilibrium in young and elderly normal subjects and in parkinsonians. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, vol. 93, no. 4, pp. 286–298. [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(94\)90031-0](https://doi.org/10.1016/0168-5597(94)90031-0)
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H., Rachwani, J., Santamaria, V. (2023) *Motor control: Translating research into clinical practice*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Publ., 736 p.
- Song, M., Elson, J., Bastola, D. (2025) Digital Age transformation in patient-physician communication: 25-year narrative review (1999–2023). *Journal of Medical Internet Research*, vol. 27, article e60512. <https://doi.org/10.2196/60512>

- Summers, S. J., Antcliff, S., Waddington, G., Wallwork, S. (2022) Reliability and learning effects of repeated exposure to the Bertec Balance Advantage sensory organisation test in healthy individuals. *Gait & Posture*, vol. 93, pp. 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.02.004>
- Tandon, A., Cobb, B., Centra, J. et al. (2024) Human factors, human-centered design, and usability of sensor-based digital health technologies: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, vol. 26, article e57628. <https://doi.org/10.2196/57628>
- Terekhov, Y. (1976) Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Canadian Medical Association Journal*, vol. 115, no. 7, pp. 631–633. PMID: 974950
- Thomsen, M. H., Støttrup, N., Larsen, F. G. et al. (2017) Four-way-leaning test shows larger limits of stability than a circular-leaning test. *Gait & Posture*, vol. 51, pp. 10–13. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.09.018>
- Tomita, H., Kuno, S., Kawaguchi, D., Nojima, O. (2021) Limits of stability and functional base of support while standing in community-dwelling older adults. *Journal of Motor Behavior*, vol. 53, no. 1, pp. 83–91. <https://doi.org/10.1080/00222895.2020.1723484>
- Uchida, H., Miki, A., Ida, A. et al. (2024) Effects of structured positive feedback intervention on standing reach ability among older adults admitted to a convalescent rehabilitation ward: A small-sample pilot randomized controlled trial. *European Geriatric Medicine*, vol. 16, no. 1, pp. 325–336. <https://doi.org/10.1007/s41999-024-01094-8>
- Wernick-Robinson, M., Krebs, D. E., Giorgetti, M. M. (1999) Functional reach: Does it really measure dynamic balance? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 80, no. 3, pp. 262–269. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(99\)90136-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90136-3)

References

- Akbaş, E., İnanır, M. (2025) Evaluation of balance in children with hemophilia and the effect of balance on quality of life. *Gait & Posture*, vol. 117, pp. 332–336. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.01.015> (In English)
- Alahmari, K. A., Reddy, R. S. (2024) Biomechanical analysis of limits of stability using computerized posturography: Correlations with functional mobility in elderly individuals with hip osteoarthritis — a cross-sectional study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 12, article 1440393. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1440393> (In English)
- Alshehri, S. H. S., Reddy, R. S., AlMohiza, M. A. et al. (2025) Influence of cervical muscle strength and pain severity on functional balance and limits of stability in elderly individuals with chronic nonspecific neck pain: A cross-sectional study. *BMC Geriatrics*, vol. 25, no. 1, article 18. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05670-2> (In English)
- Anokhin, P. K. (1968) *Biologiya i neyrofiziologiya uslovnogo refleksa [Biology and neurophysiology of the conditioned reflex]*. Moscow: Meditsina Publ., 547 p. (In Russian)
- Babanov, N. D., Kalenova, A. A., Serchenko, Ya. A. et al. (2019) Standartizatsiya, vzaimozamenyaemost' i analiz predlozhenij stabiloplatform v Rossii [Standardization, interoperability and market of force platforms in Russia]. *Problemy standartizatsii v zdravookhraneniі — Health Care Standardization Problems*, no. 9–10, pp. 10–17. <https://doi.org/10.26347/1607-2502201909-10010-017> (In Russian)
- Barra-López, M. E. (2024) The standard posture is a myth: A scoping review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 56, article jrm41899. <https://doi.org/10.2340/jrm.v56.41899> (In English)
- Braune, W., Fischer, O. (1985) *On the centre of gravity of the human body (as related to the equipment of the German infantry soldier)*. Berlin; Heidelberg: Springer Publ., 96 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-69611-4> (In English)
- Chen, B., Liu, P., Xiao, F. et al. (2021) Review of the upright balance assessment based on the force plate. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 5, article 2696. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052696> (In English)
- Clark, S., Rose, D. J., Fujimoto, K. (1997) Generalizability of the limits of stability test in the evaluation of dynamic balance among older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 78, no. 10, pp. 1078–1084. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(97\)90131-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(97)90131-3) (In English)
- Cohen, J. W., Vieira, T. M., Ivanova, T. D., Garland, S. J. (2023) Regional recruitment and differential behavior of motor units during postural control in older adults. *Journal of Neurophysiology*, vol. 130, no. 5, pp. 1321–1333. <https://doi.org/10.1152/jn.00068.2023> (In English)
- Cohen, J. W., Vieira, T. M., Ivanova, T. D. et al. (2021) Maintenance of standing posture during multi-directional leaning demands the recruitment of task-specific motor units in the ankle plantarflexors. *Experimental Brain Research*, vol. 239, no. 8, pp. 2569–2581. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06154-0> (In English)
- Collins, H. (2010) *Tacit and explicit knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 200 p. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226113821.001.0001> (In English)
- De Souza, M. T., da Silva, M. D., de Carvalho, R. (2010) Integrative review: What is it? How to do it? *Einstein (São Paulo)*, vol. 8, no. 1, pp. 102–106. <https://doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134> (In English)
- Duarte, M., Watanabe, R. N. (2023) Postural control in humans: Theories, modeling, and quantification. In: C. B. Lombello, P. A. da Ana (eds.). *Current trends in biomedical engineering*. Cham: Springer Publ., pp. 17–34. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38743-2_2 (In English)

- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., Studenski, S. (1990) Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, vol. 45, no. 6, pp. M192–M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.m192> (In English)
- Francisco, L., Duarte, J., Godinho, A. N. et al. (2024) Sensor-based systems for the measurement of Functional Reach Test results: A systematic review. *PeerJ Computer Science*, vol. 10, no. 1, article e1823. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1823> (In English)
- Glave, A. P., Didier, J. J., Weatherwax, J. et al. (2016) Testing postural stability: Are the Star Excursion Balance Test and Biodex Balance System Limits of Stability Tests consistent? *Gait & Posture*, vol. 43, pp. 225–227. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.09.028> (In English)
- Goar, M. H., Barnett-Cowan, M., Horslen, B. C. (2025) Light touch alters vestibular-evoked balance responses: Insights into dynamics of sensorimotor reweighting. *Journal of Neurophysiology*, vol. 133, no. 1, pp. 142–161. <https://doi.org/10.1152/jn.00166.2024> (In English)
- Grokhovskii, S. S., Kubryak, O. V. (2018) Metod integral'noj otsenki effektivnosti regulyatsii pozy cheloveka [A method for integral assessment of the effectiveness of posture regulation in humans]. *Meditinskaya tekhnika — Biomedical Engineering*, vol. 52, no. 2, pp. 138–141. <https://doi.org/10.1007/s10527-018-9799-7> (In Russian)
- Gurfinkel, V. S., Kocz, Ya. M., Shik, M. L. (1965) *Regulyatsiya pozy cheloveka [Regulation of human posture]*. Moscow: Nauka Publ., 256 p. (In Russian)
- Hamman, R. G., Mekjavic, I., Mallinson, A. I., Longridge, N. S. (1992) Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 73, no. 8, pp. 738–744. PMID: 1642525 (In English)
- Haworth, J., Goble, D., Pile, M., Kendall, B. (2020) BTrackS limits of stability test is a reliable assessment of volitional dynamic postural control. *Gait & Posture*, vol. 80, pp. 298–301. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.06.024> (In English)
- Horak, F. B., Wrisley, D. M., Frank, J. (2009) The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Physical Therapy*, vol. 89, no. 5, pp. 484–498. <https://doi.org/10.2522/ptj.20080071> (In English)
- Hou, W., Wu, F., Wang, Y. et al. (2024) Predicting slight freezing of gait in Parkinson's disease with anticipatory postural adjustments and limits of stability. *Parkinsonism & Related Disorders*, vol. 123, article 106949. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2024.106949> (In English)
- Ivanenko, Y., Gurfinkel, V. S. (2018) Human postural control. *Frontiers in Neuroscience*, vol. 12, article 171. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00171> (In English)
- Karanfil, E., Salci, Y., Fil Balkan, A. et al. (2024) The acute effect of cervical mobilization on balance in patients with multiple sclerosis: A single-blind, randomized, controlled trial. *Neurological Research*, vol. 46, no. 1, pp. 65–71. <https://doi.org/10.1080/01616412.2023.2257455> (In English)
- Kattilakoski, O., Kauranen, N., Leppänen, M. et al. (2023) Intrarater reliability and analysis of learning effects in the Y Balance Test. *Methods and Protocols*, vol. 6, no. 2, article 41. <https://doi.org/10.3390/mps6020041> (In English)
- Kim, S.-M., Qu, F., Lam, W.-K. (2021) Analogy and explicit motor learning in dynamic balance: Posturography and performance analyses. *European Journal of Sport Science*, vol. 21, no. 8, pp. 1129–1139. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1827046> (In English)
- Kozhina, G. V., Levik, Y. S., Popov, A. K., Smetanin, B. N. (2017) Vliyanie passivnogo taktil'nogo kontakta ruki na podderzhanie vertikal'noj pozy cheloveka [Influence of passive tactile contact of arms on the maintenance of upright posture in humans]. *Fiziologiya cheloveka — Human Physiology*, vol. 43, no. 4, pp. 416–422. <https://doi.org/10.1134/S0362119717030094> (In Russian)
- Kriklenko, E. A., Kubryak, O. V. (2018) Analiz nauchnoj oblasti na primere issledovaniya rossijskikh patentov [Analyzing an academic field: The case of Russian patents]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny — Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*, no. 4 (146), pp. 229–249. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2018.4.12> (In Russian)
- Kubryak, O. V. (2020) Kak tekhnika predshestvuet nauke (na primere silovykh platform) [How technology precedes science (through the example of force plates)]. *Gumanitarnyj vestnik — Humanities Bulletin of BMSTU*, no. 2 (82), pp. 1–13. <https://doi.org/10.18698/2306-8477-2020-2-656> (In Russian)
- Kubryak, O. V., Bagdasaryan, N. G., Glazachev, O. S. et al. (2018) Instrumenty issledovatelya i vracha: granitsy dostizhimykh rezul'tatov i vliyanie na vyvody issledovaniy. Po materialam kruglogo stola na XIV Vejnovskikh chteniyakh, 10 fevralya 2018 goda. K 120-letiyu P. K. Anokhina [Researcher's and doctor's tools: The boundaries of achievable results and the impact on the study findings. Proceedings of the XIV Vein Conference round table held on February 10th, 2018 (to the 120th anniversary of P. K. Anokhin)]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny — Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*, no. 6 (148), pp. 386–406. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2018.6.18> (In Russian)
- Kubryak, O. V., Kovalchuk, S. V. (2024) Iskusstvennyy sensornyy komponent v sisteme chelovek — mashina s kombinirovannoj obratnoj svyaz'yu [An artificial sensory component in a man — machine system with combined feedback]. *Problemy upravleniya — Control Sciences*, no. 6, pp. 27–37. (In Russian)
- Kubryak, O. V., Krivoshey, I. V. (2016) Analiz nauchnoj oblasti na primere obzora dissertatsionnykh rabot [Scientific field analysis based on the review of dissertation works]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: Ekonomicheskie*

- i sotsial'nye peremeny — Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*, no. 6 (136), pp. 52–68. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2016.6.04> (In Russian)
- Kubryak, O. V., Mezenchuk, A. I., Pak, S. A. (2023) Primenenie stabiloplatfom i korpus ekspertov v rossijskikh dissertatsiyakh za 2016–2022 gody [The application of force plates and the community of experts in Russian dissertations for 2016–2022]. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya — Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, vol. 22, no. 2, pp. 105–114. <https://doi.org/10.17816/430299> (In Russian)
- Lektip, C., Rungruangbaiyok, C., Nawarat, J. et al. (2024) The relationship between components of postural control and locomotive syndrome in older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 21, no. 10, article 1349. <https://doi.org/10.3390/ijerph21101349> (In English)
- Levik, Yu. S. (2020) Issledovaniya v kosmose i novye kontseptsii v fiziologii dvizhenij [Space researches and new concepts in the physiology of movements]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina — Aerospace and Environmental Medicine*, vol. 54, no. 6, pp. 80–91. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2020-54-6-80-91> (In Russian)
- Lininger, M. R., Leahy, T. E., Haug, E. C., Bowman, T. G. (2018) Test-retest reliability of the limits of stability test performed by young adults using Neurocom® Vsr Sport. *International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 13, no. 5, pp. 800–807. PMID: 30276012 (In English)
- Magnus, R. (1962) *Ustanovka tela: eksperimental'no-fiziologicheskie issledovaniya otdel'nykh opredelyayushchikh ustanovku tela reflektov, ikh vzaimnykh vliyaniy i ikh rasstrojstv* [Body posture: Experimental-physiological investigations of the reflexes involved in body posture, their cooperation and disturbances]. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publ., 624 p. (In Russian)
- Miner, D. G., Harper, B. A., Glass, S. M. (2020) Validity of postural sway assessment on the Biodex BioSway™ compared with the NeuroCom Smart Equitest. *Journal of Sport Rehabilitation*, vol. 30, no. 3, pp. 516–520. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0227> (In English)
- Moriyama, Y., Yamada, T., Shimamura, R. et al. (2022) Movement patterns of the functional reach test do not reflect physical function in healthy young and older participants. *PLoS One*, vol. 17, no. 3, article e0266195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266195> (In English)
- Nashner, L. M. (1971) A model describing vestibular detection of body sway motion. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 72, no. 1-6, pp. 429–436. <https://doi.org/10.3109/00016487109122504> (In English)
- Nashner, L. M. (1972) Vestibular postural control model. *Kybernetik*, vol. 10, no. 2, pp. 106–110. <https://doi.org/10.1007/BF00292236> (In English)
- Nashner, L. M., Cordo, P. J. (1981) Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscles. *Experimental Brain Research*, vol. 43, no. 3-4, pp. 395–405. <https://doi.org/10.1007/BF00238382> (In English)
- Natus Medical Incorporated to acquire NeuroCom International for \$18M. (2008) *BioSpace*. [Online]. Available at: <https://www.biospace.com/natus-medical-incorporated-to-acquire-neurocom-international-for-18m> (accessed 10.02.2025). (In English)
- Nolff, M. R., Kapur, S., Kendall, B. J. et al. (2024) An initial set of reference values for the Balance Tracking System (BTrackS) Limits of Stability protocol. *Gait & Posture*, vol. 107, pp. 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.09.008> (In English)
- Onuma, R., Hoshi, F., Tozawa, R. et al. (2023) Reliability and validity of quantitative evaluation of anticipatory postural adjustments using smartphones. *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 35, no. 7, pp. 553–558. <https://doi.org/10.1589/jpts.35.553> (In English)
- Peterka, R. J., Loughlin, P. J. (2004) Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, vol. 91, no. 1, pp. 410–423. <https://doi.org/10.1152/jn.00516.2003> (In English)
- Pickerill, M. L., Harter, R. A. (2011) Validity and reliability of limits-of-stability testing: A comparison of 2 postural stability evaluation devices. *Journal of Athletic Training*, vol. 46, no. 6, pp. 600–606. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.6.600> (In English)
- Piolanti, N., Polloni, S., Bonicoli, E. et al. (2018) Giovanni Alfonso Borelli: The precursor of medial pivot concept in knee biomechanics. *Joints*, vol. 6, no. 3, pp. 167–172. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675164> (In English)
- Pope, M. H. (2005) Giovanni Alfonso Borelli — the father of biomechanics. *Spine*, vol. 30, no. 20, pp. 2350–2355. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000182314.49515.d8> — (In English)
- Reddy, R. S., Alkhamis, B. A., Kirmani, J. A. et al. (2023) Age-related decline in cervical proprioception and its correlation with functional mobility and limits of stability assessed using computerized posturography: A cross-sectional study comparing older (65+ years) and younger adults. *Healthcare*, vol. 11, no. 13, article 1924. <https://doi.org/10.3390/healthcare11131924> (In English)
- Schieppati, M., Hugon, M., Grasso, M. et al. (1994) The limits of equilibrium in young and elderly normal subjects and in parkinsonians. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, vol. 93, no. 4, pp. 286–298. [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(94\)90031-0](https://doi.org/10.1016/0168-5597(94)90031-0) (In English)
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H., Rachwani, J., Santamaria, V. (2023) *Motor control: Translating research into clinical practice*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Publ., 736 p. (In English)
- Song, M., Elson, J., Bastola, D. (2025) Digital Age transformation in patient-physician communication: 25-year narrative review (1999–2023). *Journal of Medical Internet Research*, vol. 27, article e60512. <https://doi.org/10.2196/60512> (In English)

- Summers, S. J., Antcliff, S., Waddington, G., Wallwork, S. (2022) Reliability and learning effects of repeated exposure to the Bertec Balance Advantage sensory organisation test in healthy individuals. *Gait & Posture*, vol. 93, pp. 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.02.004> (In English)
- Tandon, A., Cobb, B., Centra, J. et al. (2024) Human factors, human-centered design, and usability of sensor-based digital health technologies: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, vol. 26, article e57628. <https://doi.org/10.2196/57628> (In English)
- Terekhov, Y. (1976) Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Canadian Medical Association Journal*, vol. 115, no. 7, pp. 631–633. PMID: 974950 (In English)
- Thomsen, M. H., Støttrup, N., Larsen, F. G. et al. (2017) Four-way-leaning test shows larger limits of stability than a circular-leaning test. *Gait & Posture*, vol. 51, pp. 10–13. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.09.018> (In English)
- Tomita, H., Kuno, S., Kawaguchi, D., Nojima, O. (2021) Limits of stability and functional base of support while standing in community-dwelling older adults. *Journal of Motor Behavior*, vol. 53, no. 1, pp. 83–91. <https://doi.org/10.1080/00222895.2020.1723484> (In English)
- Uchida, H., Miki, A., Ida, A. et al. (2024) Effects of structured positive feedback intervention on standing reach ability among older adults admitted to a convalescent rehabilitation ward: A small-sample pilot randomized controlled trial. *European Geriatric Medicine*, vol. 16, no. 1, pp. 325–336. <https://doi.org/10.1007/s41999-024-01094-8> (In English)
- Wernick-Robinson, M., Krebs, D. E., Giorgetti, M. M. (1999) Functional reach: Does it really measure dynamic balance? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 80, no. 3, pp. 262–269. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(99\)90136-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90136-3) (In English)