



УДК 612.88 + 007.51

EDN DКЕВТА

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-2-142-160>

## Оптокинетический тест на стабилотрамплине

О. В. Кубряк <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «МЭИ»,  
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная ул., 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](mailto:KubriakOV@mpei.ru)

**Для цитирования:** Кубряк, О. В. (2025) Оптокинетический тест на стабилотрамплине. *Интегративная физиология*, т. 6, № 2, с. 142–160. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-2-142-160> EDN DКЕВТА

**Получена** 4 июня 2025; прошла рецензирование 31 июля 2025; принята 2 августа 2025.

**Финансирование:** Работа выполнена автором самостоятельно, в инициативном порядке, без внешнего финансирования.

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

**Аннотация.** Под «оптокинетическим тестом на стабилотрамплине» обычно подразумевают не одну-единственную методику, а направление исследований. Основа подхода — изучение параметров регуляции позы при предъявлении контролируемых движущихся зрительных стимулов находящемуся на стабилотрамплине испытуемому. Интерес к этому виду тестов возрос в России в начале 2000-х годов, по мере повышения доступности стабилометрического оборудования. Для реально широкого применения метода требовалось наличие однозначно воспринимаемой методики и ясного, надежного и легко применимого способа трактовки результатов. При изучении описаний метода в современной отечественной литературе можно сделать вывод о наличии резерва для его развития и стандартизации. Формирование направления исторически связано с изучением оптокинетического нистагма — рефлекторного чередования медленных следящих и быстрых возвратных движений глаз, возникающих при наблюдении движущихся объектов. Определению такого вида нистагма и терминологическим аспектам посвящена начальная часть работы. Обзор базируется на анализе современных и исторических работ, представленном в смешанном формате, близком к лекции. Отдельные разделы отведены описанию нейрональной организации оптокинетического нистагма, представлению о способах оптокинетической стимуляции и ее общим характеристикам, применению оптокинетического нистагма в зрительных тестах, нейрофизиологическому смыслу добавления к тестам с визуальной стимуляцией возможности исследования опорных реакций (на стабилотрамплине). Выводы обзора касаются критического рассмотрения и общих рекомендаций, относящихся к конструированию методик с оптокинетическим воздействием на стабилотрамплине.

**Ключевые слова:** оптокинетический тест, оптокинетический нистагм, оптокинетические ответы, опорные реакции, стабилотрамплин, стабิโลграф, силовая платформа, вертикальная поза человека, моторный контроль

# Optokinetic test on a stabilometric platform

V. Kubryak <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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) Optokinetic test on a stabilometric platform. *Integrative Physiology*, vol. 6, no. 2, pp. 142–160. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-2-142-160> EDN DKEBTA

**Received** 4 June 2025; reviewed 31 July 2025; accepted 2 August 2025.

**Funding:** The work was carried out by the author independently, on an initiative basis, without external funding.

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

**Abstract.** The term 'optokinetic test on a stabilometric platform' describes a research approach rather than a single standardized technique. The methodology involves quantifying postural control parameters in subjects standing on a stabilometric platform while exposed to controlled moving visual stimuli. Interest in this paradigm grew in Russia during the early 2000s, coinciding with improved access to stabilometric equipment. For its broader practical application, establishing a clearly defined procedure and a reliable, straightforward method for interpreting results is essential. An analysis of contemporary Russian methodological literature indicates significant potential for the technique's further development and standardization. The emergence of this field is historically connected to the study of optokinetic nystagmus — a reflexive ocular response characterized by alternating slow pursuit and fast saccadic movements triggered by a moving visual field. This review first defines this nystagmus and discusses related terminological considerations. Drawing on an analysis of both historical and contemporary sources in a blended, lecture-like format, separate sections address the neural organization of optokinetic nystagmus, methods and general characteristics of optokinetic stimulation, its application in visual testing, and the neurophysiological rationale for integrating postural response assessment via stabilometry into visually stimulated tests. The conclusion provides a critical evaluation and general recommendations for designing protocols that combine optokinetic stimulation with stabilometric platforms.

**Keywords:** optokinetic test, optokinetic nystagmus, optokinetic responses, postural reactions, stabilometric platform, stabilograph, force plate, human vertical posture, motor control

## Введение

В нашей стране «оптокинетический тест» или «оптокинетическая проба» на стабилоплатформе актуализировался в начале 2000-х годов, с появлением доступных образцов соответствующего оборудования. Производителями стабилоплатформ продвигалась идея значимости данного теста как способа, который «позволяет выявить изменения функции равновесия, связанные с влиянием оптокинетического нистагма, вызванного движением по экрану черных и белых полос» (Переяслов, Слива 2002). Согласно указанным авторам, предлагаемая процедура включала пять последовательных этапов. В фоном — отвлекающая зрительная стимуляция (чередующиеся разноцветные круги), где испытуемый выполнял задание на подсчет белых кругов. В четырех основных — направленная стимуляция движущимися черно-белыми полосами. Количественный анализ был основан на сравнении расчетных показателей стабили-

метрии, зарегистрированных в различных условиях стимуляции, в условиях контроля (фоновой активности). Для реально широкого применения требовалось наличие ясной и легко применимой трактовки результатов. Наибольшие надежды связывали с возможностью выявления скрытых вестибулярных расстройств и их лучшей дифференциации с помощью стабилометрии в условиях оптокинетической стимуляции. В ранний постсоветский период интерес поддерживался еще и наличием опыта исследований и разработок в СССР. Сегодня у многих клиницистов еще в памяти усилия Л. А. Лучихина и коллег (Пальчун и др. 1984), пытавшихся соединить исследование реакций на оптическую стимуляцию с количественной оценкой регуляции вертикальной позы с помощью стабилометрии (Крюков, Гуров 2018; Лучихин и др. 2006; Памяти... 2014). На мой взгляд, интерпретации темы в данном конкретном случае прямо соотносятся с линией работ ленинградских лабиринтологов 1960-х и 1970-х годов (Вавилова 2022).

Сегодня тесты на стабиллоплатформе с упоминанием оптокинетического воздействия представлены в публикациях на русском языке (Благинин и др. 2018; Илларионова, Грибова 2022; Коновалова и др. 2021; Кручинин и др. 2022; Лиленко и др. 2023; Марьенко и др. 2022; Насретдинова 2019; Седоченко и др. 2023). Как правило, под возможным оптокинетическим тестом на стабиллоплатформе подразумеваются разные варианты методик — это следует из контекста. Часто тесты проводятся в отсутствие должного метрологического обеспечения измерений опорных реакций (Кубряк 2020; Кубряк и др. 2023). Описание конкретных методик в ряде публикаций не позволяет получить ясное представление об условиях тестирования. В одном из проектов клинических рекомендаций «Объективная оценка постуральной функции» от Союза реабилитологов России в конце 2010-х годов предлагалась формулировка: «стабилометрическая оптокинетическая проба — модификация классической, когда во время зрительной стимуляции (чередование движения контрастных полос) производится синхронно регистрация стабиллограмм». Недостатком для практики является отсутствие точного алгоритма, стандартизованных условий проведения теста и его интерпретации. При этом анализ данных стабиллометрии может включать использование недостаточно пока, на мой взгляд, обоснованных расчетных показателей (Гроховский, Кубряк 2018) — например, показатель, связывавшийся с качеством функции равновесия (Благинин и др. 2018; Кручинин и др. 2022). Полагаю, что такая ситуация демонстрирует наличие важных для всех исследователей методологических проблем и актуальность дискуссии, необходимость развития и разумной стандартизации метода.

В этом контексте цель подробного рассмотрения оптокинетического теста на стабиллоплатформе — способствовать прогрессу ис-

следований регуляции вертикальной позы человека по опорным реакциям, в том числе с помощью широкого обсуждения.

Для поиска тематических публикаций были использованы электронные базы: основная — National Center for Biotechnology Information of U.S. National Library of Medicine (PubMed), а также базы Российской государственной библиотеки (rsl.ru), Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU) и университетские ресурсы. Использовались ключевые слова, связанные с оптокинетикой и регуляцией позы — примеры для PubMed, с тремя простыми ключевыми фразами и одной составной, представлены в таблице 1.

С учетом данных, что общий среднегодовой темп роста для наук о жизни составляет примерно 5% со временем удвоения в 14 лет, а скорость оцифровки публикаций за разные периоды различна (Bornmann et al. 2021), на приведенном примере можно сделать вывод, что технологии нейровизуализации и другие новые темы оттеснили относительно простые методики, подобные тестам с оптокинетической стимуляцией, на второй план, хотя интерес к теме не угас. Научный прорыв здесь пришелся на первую половину XX века (описано ниже в разделе «Рождение термина»), когда большое, относительно своего времени и данной тематики, количество публикаций выходило на немецком, голландском и датском языках. Поэтому, кроме обзора ряда современных работ, использовано много давних источников, которые редко привлекают внимание исследователей и врачей, но значимость которых сохранилась в наши дни.

Эта публикация подготовлена в рамках специальной серии для журнала «Интегративная физиология», начавшейся обсуждением «теста лимита стабильности» (Кубряк 2025) — в смешанном формате, близком к лекции, к «narrative review», и с некоторой ориентацией

Табл. 1. Динамика числа публикаций в PubMed за период, по ключевым словам, по состоянию на май 2025 г.

Table 1. Publication trends in PubMed for selected key search terms over time, as of May 2025

	<b>optokinetic test</b>	<b>optokinetic nystagmus</b>	<b>optokinetic responses</b>	<b>optokinetic + posture</b>
<i>1960–1970</i>	13	169	19	18
<i>1971–1980</i>	43	315	115	34
<i>1981–1990</i>	99	636	324	63
<i>1991–2000</i>	147	680	355	92
<i>2001–2010</i>	130	451	306	84
<i>2011–2020</i>	184	315	356	85
<i>2021–2025*</i>	108	135	183	37

на «integrative review» (de Souza et al. 2010). Предлагаемый взгляд основан в том числе на «имплицитном знании» (Collins 2010).

### Оптокинетический нистагм

Оптокинетический нистагм (ОКН) — важный физиологический феномен (Robinson 2022; Tarnutzer, Straumann 2018) сам по себе, а также в контексте конструирования тестов с оптокинетической стимуляцией у человека (Kassavetis et al. 2022; Knapp et al. 2013). В этой связи уточним определение.

Оптокинетический нистагм представляет собой физиологический нистагм, возникающий при неспособности зрительной системы поддерживать стабильную фиксацию взора на движущихся объектах. Различают два типа: фиксационный ОКН (при неподвижном взгляде) и следящий ОКН (при активном отслеживании движения), механизм которых обусловлен последовательной активацией ретинальных элементов с формированием характерных фаз реакции (Roelofs 1954).

Варианты формулировок, следующих из более поздних и современных публикаций разного плана: примитивный зрительный рефлекс, активируемый движением визуальных стимулов и сохраняющийся у животных без вестибулярного аппарата, при этом его нейронные пути отличаются от вестибулярного нистагма, проявляя специфические свойства обработки движения (Bergmann et al. 1963); непроизвольные ритмичные движения глаз, стабилизирующие изображение на сетчатке при движении наблюдателя или окружающей среды, включающие чередующиеся медленные (плавное слежение) и быстрые (саккадические) фазы, обеспечивающие непрерывную фиксацию зрительных стимулов (Zhang et al. 2016); рефлекторное движение глаз, возникающее при восприятии непрерывного движения в окружающей среде, например, при виде движущихся полос или ландшафта из транспортного средства, и включающее медленную фазу слежения за движением и быструю фазу возврата глаз в исходное положение, что в совокупности способствует стабилизации изображения на сетчатке (Reynders et al. 2025).

Таким образом, ОКН — это рефлекторное чередование медленных следящих и быстрых возвратных движений глаз, возникающее при наблюдении движущихся объектов, которое используется в диагностических тестах. Сегодня интерес вызывает и оптокинетический постнистагм (Reynders et al. 2024).

### Рождение термина

В начале XX века накопленный опыт наблюдений и его развитие стали проявляться находками в области моторного контроля, в том числе функции вестибуляров и движений глаз. Обычно фокус внимания исследователей (прежде всего относящихся к клинике) здесь смещен на работы и наследие знаменитого Роберта Барани (Mudry 2000). Уже в 1910-х годах обсуждали, что связанные с его деятельностью методы станут стандартной частью врачебного обследования (Pischel 1912). Среди таких методов была, например, проба на послеवращательный нистагм, который рассматривался для тестирования пилотов (Babcock 1917). Однако оптокинетический нистагм, как и другие его виды, были отмечены и иногда описывались раньше — обычно считается, что для ОКН первым это сделал в 1819-м или в 1820-е годы один из пионеров (Cavero et al. 2017) современной физиологии — Ян Евангелиста Пуркинье. Он заметил, что при длительном наблюдении движущихся объектов (например, кавалерийского парада или вращающегося колеса) после остановки движения возникает иллюзия «обратного движения». Это явление Пуркинье связывал с непроизвольными движениями глаз, которые адаптируются к движению стимула и продолжают после его остановки. Хотя и другие исследователи ранее описывали явления, касающиеся обсуждаемого феномена: например, Уильям Уэллс или его конкуренты — дед и отец признанного автора эволюционной теории Дарвина (Wade, Brožek 2001). Полагаю, что утверждение о том, что те или иные феномены «открыты» в последние 100–200 лет, связано с особенностями современного восприятия прошлого, формирования науки как индустрии (Кубряк 2020) и презентации доступных знаний, развития терминологии. Существуют аргументированные представления о чрезвычайно длительной истории обсуждаемой темы: например, описываются упоминания нистагма и других непроизвольных движений глаз в древних культурах — от Египта и Месопотамии до Китая, Индии и Древней Греции (Gerb et al. 2023).

Огромный вклад в физиологию зрения внес Гельмгольц (Wade 2021), который подготовил базу для развития обсуждаемой темы и также подчеркивал заслуги Пуркинье (Wade, Brožek 2001). Необходимо особо упомянуть работы представителей школы Рудольфа Магнуса — Райдемакера и де Клейна, которые внесли фундаментальный вклад в понимание механизмов оптокинетического нистагма (Hogenhuis 2008;

van der Meulen 1950). В современной отечественной литературе (Апаев 2021; Коскин, Ковальская 2012) обычно отмечается главная роль Пуркинью в теме «оптокинетического нистагма», со ссылками, ведущими в итоге к публикациям 1960-х годов лаборатории физиологии вестибулярного аппарата Института физиологии им. И. П. Павлова (Кисляков, Неверов 1966).

Следует отметить, что термин «оптокинетический нистагм» был официально введен в 1929 году на Международном офтальмологическом конгрессе (XIII International ophthalmological congress... 1929) по предложению Густава Борриса, который использовал название «optischer nystagmus» в 1926 году (Borries 1926; Roelofs 1954).

### Нейрональная организация

Вариант схематического представления нейронных путей для ОКН у человека (рис. 1) подготовлен на основе типовых изображений (London 1982; Rapagnan, Brodsky 2014; Zhang et al. 2016).

Моторные нейроны в левом (правом) NOT (nucleus of the optic tract, ядро оптического тракта) обеспечивают исключительно левостороннее (правостороннее) вращение. Зрительная информация поступает в NOT через два основных пути: прямой подкорковый путь (ретинофугальные проекции) и опосредованный корковый путь, через зрительную кору (Zhang et al. 2016). Есть мнение, что ОКН и зрачковые реакции модулируются сходными процессами внимания, но управляются разными нейронными механизмами: ОКН — визуомоторной системой, а зрачковые реакции — вегетативной нервной системой (Kanari, Kikuchi 2025). Оптокинетическая стимуляция с цветными решетками влияет на восприятие интеграции и разделения движущихся визуальных компонентов, при этом цвет и направление движения модулируют динамику перцептивной неопределенности (Wegner et al. 2021).

Существуют сведения (McAssey et al. 2022), что у правой и левой мозг может по-разному обрабатывать зрительное движение, что, не исключено, влияет на ОКН. В частности, указанные авторы отмечают, что у левой более выражены различия в реакции мозга на согласованные и хаотичные зрительные стимулы, особенно в области поясной извилины, отвечающей за объединение зрительных и вестибулярных сигналов. Поскольку эта зона участвует в восприятии движения, ее асимметричная активность у правой и левой может объяснять индивидуальные особенности нистагма. Другие авторы отмечают, например, что моделирование

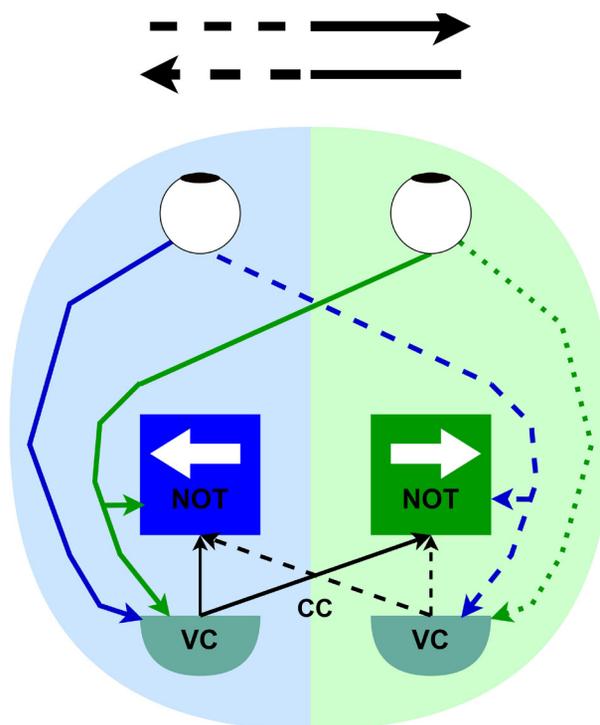


Рис. 1. Нейрональная организация оптокинетического нистагма. Зеленым обозначены пути от правого глаза, синим — от левого. Сплошные линии — информация от правого зрительного поля (campum visus dextrum). Пунктирные линии — информация от левого зрительного поля (campum visus sinistrum). Сокращения: NOT (nucleus tractus optici) — ядро оптического тракта; VC (cortex visualis) — зрительная кора; CC (corpus callosum) — мозолистое тело

Fig. 1. Neuronal organization of optokinetic nystagmus. Pathways from the right eye are shown in green, and those from the left eye in blue. Solid lines represent information from the right visual field (campum visus dextrum). Dashed lines represent information from the left visual field (campum visus sinistrum). Abbreviations: NOT (nucleus tractus optici) — nucleus of the optic tract; VC (cortex visualis) — visual cortex; CC (corpus callosum) — corpus callosum

ОКН указывает на два функционально различных нейронных пути обработки зрительного движения — транзистентный и устойчивый, различающиеся по пространственно-временным характеристикам и скорости реакции (Miura et al. 2019). Свежие работы (Du et al. 2024) представляют иерархическую организацию коры головного мозга человека, включая локальные сенсорные и моторные сети первого порядка, прилегающие к ним распределенные сети второго порядка и высокоуровневые ассоциативные сети третьего порядка, которые формируют повторяющиеся кластеры с функциональной специализацией, что может влиять на такие

процессы, как ОКН, через взаимодействие зрительных и моторных сетей. Отмечают (Murphy, Monteiro 2024), что организация мозга человека, включая специфические архитектурные и молекулярные особенности первичной зрительной коры, играет важную роль в ОКН, что связано с взаимодействием зрительных и двигательных путей, а также с пластичностью синапсов и обменом гамма-аминомасляной кислоты в корковых структурах.

Иными словами, сегодня полагают, что NOT-нейроны контролируют движение глаз через прямые и корковые зрительные пути, а индивидуальные особенности ОКН имеют комплексный характер, связанный с функциональной асимметрией, организацией корковых сетей и нейробиохимическими процессами.

### Предъявление оптокинетической стимуляции

Способы предъявления оптокинетической стимуляции могут основываться на применении вращающихся цилиндров (барабанов) разного размера с внешней или внутренней «рабочей» стороной, лент или дисплеев с соответствующими изображениями, где скорость движения и примеры паттернов могут быть различными. Стимулы могут быть в виде случайных точек, движущихся вверх или вниз, вправо или влево, черных и белых полос, букв, изображений игрушек и так далее (Brandt, Strupp 2005; Enoksson 1956; Harcourt 1969; Kanari et al. 2017; Min et al. 2024; Rubinstein, Abel 2011; Zhu et al. 2025) (рис. 2). Оптимальной является стимуляция, полностью заполняющая поле зрения, например, вращающаяся оптокинетическая арена, внутри которой находится испытуемый.

Сегодня уделяется большое внимание конструированию оптокинетических тестов с использованием виртуальной реальности (Александров и др. 2023; Cooper et al. 2018; Geisinger et al. 2022; Reynders et al. 2025). Применимость подхода имеет широкие перспективы в разных областях: например, обсуждается, что оптокинетическая стимуляция в виртуальной реальности провоцирует векции (иллюзию движения) и постуральные реакции (Keshavarz et al. 2015; Nürnberger et al. 2021; Zhao et al. 2025).

Иными словами, оптокинетическая стимуляция может предъявляться с помощью вращающихся барабанов, дисплеев с разнообразными паттернами или технологий виртуальной реальности, причем оптимальным считается стимул, полностью заполняющий поле зрения.

### Характеристики оптокинетической стимуляции

Все оптокинетические стимулы можно условно разделить на семь типов: горизонтальные и вертикальные (см. рис. 2), диагональные, вращающиеся, смешанные, с изменением скорости движения стимула, модифицированные с закрыванием глаз (Гурфинкель и др. 1965; Economides et al. 2020; Garbutt et al. 2003; Tsutsumi et al. 2007). Смысл применения различных видов оптокинетической стимуляции связан с принципами мультисенсорной интеграции (Leigh, Zee 2015). Отличающиеся пространственной ориентацией стимулы, как следует из сведений об организации моторного контроля, активируют разные части мозга (Dieterich, Brandt 2015). При этом стимулы могут быть черно-белыми или цветными, отличаться яркостью и контрастностью. Другие характеристики, которые могут

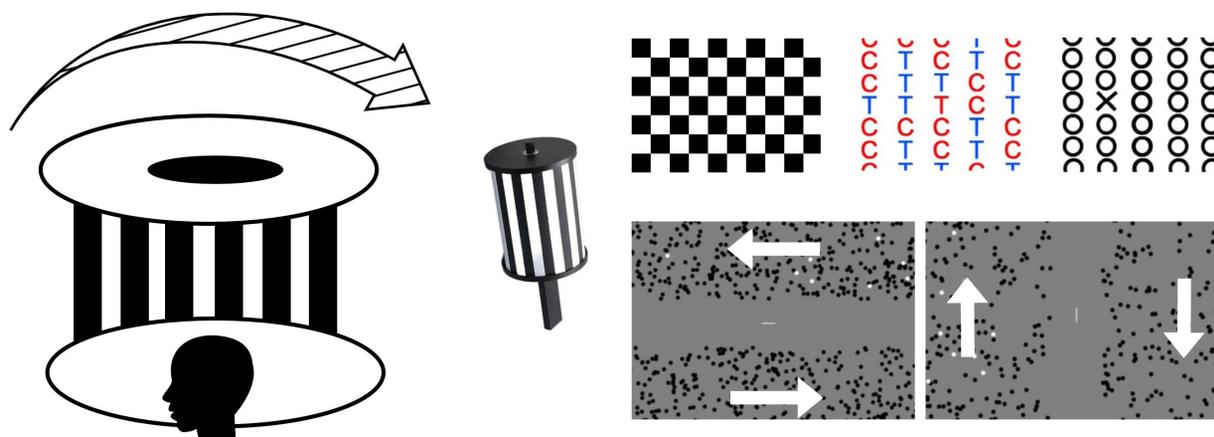


Рис. 2. Варианты оптокинетических стимулов и их предъявления

Fig. 2. Types of optokinetic stimuli and their presentation

влиять на регуляцию позы, — например, расстояние до целевого экрана (De Blasiis et al. 2024).

В случае оптокинетической стимуляции, кроме поля зрения и способа предъявления, вида стимулов, очень важное значение имеет скорость их движения и длительность предъявления. Например, на основе публикаций разных лет можно составить мнение, что «рабочая» скорость стимулов в каких-то случаях может быть выше  $120^\circ/\text{с}$ , а оптимальная в виртуальной реальности для баланса между индукцией векции и развитием «киберболезни» составляет  $30\text{--}60^\circ/\text{с}$  и что скорости ниже  $20^\circ/\text{с}$  могут быть недостаточны для векции, а выше  $80^\circ/\text{с}$  повышают риск «киберболезни», а для стабиллоплатформенных тестов адекватным может быть примерно  $40\text{--}70^\circ/\text{с}$  (Bonato et al. 2008; Dichgans, Brandt 1973; Luo et al. 2018; Sadeghpour, Otero-Millan 2020; Wibble 2024; Wibble et al. 2020) или ниже для чувствительных категорий пациентов (Komagata et al. 2021). Иными словами, этот параметр вариативен и связан с целевой методикой.

То есть любой тип оптокинетической стимуляции может быть выбран для теста на стабиллоплатформе (при соблюдении соответствующих условий для испытуемого или пациента — в том числе учета противопоказаний), исходя из цели исследования. При этом следует учитывать, по крайней мере: формат предъявления стимулов, их пространственную ориентацию, вид, скорость и методику воздействия, включая комбинации. Цвет стимулов тоже может влиять на оптокинетические ответы.

### Оптокинетические тесты без стабиллоплатформы

Условно «стандартный» тест на ОКН (без стабиллоплатформы) сегодня, как правило, предполагает регистрацию оптокинетических «ответов» на движущиеся в поле зрения испытуемого стимулы (Min et al. 2024; Zhu et al. 2025). Количественные характеристики, такие, как, например, амплитуда, частота и скорость медленной фазы, оцениваются по сравнению с «нормой» — подробные обсуждения оптокинетических параметров и протоколов доступны в специальной литературе (Jacobson et al. 2021).

Давно известны методики проверки остроты зрения с помощью ОКН (Lewkonia 1969). Использовались методы оптокинетической стимуляции для объективной оценки зрительных функций у детей младшего возраста (Harcourt 1969). Подобные способы вновь актуализируются (Turuwhenua et al. 2024). Эти и другие

похожие работы касаются накопленного уже к середине XX века опыта исследований ОКН для клиники — например, в обзоре по ОКН за 1954–1960 годы отмечалась ценность методик с ОКН для выявления поражений теменной доли мозга, дифференциальной диагностики органических и функциональных зрительных расстройств, а также объективной оценки зрения у пациентов, неспособных к вербальному контакту (Reinecke 1961).

В 1990-е годы клиницисты (Konijnenberg, Kingma 1995) полагали, что комбинированная визуально-вестибулярная стимуляция с асинхронно движущейся мишенью улучшает дифференциальную диагностику пациентов с различными патологиями, такими, как болезнь Меньера, доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение (ДППГ) и последствия хлыстовой травмы. Преимущества оптокинетических тестов связывали с высокой воспроизводимостью и большей надежностью по сравнению с традиционными ротационными пробами. Однако сегодня для диагностики периферических вестибулопатий обычно применяют мануальные тесты с элементами объективизации (Парфенов и др. 2024). Спустя 30 лет коллектив авторов с участием Германа Кингма вновь обращает внимание на недостаточную объективность мануальных диагностических проб (Hentze et al. 2025).

Простые и доступные методики с ОКН видятся ценным инструментом для диагностики и мониторинга состояний, поскольку позволяют оценить функцию как сенсорной, так и моторной системы, а также выявлять асимметрии, характерные для определенных патологий (Hale et al. 2024; Papanagnu, Brodsky 2014).

### Смысл добавления стабиллоплатформы

Соматосенсорная интеграция объединяет проприоцептивные, вестибулярные и зрительные сигналы для постурального контроля, где зрение компенсирует недостаток соматосенсорной информации, обеспечивая пространственную ориентацию и коррекцию позы (Peterka 2002; Winter et al. 2023). Есть мнение, что зрительная афферентация модулирует динамику постурального контроля, определяя преобладание обратной связи на коротких временных отрезках ( $<500\text{ мс}$ ) и переход к инерционным процессам на длинных ( $>1000\text{ мс}$ ), отражая ключевую роль зрения в организации каскадной регуляции позы (Mangalam, Kelty-Stephen 2021). При этом характер наблюдаемого объекта (изображения) может влиять на регистрируемые с помощью

стабилоплатформы параметры равновесия (Kubryak, Grohovsky 2015), что можно трактовать и как свойства «постурального якоря» (Cooper et al. 2018).

Существует представление, что проприоцепторы глазодвигательных мышц передают данные о движениях глаз, которые интерпретируются как смещение тела, и второе — об «эфферентной копии», согласно которому центральная нервная система использует копию двигательной команды для предвосхищения движений глаз и компенсации их в контексте сохранения зрительной стабильности (Aoki et al. 2016; Chaudhary et al. 2022; Glasauer et al. 2005; Guerraz, Bronstein 2008; Murakami, Cavanagh 1998; 2001). Акцент сегодня делается на второе (рис. 3).

Роль зрения в регуляции вертикальной позы давно изучается (Berthoz et al. 1979; Dichgans et al. 1972; Nashner, Berthoz 1978; Nashner et al. 1982; Redfern et al. 2001). Существует «пласт»

малодоступных сегодня старинных работ, описанных Виктором Гурфинкелем, например, опыты 1927 года в России с кефалографией при смотре на крутящийся картонный диск с изображенной спиралью (Гурфинкель и др. 1965). Однако широкое включение постурографии в исследования влияния оптокинетической стимуляции на регуляцию позы во многом обеспечено активностью Льюиса Нэшнера и его коллег в конце XX и начале XXI века, как и в случае для «теста лимита стабильности» (Кубряк 2025).

Таким образом, объединение в комплекс стабилоплатформы и средств оптокинетической стимуляции обеспечивает возможность объективной оценки влияния зрительного входа на постуральный контроль, включая анализ механизмов интеграции сенсорных сигналов и роли «эфферентной копии» движений глаз в поддержании стабильной позы.

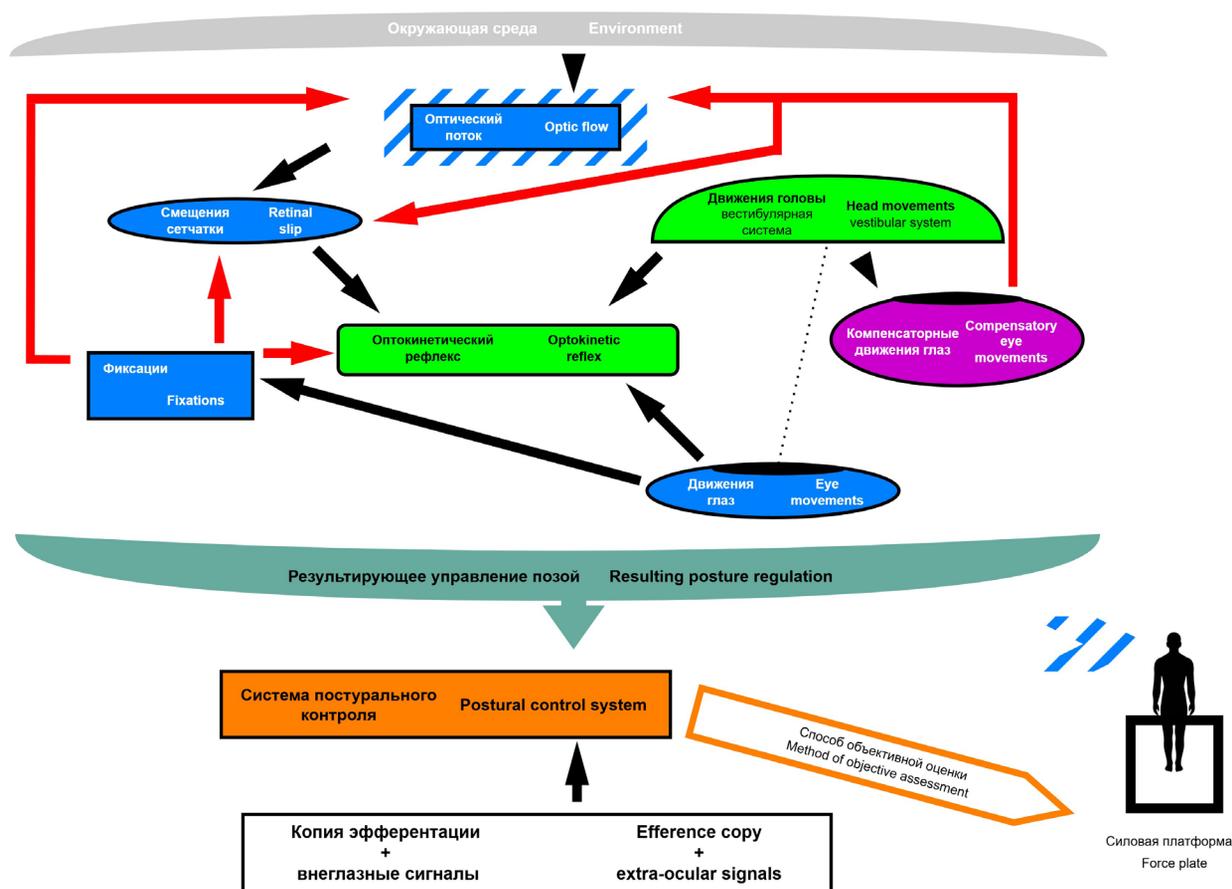


Рис. 3. Сенсомоторная модель дифференциации самодвижения и внешнего движения на основе зрительно-вестибулярного взаимодействия. Синим выделены элементы только визуальной системы, зеленым — только вестибулярной, а фиолетовым — интегрированные. Черные стрелки обозначают генерацию сигнала, а красные — подавление (Адаптировано из Chaudhary et al. 2022)

Fig. 3. A sensorimotor model for differentiating self-motion from object-motion based on visual-vestibular interaction. Blue: visual-only elements; green: vestibular-only; purple: integrated components. Black arrows: signal generation; red arrows: suppression (Adapted from Chaudhary et al. 2022)

## Реализация оптокинетического теста с оценкой позы

Различные производители постурографического оборудования и комплексов, а также авторы используют различные протоколы для оптокинетического теста — приведем примеры.

В работе (Nishino et al. 2021) тест с оптокинетической стимуляцией выполнялся в положении испытуемого стоя на платформе, покрытой мягкой термопластичной подушкой, для акцента на вестибулярную и зрительную составляющие контроля позы. Визуальный стимул предъявлялся на экране перед испытуемым в виде движущихся полос или имитации движения вперед («туннельный» режим). Горизонтальное движение полос происходило со скоростью 16% от максимальной шкалы программного обеспечения, а «туннельное» движение — со скоростью 4%, без вращательных компонентов. Один вариант теста длился 30 секунд. Тест проводили в контролируемых условиях: стандартное освещение, отсутствие внешних раздражителей, после предварительного отдыха испытуемых и исключения влияния факторов, таких как употребление кофеина или алкоголя за 48 часов до исследования. Участники сохраняли позу с вытянутыми вперед руками и не использовали дополнительных опор. Оценивали следующие параметры пострального контроля: площадь колебаний общего центра давления (в квадратных миллиметрах); средняя скорость колебаний по двум осям (в миллиметрах в секунду); а также комплексные расчетные показатели при стимуляции вправо, влево и при туннельной стимуляции.

Широко известен «Тест сенсорной организации», разработанный ранее существовавшей компанией Льюиса Нэшнера, выступившей «законодателем мод» в данной области (Кубряк 2025). Он проводится для оценки постральной стабильности путем последовательной оценки сенсорных входов, включая вариант оптокинетической стимуляции. В ходе теста для испытуемого реализуются шесть условий, каждое длительностью 20 секунд, с тремя повторениями. Оптокинетический компонент активируется в условиях 3, 4 и 6, где визуальное окружение (физическая поверхность) двигается относительно с колебаниями тела участника в передне-заднем направлении, создавая сенсорный конфликт. В условиях 4 и 6 дополнительно имитируется нестабильная опора. Результат рассчитывается в виде комплексного показателя на основе оценки отклонения центра масс от теоретического предела устойчи-

вости (12,5°), где меньшие колебания соответствуют более высоким баллам. Сенсорные соотношения (визуальное, вестибулярное, соматосенсорное) вычисляются из сравнения результатов на разных этапах теста (Pegussa et al. 2021; Pletcher et al. 2017).

Данные примеры далеко не исчерпывают возможные варианты тестов на стабиллоплатформе с применением оптокинетической стимуляции. Как следует из анализа приведенной в данном обзоре литературы, число возможных комбинаций для конструирования тестов подобного типа чрезвычайно велико, а меры для результатов весьма различны.

## Заключение

Сегодня определением «оптокинетический тест на стабиллоплатформе» могут обозначаться очень разнообразные процедуры, разработанные с различными целями и выполняемые с помощью разных приспособлений, в отличающихся друг от друга условиях. При конструировании методики проведения оптокинетического теста на стабиллоплатформе можно обсуждать, как минимум, пять вопросов:

первый — выбор длительности, последовательности и пространственной ориентации предъявляемых оптокинетических стимулов (например, вверх и вниз, влево и вправо, по диагонали, вращающиеся и так далее, включая комбинации);

второй — выбор параметров стимулов, таких как размер, форма, скорость движения, цвет, фон, яркость и контрастность, степень упорядоченности;

третий — выбор способа предъявления стимулов (например, с помощью компьютерного экрана, шлема виртуальной реальности, оптокинетического барабана, оптокинетической арены, светодиодной ленты и так далее, с их специфическими характеристиками), охвата полей зрения для успешной реализации целевого предъявления стимулов, и другое;

четвертый — выбор способа размещения испытуемого на стабиллоплатформе, включая вертикальное стояние на двух ногах (например, стопы вместе, пятки вместе, стопы врозь и так далее), на одной ноге, или иное расположение тела;

пятый — выбор стабиллоплатформы (например, размер), типа опорной поверхности (например, мягкая или твердая), программного обеспечения (например, для своевременного начала и необходимого режима регистрации во время оптокинетической стимуляции;

одновременной записи опорных реакций и движений глаз с помощью включенных в систему датчиков) и другое.

Однако ключевым остается конструирование смысла того или иного теста, а также способов анализа данных для получения надежных результатов и их сопоставления. Отдельного разбора, выходящего за рамки данного обзора, заслуживает проблема выбора расчетных показателей в стабилметрическом исследовании и метрологического обеспечения.

На мой взгляд, потенциал комплексирования исследования опорных реакций человека (на стабиллоплатформе) с оптокинетическим воздействием до сих пор полностью не раскрыт. Думаю, что это может быть связано с расхождением во времени блестящих исследователей визуальной системы и моторного контроля, которые совершали грандиозные научные прорывы преимущественно в первой половине XX века, и появлением доступных стабиллоплатформ и вычислительных возможностей нашего вре-

мени. Вторая причина — оттеснение на второй план других методов в связи с триумфом технологий нейровизуализации. Однако сегодня сочетание «старых» методов с современной техникой и способами обработки данных могут дать новое качество диагностики. В этой связи полагаю важным обратить особое внимание на конструирование методик и точность их описания в диссертационных и прочих исследованиях для обмена опытом и 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

- Александров, В. В., Лемак, С. С., Тихонова, К. В. и др. (2023) Биомехатроника — космические исследования. *Пилотируемые полеты в космос*, № 4 (49), с. 77–94.
- Апаев, А. В. (2021) Нистагм: распространенность, классификация, патогенез (обзор литературы). *Российская педиатрическая офтальмология*, т. 16, № 2, с. 53–60. <https://doi.org/10.17816/rpoj70982>
- Благинин, А. А., Синельников, С. Н., Ляшедько, С. П., Глушков, Р. С. (2018) Влияние оптокинетического и статокинетического воздействий на пространственную ориентировку операторов авиационного профиля. *Военно-медицинский журнал*, т. 339, № 2, с. 44–49.
- Вавилова, А. А. (2022) О некоторых ярких страницах в истории вестибулологии XX века. Исторический обзор, дискуссионные вопросы. Часть 2. Вызовы авиакосмической медицины. *Российская оториноларингология*, т. 21, № 3, с. 137–147. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-3-137-147>
- 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.
- Илларионова, Е. М., Грибова, Н. П. (2022) Вестибулярная мигрень. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*, т. 122, № 5, с. 78–83. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212205178>
- Кисляков, В. А., Неверов, В. П. (1966) *Реакция глазодвигательной системы на движение объектов в поле зрения: оптокинетический нистагм*. М.; Л.: Наука, 53 с.
- Коновалова, Н. Г., Артемьев, А. А., Ахметзянов, Р. Е. (2021) Особенности постуральной регуляции подростков, занимающихся эстрадным танцем, по данным стабилметрии. *Спортивная медицина: наука и практика*, т. 11, № 3, с. 28–33. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.9>
- Коскин, С. А., Ковальская, А. А. (2012) Объективное измерение остроты зрения на основе оптокинетического нистагма. Современные методы нистагмографии. *Офтальмологические ведомости*, т. 5, № 1, с. 52–57.
- Кручинин, П. А., Кручинина, А. П., Кудряшов, И. А. и др. (2022) Количественная оценка изменения функционального состояния человека за время полета летательного аппарата. *Мехатроника, автоматизация, управление*, т. 23, № 12, с. 651–660. <https://doi.org/10.17587/mau.23.651-660>
- Крюков, А. И., Гуров, А. В. (2018) Кафедра оториноларингологии лечебного факультета Российского национального исследовательского университета им. Н. И. Пирогова Минздрава России: от истоков до современности. *Вестник оториноларингологии*, т. 83, № 1, с. 4–10. <https://doi.org/10.17116/otorino20188314-10>
- Кубряк, О. В. (2020) Как техника предшествует науке (на примере силовых платформ). *Гуманитарный вестник*, вып. 2 (82), с. 1–13. <https://doi.org/10.18698/2306-8477-2020-2-656>
- Кубряк, О. В. (2025) Тест «лимита стабильности» вертикальной позы человека на стабиллоплатформе. *Интегративная физиология*, т. 6, № 1, с. 26–40. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-26-40>

- 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>
- Лиленко, С. В., Сугарова, С. Б., Лиленко, А. С., Костевич, И. В. (2023) Скрининг-тестирование и компьютеризированная вестибулометрия при вестибулярном нейроните. *Медицинский совет*, т. 17, № 6, с. 104–111. <https://doi.org/10.21518/ms2022-007>
- Лучихин, Л. А., Скворцов, Д. В., Кононова, Н. А., Востоков, А. В. (2006) Постурографическая экспресс-диагностика функционального состояния системы равновесия в вестибулологии. *Вестник оториноларингологии*, № 1, с. 13–17. PMID: 16482003
- Марьенко, И. П., Можейко, М. П., Лихачев, С. А. (2022) Алгоритм выбора методов физической реабилитации у пациентов с атаксией. *Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа*, т. 12, № 4, с. 414–421. <https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.4.034>
- Насретдинова, М. Т. (2019) Изменения стабиллометрических показателей у пациентов с системным головокружением. *Оториноларингология. Восточная Европа*, т. 9, № 2, с. 135–139.
- Пальчун, В. Т., Лучихин, Л. А., Патрин, А. Ф. (1984) *Способ диагностики скрытых вестибулярных расстройств*. Патент SU1126285A1. Дата регистрации 27.01.1983. Выдано Роспатентом.
- Памяти Льва Александровича Лучихина. (2014) *Вестник оториноларингологии*, № 6, с. 87. <https://doi.org/10.17116/otorino2014687>
- Парфенов, В. А., Замерград, М. В., Зайцева, О. В. и др. (2024) Доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение: диагностика, лечение, реабилитация. Современные представления о роли бетагистина в комплексном лечении пациентов с доброкачественным пароксизмальным позиционным головокружением. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*, т. 16, № 5, с. 120–130. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2024-5-120-130>
- Переяслов, Г. А., Слива, С. С. (2002) Методическое обеспечение стабиллоанализатора «Стабилан 01». *Известия ЮФУ. Технические науки*, т. 28, № 5, с. 82–88.
- Седоченко, С. В., Савинкова, О. Н., Попова, И. Е. (2023) Анализ билатеральных стабиллометрических характеристик квалифицированных прыгунов в воду при воздействии оптокинетического нистагма. *Человек. Спорт. Медицина*, т. 23, № S2, с. 19–23.
- Aoki, S., Kawano, A., Terao, M., Murakami, I. (2016) Time dilation in a perceptually jittering dot pattern. *Journal of Vision*, vol. 16, no. 14, article 2. <https://doi.org/10.1167/16.14.2>
- Babcock, H. L. (1917) Some observations on the Bárány tests as applied to aviators. *Boston Medical and Surgical Journal*, vol. 177, no. 24, pp. 840–843. <https://doi.org/10.1056/NEJM191712131772404>
- Bergmann, F., Chaimovitz, M., Gutman, J., Zelig, S. (1963) Optokinetic nystagmus and its interaction with central nystagmus. *The Journal of Physiology*, vol. 168, no. 2, pp. 318–331. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1963.sp007194>
- Berthoz, A., Lacour, M., Soechting, J. F., Vidal, P. P. (1979) The role of vision in the control of posture during linear motion. *Progress in Brain Research*, vol. 50, pp. 197–209. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)60820-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)60820-1)
- Bonato, F., Bubka, A., Palmisano, S. et al. (2008) Vection change exacerbates simulator sickness in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 17, no. 3, pp. 283–292. <https://doi.org/10.1162/pres.17.3.283>
- Bornmann, L., Haunschild, R., Mutz, R. (2021) Growth rates of modern science: A latent piecewise growth curve approach to model publication numbers from established and new literature databases. *Humanities & Social Sciences Communications*, vol. 8, no. 1, article 224. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00903-w>
- Borries, G. (1926) *Fixation und Nystagmus*. Kopenhagen: Th. Linds Eftf. Publ., 112 p.
- Brandt, T., Strupp, M. (2005) General vestibular testing. *Clinical Neurophysiology*, vol. 116, no. 2, pp. 406–426. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.08.009>
- Cavero, I., Guillon, J.-M., Holzgrefe, H. H. (2017) Reminiscing about Jan Evangelista Purkinje: A pioneer of modern experimental physiology. *Advances in Physiology Education*, vol. 41, no. 4, pp. 528–538. <https://doi.org/10.1152/advan.00068.2017>
- Chaudhary, S., Saywell, N., Taylor, D. (2022) The differentiation of self-motion from external motion is a prerequisite for postural control: A narrative review of visual-vestibular interaction. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 16, article 697739. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.697739>
- Collins, H. (2010) *Tacit and explicit knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 200 p.
- Cooper, N., Cant, I., White, M. D., Meyer, G. F. (2018) Perceptual assessment of environmental stability modulates postural sway. *PLoS One*, vol. 13, no. 11, article e0206218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206218>
- De Blasiis, P., Fullin, A., De Girolamo, C. I. et al. (2024) Posture and vision: How different distances of viewing target affect postural stability and plantar pressure parameters in healthy population. *Heliyon*, vol. 10, no. 21, article e39257. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39257>
- 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. 1-1, pp. 102–106. <https://doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134>
- Dichgans, J., Brandt, T. (1973) Optokinetic motion sickness and pseudo-Coriolis effects induced by moving visual stimuli. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 76, no. 1-6, pp. 339–348. <https://doi.org/10.3109/00016487309121519>

- Dichgans, J., Held, R., Young, L. R., Brandt, T. (1972) Moving visual scenes influence the apparent direction of gravity. *Science*, vol. 178, no. 4066, pp. 1217–1219. <https://doi.org/10.1126/science.178.4066.1217>
- Dieterich, M., Brandt, T. (2015) The bilateral central vestibular system: Its pathways, functions, and disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1343, no. 1, pp. 10–26. <https://doi.org/10.1111/nyas.12585>
- Du, J., DiNicola, L. M., Angeli, P. A. et al. (2024) Organization of the human cerebral cortex estimated within individuals: Networks, global topography, and function. *Journal of Neurophysiology*, vol. 131, no. 6, pp. 1014–1082. <https://doi.org/10.1152/jn.00308.2023>
- Economides, J. R., Suh, Y.-W., Simmons, J. B. et al. (2020) Vertical optokinetic stimulation induces diagonal eye movements in patients with idiopathic infantile nystagmus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 61, no. 6, article 14. <https://doi.org/10.1167/iovs.61.6.14>
- Enoksson, P. (1956) Optokinetic nystagmus in brain lesions. *Acta Ophthalmologica*, vol. 34, no. 3, pp. 163–184. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1956.tb03347.x>
- Garbutt, S., Han, Y., Kumar, A. N. et al. (2003) Vertical optokinetic nystagmus and saccades in normal human subjects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 44, no. 9, pp. 3833–3841. <https://doi.org/10.1167/iovs.03-0066>
- Geisinger, D., Engelberg, K., Suarez, H. et al. (2022) Slower velocity perception with stronger optokinetic nystagmus: A paradoxical perception in virtual reality. *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 441, article 120384. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120384>
- Gerb, J., Brandt, T., Huppert, D. (2023) Historical descriptions of nystagmus and abnormal involuntary eye movements in various ancient cultures. *Science Progress*, vol. 106, no. 3, article 00368504231191986. <https://doi.org/10.1177/00368504231191986>
- Glasauer, S., Schneider, E., Jahn, K. et al. (2005) How the eyes move the body. *Neurology*, vol. 65, no. 8, pp. 1291–1293. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000175132.01370.fc>
- Guerraz, M., Bronstein, A. M. (2008) Ocular versus extraocular control of posture and equilibrium. *Neurophysiologie Clinique / Clinical Neurophysiology*, vol. 38, no. 6, pp. 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.007>
- Hale, D. E., Reich, S., Gold, D. (2024) Optokinetic nystagmus: Six practical uses. *Practical Neurology*, vol. 24, no. 4, pp. 285–288. <https://doi.org/10.1136/pn-2023-003772>
- Harcourt, B. (1969) Special forms of examination. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, vol. 62, no. 6, pp. 557–561. <https://doi.org/10.1177/003591576906200612>
- Hentze, M., Hougaard, D. D., Kingma, H. (2025) The intra-examiner variability in and accuracy of traditional manual diagnostics of benign paroxysmal positional vertigo: A prospective observational cohort study. *Journal of Clinical Medicine*, vol. 14, no. 2, article 434. <https://doi.org/10.3390/jcm14020434>
- Hogenhuis, L. A. H. (2008) Book VIII — ‘On the origin of movement’. History. In: *Cognition and recognition: On the origin of movement*. Leiden: Brill Publ., pp. 301–322. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004168367.i-353.58>
- Jacobson, G. P., Shepard, N. T., Barin, K. et al. (2021) *Balance function assessment and management*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego: Plural Publ., 717 p.
- Kanari, K., Kikuchi, M. (2025) OKN and pupillary response modulation by gaze and attention shifts. *Journal of Eye Movement Research*, vol. 18, no. 2, article 11. <https://doi.org/10.3390/jemr18020011>
- Kanari, K., Sakamoto, K., Kaneko, H. (2017) Effect of visual attention on the properties of optokinetic nystagmus. *PLoS One*, vol. 12, no. 4, article e0175453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175453>
- Kassavetis, P., Kaski, D., Anderson, T., Hallet, M. (2022) Eye movement disorders in movement disorders. *Movement Disorders Clinical Practice*, vol. 9, no. 3, pp. 284–295. <https://doi.org/10.1002/mdc3.13413>
- Keshavarz, B., Riecke, B. E., Hettlinger, L. J., Campos, J. L. (2015) Vection and visually induced motion sickness: How are they related? *Frontiers in Psychology*, vol. 6, article 472. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00472>
- Knapp, C. M., Proudlock, F. A., Gottlob, I. (2013) OKN asymmetry in human subjects: A literature review. *Strabismus*, vol. 21, no. 1, pp. 37–49. <https://doi.org/10.3109/09273972.2012.762532>
- Komagata, J., Sugiura, A., Takamura, H. et al. (2021) Effect of optokinetic stimulation on weight-bearing shift in standing and sitting positions in stroke patients. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 57, no. 1, pp. 13–23. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.20.06184-5>
- Konijnenberg, J. J., Kingma, H. (1995) Visuo-vestibular interaction measurements: An alternative for rotation tests with better discriminatory power? *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 115-1, suppl. 520, pp. 194–198. <https://doi.org/10.3109/00016489509125226>
- Kubryak, O. V., Grohovsky, S. S. (2015) Shift in vertical stance parameters in humans viewing different images. *Human Physiology*, vol. 41, no. 2, pp. 162–165. <https://doi.org/10.1134/S0362119715010089>
- Leigh, R. J., Zee, D. S. (2015) *The neurology of eye movements*. 5<sup>th</sup> ed. New York: Oxford University Press, 1136 p. <https://doi.org/10.1093/med/9780199969289.001.0001>
- Lewkonia, I. (1969) Objective assessment of visual acuity by induction of optokinetic nystagmus. *British Journal of Ophthalmology*, vol. 53, no. 9, pp. 641–644. <https://doi.org/10.1136/bjo.53.9.641>
- London, R. (1982) Optokinetic nystagmus: A review of pathways, techniques and selected diagnostic applications. *Journal of the American Optometric Association*, vol. 53, no. 10, pp. 791–798.

- Luo, H., Wang, X., Fan, M. et al. (2018) The effect of visual stimuli on stability and complexity of postural control. *Frontiers in Neurology*, vol. 9, article 48. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00048>
- Mangalam, M., Kelty-Stephen, D. G. (2021) Hypothetical control of postural sway. *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 18, no. 176, article 20200951. <https://doi.org/10.1098/rsif.2020.0951>
- McAssey, M., Brandt, T., Dieterich, M. (2022) EEG analysis of the visual motion activated vection network in left- and right-handers. *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, article 19566. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21824-x>
- Min, X., Rehman, F. U., Jing, W. et al. (2024) Preliminary study on the computer-based optokinetic nystagmus analyzer to detect the visual acuity of preschool children. *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 72, suppl. 2, pp. S162–S166. [https://doi.org/10.4103/IJO.IJO\\_2683\\_23](https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_2683_23)
- Miura, K., Takemura, A., Taki, M., Kawano, K. (2019) Model of optokinetic responses involving two different visual motion processing pathways. *Progress in Brain Research*, vol. 248, pp. 329–340. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2019.02.005>
- Mudry, A. (2000) Robert Barany (1876–1936). *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 68, no. 4, p. 507. <https://doi.org/10.1136/jnnp.68.4.507>
- Murakami, I., Cavanagh, P. (1998) A jitter after-effect reveals motion-based stabilization of vision. *Nature*, vol. 395, no. 6704, pp. 798–801. <https://doi.org/10.1038/27435>
- Murakami, I., Cavanagh, P. (2001) Visual jitter: Evidence for visual-motion-based compensation of retinal slip due to small eye movements. *Vision Research*, vol. 41, no. 2, pp. 173–186. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(00\)00237-6](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00237-6)
- Murphy, K. M., Monteiro, L. (2024) Anatomical and molecular development of the human primary visual cortex. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, vol. 18, article 1427515. <https://doi.org/10.3389/fncel.2024.1427515>
- Nashner, L. M., Berthoz, A. (1978) Visual contribution to rapid motor responses during postural control. *Brain Research*, vol. 150, no. 2, pp. 403–407. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(78\)90291-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(78)90291-3)
- Nashner, L. M., Black, F. O., Wall, C. III (1982) Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. *Journal of Neuroscience*, vol. 2, no. 5, pp. 536–544. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.02-05-00536.1982>
- Nishino, L. K., Rocha, G. D., de Souza, T. S. A. et al. (2021) Protocol for static posturography with dynamic tests in individuals without vestibular complaints using the Horus system. *Codas*, vol. 33, no. 3, article e20190270. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019270>
- Nürnbergger, M., Klingner, C., Witte, O. W., Brodoehl, S. (2021) Mismatch of visual-vestibular information in virtual reality: Is motion sickness part of the brains attempt to reduce the prediction error? *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 15, article 757735. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.757735>
- Papanagnu, E., Brodsky, M. C. (2014) Is there a role for optokinetic nystagmus testing in contemporary orthoptic practice? Old tricks and new perspectives. *American Orthoptic Journal*, vol. 64, no. 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.3368/aoj.64.1.1>
- Perucca, L., Robecchi Majnardi, A., Frau, S., Scarano, S. (2021) Normative data for the NeuroCom® Sensory Organization Test in subjects aged 80–89 years. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 15, article 761262. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.761262>
- Peterka, R. J. (2002) Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, vol. 88, no. 3, pp. 1097–1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
- Pischel, K. (1912) Barany's investigation on localization in the cerebellum. *Cal State J Med*, vol. 10, no. 9, pp. 378–379.
- Pletcher, E. R., Williams, V. J., Abt, J. P. et al. (2017) Normative data for the NeuroCom Sensory Organization Test in US Military Special Operations Forces. *Journal of Athletic Training*, vol. 52, no. 2, pp. 129–136. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.05>
- Redfern, M. S., Yardley, L., Bronstein, A. M. (2001) Visual influences on balance. *Journal of Anxiety Disorders*, vol. 15, no. 1–2, pp. 81–94. [https://doi.org/10.1016/S0887-6185\(00\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0887-6185(00)00043-8)
- Reinecke, R. D. (1961) Review of optokinetic nystagmus from 1954–1960. *Archives of Ophthalmology*, vol. 65, no. 4, pp. 609–615. <https://doi.org/10.1001/archophth.1961.01840020611028>
- Reynders, M., Bos, J., Mert, A. et al. (2025) Feasibility of virtual reality to induce and measure optokinetic after-nystagmus (OKAN): A pilot study. *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, article 13471. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96915-6>
- Reynders, M., Van der Sypt, L., Bos, J. et al. (2024) Systematic review and meta-analysis of the diagnostic value of optokinetic after-nystagmus in vestibular disorders. *Frontiers in Neurology*, vol. 15, article 1367735. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1367735>
- Robinson, D. A. (2022) The behavior of the optokinetic system. *Progress in Brain Research*, vol. 267, no. 1, pp. 215–230. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2021.10.010>
- Roelofs, C. O. (1954) Optokinetic nystagmus. *Documenta Ophthalmologica*, vol. 7-8, pp. 579–650. <https://doi.org/10.1007/BF00238148>
- Rubinstein, N. J., Abel, L. A. (2011) Optokinetic nystagmus suppression as an index of the allocation of visual attention. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 52, no. 1, pp. 462–467. <https://doi.org/10.1167/iov.10-6016>

- Sadeghpour, S., Otero-Millan, J. (2020) Torsional component of microsaccades during fixation and quick phases during optokinetic stimulation. *Journal of Eye Movement Research*, vol. 13, no. 5, article 5. <https://doi.org/10.16910/jemr.13.5.5>
- Tarnutzer, A. A., Straumann, D. (2018) Nystagmus. *Current Opinion in Neurology*, vol. 31, no. 1, pp. 74–80. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000517>
- Tsutsumi, T., Inaoka, H., Fukuoka, Y. et al. (2007) Cross-coupling in a body-translating reaction: Interaural optokinetic stimulation reflects a gravitational cue. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 127, no. 3, pp. 273–279. <https://doi.org/10.1080/00016480600868422>
- Turuwhenua, J., LinTun, Z., Norouzfard, M. et al. (2024) Automated visual acuity estimation by optokinetic nystagmus using a stepped sweep stimulus. *Ophthalmic and Physiological Optics*, vol. 44, no. 7, pp. 1500–1512. <https://doi.org/10.1111/opo.13391>
- Van der Meulen, P. (1950) *Vestibulaire en optokinetic nystagmus bij de duif. MD dissertation*. Groningen, Rijksuniversiteit Groningen, 83 p.
- Wade, N. J. (2021) Helmholtz at 200. *i-Perception*, vol. 12, no. 4, article 20416695211022374. <https://doi.org/10.1177/20416695211022374>
- Wade, N. J., Brožek, J. (2001) *Purkinje's vision: The dawning of neuroscience*. London: Lawrence Erlbaum Publ., 151 p.
- Wegner, T. G. G., Grenzebach, J., Bendixen, A., Einhäuser, W. (2021) Parameter dependence in visual pattern-component rivalry at onset and during prolonged viewing. *Vision Research*, vol. 182, pp. 69–88. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.12.006>
- Wibble, T. (2024) Temporal dynamics of ocular torsion and vertical vergence during visual, vestibular, and visuovestibular rotations. *Experimental Brain Research*, vol. 242, no. 6, pp. 1469–1479. <https://doi.org/10.1007/s00221-024-06842-7>
- Wibble, T., Engström, J., Pansell, T. (2020) Visual and vestibular integration express summative eye movement responses and reveal higher visual acceleration sensitivity than previously described. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 61, no. 5, article 4. <https://doi.org/10.1167/iovs.61.5.4>
- Winter, D. A., Thomas, S. J., Zeni, J. A. (2023) *Biomechanics and motor control of human movement*. 5<sup>th</sup> ed. Hoboken: Wiley Publ., 384 p.
- XIII International ophthalmological congress, Amsterdam, September 5–13, 1929. (1929) *British Journal of Ophthalmology*, vol. 13, no. 9, pp. 450–451. <https://doi.org/10.1136/bjo.13.9.450>
- Zhang, C., Triesch, J., Shi, B. E. (2016) An active-efficient-coding model of optokinetic nystagmus. *Journal of Vision*, vol. 16, no. 14, article 10. <https://doi.org/10.1167/16.14.10>
- Zhao, J., Shi, L., Li, X. et al. (2025) Investigating the role of vestibular function in motion sickness and visually induced motion sickness by multiple vestibular function tests. *Acta Oto-Laryngologica*, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1080/00016489.2025.2486609>
- Zhu, B., Yang, M., Liu, X. et al. (2025) Assessing pediatric visual acuity with a computerized optokinetic nystagmus analyzer. *Clinics (São Paulo)*, vol. 80, article 100671. <https://doi.org/10.1016/j.clinsp.2025.100671>

## References

- Aleksandrov, V. V., Lemak, S. S., Tikhonova, K. V. et al. (2023) Biomekhatronika — kosmicheskie issledovaniya [Biomechatronics — space research]. *Pilotiruemye polety v kosmos — Manned Spaceflight*, no. 4 (49), pp. 77–94. (In Russian)
- Aoki, S., Kawano, A., Terao, M., Murakami, I. (2016) Time dilation in a perceptually jittering dot pattern. *Journal of Vision*, vol. 16, no. 14, article 2. <https://doi.org/10.1167/16.14.2> (In English)
- Apaev, A. V. (2021) Nistagm: rasprostranennost', klassifikatsiya, patogenez (obzor literatury) [Prevalence, classification, and pathogenesis of nystagmus]. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya — Russian Pediatric Ophthalmology*, vol. 16, no. 2, pp. 53–60. <https://doi.org/10.17816/rpoj70982> (In Russian)
- Babcock, H. L. (1917) Some observations on the Bárány tests as applied to aviators. *Boston Medical and Surgical Journal*, vol. 177, no. 24, pp. 840–843. <https://doi.org/10.1056/NEJM191712131772404> (In English)
- Bergmann, F., Chaimovitz, M., Gutman, J., Zelig, S. (1963) Optokinetic nystagmus and its interaction with central nystagmus. *The Journal of Physiology*, vol. 168, no. 2, pp. 318–331. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1963.sp007194> (In English)
- Berthoz, A., Lacour, M., Soechting, J. F., Vidal, P. P. (1979) The role of vision in the control of posture during linear motion. *Progress in Brain Research*, vol. 50, pp. 197–209. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)60820-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)60820-1) (In English)
- Blaginina, A. A., Sinelnikov, S. N., Lyashed'ko, S. P., Glushkov, R. S. (2018) Vliyaniye optokineticeskogo i statokineticeskogo vozdeystviya na prostranstvennyuyu orientirovku operatorov aviatsionnogo profilya [Influence of the optokinetic and statokinetic effects on the spatial orientation of the aviation profile operators]. *Voенно-медицинский журнал — Military Medical Journal*, vol. 339, no. 2, pp. 44–49. (In Russian)

- Bonato, F., Bubka, A., Palmisano, S. et al. (2008) Vection change exacerbates simulator sickness in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 17, no. 3, pp. 283–292. <https://doi.org/10.1162/pres.17.3.283> (In English)
- Bornmann, L., Haunschild, R., Mutz, R. (2021) Growth rates of modern science: A latent piecewise growth curve approach to model publication numbers from established and new literature databases. *Humanities & Social Sciences Communications*, vol. 8, no. 1, article 224. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00903-w> (In English)
- Borries, G. (1926) *Fixation und Nystagmus [Fixation and nystagmus]*. Kopenhagen: Th. Linds Eftf. Publ., 112 p. (In German)
- Brandt, T., Strupp, M. (2005) General vestibular testing. *Clinical Neurophysiology*, vol. 116, no. 2, pp. 406–426. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.08.009> <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.08.009> (In English)
- Cavero, I., Guillon, J.-M., Holzgrefe, H. H. (2017) Reminiscing about Jan Evangelista Purkinje: A pioneer of modern experimental physiology. *Advances in Physiology Education*, vol. 41, no. 4, pp. 528–538. <https://doi.org/10.1152/advan.00068.2017> (In English)
- Chaudhary, S., Saywell, N., Taylor, D. (2022) The differentiation of self-motion from external motion is a prerequisite for postural control: A narrative review of visual-vestibular interaction. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 16, article 697739. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.697739> (In English)
- Collins, H. (2010) *Tacit and explicit knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 200 p. (In English)
- Cooper, N., Cant, I., White, M. D., Meyer, G. F. (2018) Perceptual assessment of environmental stability modulates postural sway. *PLoS One*, vol. 13, no. 11, article e0206218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206218> (In English)
- De Blasiis, P., Fullin, A., De Girolamo, C. I. et al. (2024) Posture and vision: How different distances of viewing target affect postural stability and plantar pressure parameters in healthy population. *Heliyon*, vol. 10, no. 21, article e39257. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39257> (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. 1-1, pp. 102–106. <https://doi.org/10.1590/s1679-45082010rw1134> (In Portuguese)
- Dichgans, J., Brandt, T. (1973) Optokinetic motion sickness and pseudo-Coriolis effects induced by moving visual stimuli. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 76, no. 1-6, pp. 339–348. <https://doi.org/10.3109/00016487309121519> (In English)
- Dichgans, J., Held, R., Young, L. R., Brandt, T. (1972) Moving visual scenes influence the apparent direction of gravity. *Science*, vol. 178, no. 4066, pp. 1217–1219. <https://doi.org/10.1126/science.178.4066.1217> (In English)
- Dieterich, M., Brandt, T. (2015) The bilateral central vestibular system: Its pathways, functions, and disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1343, no. 1, pp. 10–26. <https://doi.org/10.1111/nyas.12585> (In English)
- Du, J., DiNicola, L. M., Angeli, P. A. et al. (2024) Organization of the human cerebral cortex estimated within individuals: Networks, global topography, and function. *Journal of Neurophysiology*, vol. 131, no. 6, pp. 1014–1082. <https://doi.org/10.1152/jn.00308.2023> (In English)
- Economides, J. R., Suh, Y.-W., Simmons, J. B. et al. (2020) Vertical optokinetic stimulation induces diagonal eye movements in patients with idiopathic infantile nystagmus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 61, no. 6, article 14. <https://doi.org/10.1167/iovs.61.6.14> (In English)
- Enoksson, P. (1956) Optokinetic nystagmus in brain lesions. *Acta Ophthalmologica*, vol. 34, no. 3, pp. 163–184. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1956.tb03347.x> (In Swedish)
- Garbutt, S., Han, Y., Kumar, A. N. et al. (2003) Vertical optokinetic nystagmus and saccades in normal human subjects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 44, no. 9, pp. 3833–3841. <https://doi.org/10.1167/iov.03-0066> (In English)
- Geisinger, D., Engelberg, K., Suarez, H. et al. (2022) Slower velocity perception with stronger optokinetic nystagmus: A paradoxical perception in virtual reality. *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 441, article 120384. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120384> (In English)
- Gerb, J., Brandt, T., Huppert, D. (2023) Historical descriptions of nystagmus and abnormal involuntary eye movements in various ancient cultures. *Science Progress*, vol. 106, no. 3, article 00368504231191986. <https://doi.org/10.1177/00368504231191986> (In English)
- Glasauer, S., Schneider, E., Jahn, K. et al. (2005) How the eyes move the body. *Neurology*, vol. 65, no. 8, pp. 1291–1293. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000175132.01370.fc> (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]. *Meditsinskaya tekhnika — Biomedical Engineering*, vol. 52, no. 2, pp. 138–141. <https://doi.org/10.1007/s10527-018-9799-7> (In Russian)
- Guerraz, M., Bronstein, A. M. (2008) Ocular versus extraocular control of posture and equilibrium. *Neurophysiologie Clinique / Clinical Neurophysiology*, vol. 38, no. 6, pp. 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.007> (In French)
- Gurfinkel, V. S., Kots, Ya. M., Shik, M. L. (1965) *Regulyatsiya pozy cheloveka [Regulation of human posture]*. Moscow: Nauka Publ., 256 p. (In Russian)

- Hale, D. E., Reich, S., Gold, D. (2024) Optokinetic nystagmus: Six practical uses. *Practical Neurology*, vol. 24, no. 4, pp. 285–288. <https://doi.org/10.1136/pn-2023-003772> (In English)
- Harcourt, B. (1969) Special forms of examination. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, vol. 62, no. 6, pp. 557–561. <https://doi.org/10.1177/003591576906200612> (In English)
- Hentze, M., Hougaard, D. D., Kingma, H. (2025) The intra-examiner variability in and accuracy of traditional manual diagnostics of benign paroxysmal positional vertigo: A prospective observational cohort study. *Journal of Clinical Medicine*, vol. 14, no. 2, article 434. <https://doi.org/10.3390/jcm14020434> (In English)
- Hogenhuis, L. A. H. (2008) Book VIII — ‘On the origin of movement’. History. In: *Cognition and recognition: On the origin of movement*. Leiden: Brill Publ., pp. 301–322. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004168367.i-353.58> (In English)
- Illarionova, E. M., Gribova, N. P. (2022) Vestibulyarnaya migren’ [Vestibular migraine]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S. S. Korsakova — S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, vol. 122, no. 5, pp. 78–83. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212205178> (In Russian)
- Jacobson, G. P., Shepard, N. T., Barin, K. et al. (2021) *Balance function assessment and management*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego: Plural Publ., 717 p. (In English)
- Kanari, K., Kikuchi, M. (2025) OKN and pupillary response modulation by gaze and attention shifts. *Journal of Eye Movement Research*, vol. 18, no. 2, article 11. <https://doi.org/10.3390/jemr18020011> (In English)
- Kanari, K., Sakamoto, K., Kaneko, H. (2017) Effect of visual attention on the properties of optokinetic nystagmus. *PLoS One*, vol. 12, no. 4, article e0175453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175453> (In English)
- Kassavetis, P., Kaski, D., Anderson, T., Hallet, M. (2022) Eye movement disorders in movement disorders. *Movement Disorders Clinical Practice*, vol. 9, no. 3, pp. 284–295. <https://doi.org/10.1002/mdc3.13413> (In English)
- Keshavarz, B., Riecke, B. E., Hettinger, L. J., Campos, J. L. (2015) Vection and visually induced motion sickness: How are they related? *Frontiers in Psychology*, vol. 6, article 472. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00472> (In English)
- Kislyakov, V. A., Neverov, V. P. (1966) *Reaktsiya glazodvigatel'noj sistemy na dvizhenie ob'ektov v pole zreniya: optokineticheskiy nistagm [The reaction of the oculomotor system to the movement of objects in sight. Optokinetic nystagmus]*. Moscow; Leningrad: Nauka Publ., 53 p. (In Russian)
- Knapp, C. M., Proudlock, F. A., Gottlob, I. (2013) OKN asymmetry in human subjects: A literature review. *Strabismus*, vol. 21, no. 1, pp. 37–49. <https://doi.org/10.3109/09273972.2012.762532> (In English)
- Komagata, J., Sugiura, A., Takamura, H. et al. (2021) Effect of optokinetic stimulation on weight-bearing shift in standing and sitting positions in stroke patients. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 57, no. 1, pp. 13–23. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.20.06184-5> (In English)
- Konijnenberg, J. J., Kingma, H. (1995) Visuo-vestibular interaction measurements: An alternative for rotation tests with better discriminatory power? *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 115-1, suppl. 520, pp. 194–198. <https://doi.org/10.3109/00016489509125226> (In English)
- Konovalova, N. G., Artem'ev, A. A., Axmetzyanov, R. E. (2021) Osobennosti postural'noj regulyatsii podrostkov, zanimayushchikhsya estradnym tantsom, po dannym stabilometrii [Postural regulation of teenagers performing pop dance, according to stabilometry data]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika — Sports Medicine: Research and Practice*, vol. 11, no. 3, pp. 28–33. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.9> (In Russian)
- Koskin, S. A., Kovalskaya, A. A. (2012) Ob'ektivnoe izmerenie ostroty zreniya na osnove optokineticheskogo nistagma. Sovremennye metody nistagmografii [Optokinetic nystagmus based objective visual acuity measurement. Modern nystagmography methods]. *Oftal'mologicheskie vedomosti — Ophthalmology Reports*, vol. 5, no. 1, pp. 52–57. (In Russian)
- Kruchinin, P. A., Kruchinina, A. P., Kudryashov, I. A. et al. (2022) Kolichestvennaya otsenka izmeneniya funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka za vremya poleta letatel'nogo apparata [Quantification of changes in the functional status of a person during the aircraft flight]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, vol. 23, no. 12, pp. 651–660. <https://doi.org/10.17587/mau.23.651-660> (In Russian)
- Kryukov, A. I., Gurov, A. V. (2018) Kafedra otorinolaringologii lechebnogo fakul'teta Rossijskogo natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta im. N. I. Pirogova Minzdrava Rossii: ot istokov do sovremennosti [Department of Otorhinolaryngology of the Faculty of General Medicine, N. I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation: From the beginning to the present time]. *Vestnik otorinolaringologii — Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*, vol. 83, no. 1, pp. 4–10. <https://doi.org/10.17116/otorino20188314-10> (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. (2025) Test “limita stabil'nosti” vertikal'noj pozy cheloveka na stabiloplatforme [The Limit of Stability: A test for assessing human upright posture control using stabilometry]. *Integrativnaya fiziologiya — Integrative Physiology*, vol. 6, no. 1, pp. 26–40. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-26-40> (In Russian)
- Kubryak, O. V., Grohovskiy, S. S. (2015) Shift in vertical stance parameters in humans viewing different images. *Human Physiology*, vol. 41, no. 2, pp. 162–165. <https://doi.org/10.1134/S0362119715010089> (In English)

- Kubryak, O. V., Mezenchuk, A. I., Pak, S. A. (2023) Primenenie stabiloplatform 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*, vol. 22, no. 2, pp. 105–114. <https://doi.org/10.17816/430299> (In Russian)
- Leigh, R. J., Zee, D. S. (2015) *The neurology of eye movements*. 5<sup>th</sup> ed. New York: Oxford University Press, 1136 p. <https://doi.org/10.1093/med/9780199969289.001.0001> (In English)
- Lewkonia, I. (1969) Objective assessment of visual acuity by induction of optokinetic nystagmus. *British Journal of Ophthalmology*, vol. 53, no. 9, pp. 641–644. <https://doi.org/10.1136/bjo.53.9.641> (In English)
- Lilenko, S. V., Sugarova, S. B., Lilenko, A. S., Kostevich, I. V. (2023) Skringing-testirovanie i komp'yuterizirovannaya vestibulometriya pri vestibulyarnom nejronite [Screening testing and computerized vestibulometry in vestibular neuronitis]. *Meditsinskij sovet — Medical Council*, vol. 17, no. 6, pp. 104–111. <https://doi.org/10.21518/ms2022-007> (In Russian)
- London, R. (1982) Optokinetic nystagmus: A review of pathways, techniques and selected diagnostic applications. *Journal of the American Optometric Association*, vol. 53, no. 10, pp. 791–798. (In English)
- Luchikhin, L. A., Skvortsov, D. V., Kononova, N. A., Vostokov, A. V. (2006) Posturograficheskaya ekspress-diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya sistemy ravnovesiya v vestibulologii [Posturographic rapid diagnosis of a vestibular function in vestibulology]. *Vestnik otorinolaringologii — Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*, no. 1, pp. 13–17. PMID: 16482003 (In Russian)
- Luo, H., Wang, X., Fan, M. et al. (2018) The effect of visual stimuli on stability and complexity of postural control. *Frontiers in Neurology*, vol. 9, article 48. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00048> (In English)
- Mangalam, M., Kelty-Stephen, D. G. (2021) Hypothetical control of postural sway. *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 18, no. 176, article 20200951. <https://doi.org/10.1098/rsif.2020.0951> (In English)
- Maryenko, I. P., Mozheiko, M. P., Likhachev, S. A. (2022) Algoritm vybora metodov fizicheskoj reabilitatsii u patsientov s ataksiej [Algorithm for choosing recover methods of physical rehabilitation in patients with ataxia]. *Nevrologiya i neyrokhirurgiya. Vostochnaya Evropa — Neurology and Neurosurgery. Eastern Europe*, vol. 12, no. 4, pp. 414–421. <https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.4.034> (In Russian)
- McAssey, M., Brandt, T., Dieterich, M. (2022) EEG analysis of the visual motion activated vection network in left- and right-handers. *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, article 19566. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21824-x> (In English)
- Min, X., Rehman, F. U., Jing, W. et al. (2024) Preliminary study on the computer-based optokinetic nystagmus analyzer to detect the visual acuity of preschool children. *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 72, suppl. 2, pp. S162–S166. [https://doi.org/10.4103/IJO.IJO\\_2683\\_23](https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_2683_23) (In English)
- Miura, K., Takemura, A., Taki, M., Kawano, K. (2019) Model of optokinetic responses involving two different visual motion processing pathways. *Progress in Brain Research*, vol. 248, pp. 329–340. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2019.02.005> (In English)
- Mudry, A. (2000) Robert Barany (1876–1936). *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 68, no. 4, p. 507. <https://doi.org/10.1136/jnnp.68.4.507> (In English)
- Murakami, I., Cavanagh, P. (1998) A jitter after-effect reveals motion-based stabilization of vision. *Nature*, vol. 395, no. 6704, pp. 798–801. <https://doi.org/10.1038/27435> (In English)
- Murakami, I., Cavanagh, P. (2001) Visual jitter: Evidence for visual-motion-based compensation of retinal slip due to small eye movements. *Vision Research*, vol. 41, no. 2, pp. 173–186. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(00\)00237-6](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00237-6) (In English)
- Murphy, K. M., Monteiro, L. (2024) Anatomical and molecular development of the human primary visual cortex. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, vol. 18, article 1427515. <https://doi.org/10.3389/fncel.2024.1427515> (In English)
- Nashner, L., Berthoz, A. (1978) Visual contribution to rapid motor responses during postural control. *Brain Research*, vol. 150, no. 2, pp. 403–407. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(78\)90291-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(78)90291-3) (In English)
- Nashner, L. M., Black, F. O., Wall, C. III (1982) Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. *Journal of Neuroscience*, vol. 2, no. 5, pp. 536–544. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.02-05-00536.1982> (In English)
- Nasretdinova, M. T. (2019) Izmeneniya stabilometricheskikh pokazatelej u patsientov s sistemnym golovokruzheniem [Changes in stabilometric parameters in patients with systemic dizziness]. *Otorinolaringologiya. Vostochnaya Evropa — Otorhinolaryngology. Eastern Europe*, vol. 9, no. 2, pp. 135–139. (In Russian)
- Nishino, L. K., Rocha, G. D., de Souza, T. S. A. et al. (2021) Protocol for static posturography with dynamic tests in individuals without vestibular complaints using the Horus system. *Codas*, vol. 33, no. 3, article e20190270. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019270> (In Portuguese)
- Nürnberg, M., Klingner, C., Witte, O. W., Brodoehl, S. (2021) Mismatch of visual-vestibular information in virtual reality: Is motion sickness part of the brains attempt to reduce the prediction error? *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 15, article 757735. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.757735> (In English)
- Palchun, V. T., Luchikhin, L. A., Patrino, A. F. (1984) *Sposob diagnostiki skrytykh vestibulyarnykh rasstrojstv [Method of diagnosis of closed vestibular disturbances]*. Patent SU1126285A1. Register date 27.01.1983. Granted by Rospatent. (In Russian)

- Pamyati L'va Aleksandrovicha Luchikhina [In memory of Lev Aleksandrovich Luchikhin]. (2014) *Vestnik otorinolaringologii — Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*, no. 6, p. 87. <https://doi.org/10.17116/otorino2014687> (In Russian)
- Papanagnu, E., Brodsky, M. C. (2014) Is there a role for optokinetic nystagmus testing in contemporary orthoptic practice? Old tricks and new perspectives. *American Orthoptic Journal*, vol. 64, no. 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.3368/aoj.64.1.1> (In English)
- Parfenov, V. A., Zamergrad, M. V., Zaitseva, O. V. et al. (2024) Dobrokachestvennoe paroksizmal'noe pozitsionnoe golovokruzhenie: diagnostika, lechenie, reabilitatsiya. Sovremennye predstavleniya o roli betagistina v kompleksnom lechenii patsientov s dobrokachestvennym paroksizmal'nym pozitsionnym golovokruzheniem [Benign paroxysmal positional vertigo: Diagnosis, treatment, rehabilitation. Current concepts on the role of betahistine in the complex treatment of patients with benign paroxysmal positional vertigo]. *Nevrologiya, nejropsikhiatriya, psikhosomatika — Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*, vol. 16, no. 5, pp. 120–130. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2024-5-120-130> (In Russian)
- Pereyaslov, G. A., Sliva, S. S. (2002) Metodicheskoe obespechenie stabiloanalizatora “Stabilan 01” [Technical support for Stabilan 01 stabilometer]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki — Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, vol. 28, no. 5, pp. 82–88. (In Russian)
- Perucca, L., Robecchi Majnardi, A., Frau, S., Scarano, S. (2021) Normative data for the NeuroCom® Sensory Organization Test in subjects aged 80–89 years. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 15, article 761262. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.761262> (In English)
- Peterka, R. J. (2002) Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, vol. 88, no. 3, pp. 1097–1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097> (In English)
- Pischel, K. (1912) Barany's investigation on localization in the cerebellum. *Cal State J Med*, vol. 10, no. 9, pp. 378–379. (In English)
- Pletcher, E. R., Williams, V. J., Abt, J. P. et al. (2017) Normative data for the NeuroCom Sensory Organization Test in US Military Special Operations Forces. *Journal of Athletic Training*, vol. 52, no. 2, pp. 129–136. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.05> (In English)
- Redfern, M. S., Yardley, L., Bronstein, A. M. (2001) Visual influences on balance. *Journal of Anxiety Disorders*, vol. 15, no. 1–2, pp. 81–94. [https://doi.org/10.1016/S0887-6185\(00\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0887-6185(00)00043-8) (In English)
- Reinecke, R. D. (1961) Review of optokinetic nystagmus from 1954–1960. *Archives of Ophthalmology*, vol. 65, no. 4, pp. 609–615. <https://doi.org/10.1001/archoph.1961.01840020611028> (In English)
- Reynders, M., Bos, J., Mert, A. et al. (2025) Feasibility of virtual reality to induce and measure optokinetic after-nystagmus (OKAN): A pilot study. *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, article 13471. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96915-6> (In English)
- Reynders, M., Van der Sypt, L., Bos, J. et al. (2024) Systematic review and meta-analysis of the diagnostic value of optokinetic after-nystagmus in vestibular disorders. *Frontiers in Neurology*, vol. 15, article 1367735. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1367735> (In English)
- Robinson, D. A. (2022) The behavior of the optokinetic system. *Progress in Brain Research*, vol. 267, no. 1, pp. 215–230. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2021.10.010> (In English)
- Roelofs, C. O. (1954) Optokinetic nystagmus. *Documenta Ophthalmologica*, vol. 7-8, pp. 579–650. <https://doi.org/10.1007/BF00238148> (In Dutch)
- Rubinstein, N. J., Abel, L. A. (2011) Optokinetic nystagmus suppression as an index of the allocation of visual attention. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 52, no. 1, pp. 462–467. <https://doi.org/10.1167/iov.10-6016> (In English)
- Sadeghpour, S., Otero-Millan, J. (2020) Torsional component of microsaccades during fixation and quick phases during optokinetic stimulation. *Journal of Eye Movement Research*, vol. 13, no. 5, article 5. <https://doi.org/10.16910/jemr.13.5.5> (In English)
- Sedochenko, S. V., Savinkova, O. N., Popova, I. E. (2023) Analiz bilateral'nykh stabilometricheskikh kharakteristik kvalifitsirovannykh prygunov v vodu pri vozdejstvii optokineticheskogo nistagma [Analysis of bilateral force platform measurements in skilled high divers under the influence of optokinetic nystagmus]. *Chelovek. Sport. Meditsina — Human. Sport. Medicine*, vol. 23, no. S2, pp. 19–23. (In Russian)
- Tarnutzer, A. A., Straumann, D. (2018) Nystagmus. *Current Opinion in Neurology*, vol. 31, no. 1, pp. 74–80. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000517> (In English)
- Tsutsumi, T., Inaoka, H., Fukuoka, Y. et al. (2007) Cross-coupling in a body-translating reaction: Interaural optokinetic stimulation reflects a gravitational cue. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 127, no. 3, pp. 273–279. <https://doi.org/10.1080/00016480600868422> (In English)
- Turuwhenua, J., LinTun, Z., Norouzifard, M. et al. (2024) Automated visual acuity estimation by optokinetic nystagmus using a stepped sweep stimulus. *Ophthalmic and Physiological Optics*, vol. 44, no. 7, pp. 1500–1512. <https://doi.org/10.1111/opo.13391> (In English)
- Van der Meulen, P. (1950) *Vestibulaire en optokinetische nystagmus bij de duif* [Vestibular and optokinetic nystagmus in the pigeon]. *MD dissertation*. Groningen, Rijksuniversiteit Groningen, 83 p. (In Dutch)

- Vavilova, A. A. (2022) O nekotorykh yarkikh stranitsakh v istorii vestibulologii XX veka. Istoricheskij obzor, diskussionnye voprosy. Chast' 2. Vyzovy aviakosmicheskoy meditsiny [On some bright pages in history of vestibulology of 20<sup>th</sup> century. Historical review, controversial issues. Part 2. Challenges of aerospace medicine]. *Rossiyskaya otorinolaringologiya — Russian Otorhinolaryngology*, vol. 21, no. 3, pp. 137–147. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-3-137-147> (In Russian)
- Wade, N. J. (2021) Helmholtz at 200. *i-Perception*, vol. 12, no. 4, article 20416695211022374. <https://doi.org/10.1177/20416695211022374> (In English)
- Wade, N. J., Brožek, J. (2001) *Purkinje's vision: The dawning of neuroscience*. London: Lawrence Erlbaum Publ., 151 p. (In English)
- Wegner, T. G. G., Grenzebach, J., Bendixen, A., Einhäuser, W. (2021) Parameter dependence in visual pattern-component rivalry at onset and during prolonged viewing. *Vision Research*, vol. 182, pp. 69–88. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.12.006> (In English)
- Wibble, T. (2024) Temporal dynamics of ocular torsion and vertical vergence during visual, vestibular, and visuovestibular rotations. *Experimental Brain Research*, vol. 242, no. 6, pp. 1469–1479. <https://doi.org/10.1007/s00221-024-06842-7> (In English)
- Wibble, T., Engström, J., Pansell, T. (2020) Visual and vestibular integration express summative eye movement responses and reveal higher visual acceleration sensitivity than previously described. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 61, no. 5, article 4. <https://doi.org/10.1167/iovs.61.5.4> (In English)
- Winter, D. A., Thomas, S. J., Zeni, J. A. (2023) *Biomechanics and motor control of human movement*. 5<sup>th</sup> ed. Hoboken: Wiley Publ., 384 p. (In English)
- XIII International ophthalmological congress, Amsterdam, September 5–13, 1929. (1929) *British Journal of Ophthalmology*, vol. 13, no. 9, pp. 450–451. <https://doi.org/10.1136/bjo.13.9.450> (In English)
- Zhang, C., Triesch, J., Shi, B. E. (2016) An active-efficient-coding model of optokinetic nystagmus. *Journal of Vision*, vol. 16, no. 14, article 10. <https://doi.org/10.1167/16.14.10> (In English)
- Zhao, J., Shi, L., Li, X. et al. (2025) Investigating the role of vestibular function in motion sickness and visually induced motion sickness by multiple vestibular function tests. *Acta Oto-Laryngologica*, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1080/00016489.2025.2486609> (In English)
- Zhu, B., Yang, M., Liu, X. et al. (2025) Assessing pediatric visual acuity with a computerized optokinetic nystagmus analyzer. *Clinics (São Paulo)*, vol. 80, article 100671. <https://doi.org/10.1016/j.clinsp.2025.100671> (In English)