DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ684440 EDN: NSYIPL

Механизм формирования краниального ритма в остеопатической диагностике: анализ современных концепций и доказательной базы

А.В. Дюпин[1,2], И.А. Егорова[1,2], А.Е. Червоток[1,2]

[1] Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Россия;
[2] Институт остеопатической медицины им. В.Л. Андрианова, г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Краниальный ритм долгое время объяснялся в рамках «классической» модели, предполагающей микродвижения костей черепа и швов. Однако современные данные нейро- и сосудистой физиологии, а также морфологии швов не подтверждают наличие их физиологически значимой подвижности у взрослых. На первый план выдвигается гипотеза сосудисто-вегетативного происхождения краниального ритма: медленные осцилляции давления и кровотока (волны Траубе–Геринга–Майера) и барорефлекторная модуляция, согласованные с дыхательными и кардиальными ритмами, могут формировать ощущаемую при пальпации многоуровневую ритмическую структуру изменений тургора тканей. При этом воспроизводимость пальпаторного определения «краниального ритма» между наблюдателями остаётся невысокой, а доказательная база клинической эффективности краниальных техник ограничена методологическими изъянами исследований. В обзоре критически сопоставлены конкурирующие концепции, суммированы аргументы в пользу сосудисто-вегетативной природы феномена и обозначены пределы его интерпретации. Практическое значение заключается в смещении акцента с предположений о подвижности швов на измеримые показатели автономной регуляции (вариабельность сердечного ритма, барорефлекс, кардиореспираторная связность) и стандартизацию исследовательских протоколов. Представленный синтез помогает уточнить трактовку краниального ритма в рамках нейрофизиологии и соотнести её с возможностями клинического применения.

Ключевые слова: обзор; вегетативная нервная система; вариабельность сердечного ритма; барорефлекс; артериальное давление; остеопатическая манипуляция.

Как цитировать:
Дюпин А.В., Егорова И.А., Червоток А.Е. Механизм формирования краниального ритма в остеопатической диагностике: анализ современных концепций и доказательной базы // Казанский медицинский журнал. 2025. Т. 106, № 6. С. 956–964. DOI: 10.17816/KMJ684440 EDN: NSYIPL

Рукопись получена: 15.06.2025 **Рукопись одобрена:** 10.07.2025 **Опубликована online:** 21.11.2025

DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ684440 EDN: NSYIPL

Cranial Rhythm Generation in Osteopathic Diagnosis: Modern Concepts and Evidence

Artem V. Dyupin[1,2], Irina A. Egorova[1,2], Andrey E. Chervotok[1,2]

[1] Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia;
[2] V.L. Andrianov Institute of Osteopathic Medicine, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

Cranial rhythm had long been viewed within a classical concept, implying micromovements of cranial bones and sutures. However, recent research into neurophysiology, vascular physiology, and suture morphology does not suggest their physiologically significant mobility in adults. The emphasis is currently on the hypothesis of vegetovascular origin of cranial rhythm. According to this hypothesis, slow oscillations of blood pressure and blood flow (Traube–Hering–Mayer waves) and baroreflex modulation aligned with respiratory and cardiac rhythms may generate a multilayered rhythmic structure of changes in tissue turgor, which can be detected on palpation. The interobserver reproducibility of palpated cranial rhythm remains low, and research into the clinical efficacy of cranial techniques is limited due to methodological drawbacks. This review assesses contending concepts, summarizes evidence supporting the vegetovascular origin of this phenomenon, and defines the limits of its interpretation. The practical relevance of this work is determined by the shift from the concept of cranial suture mobility to measurable autonomic regulation parameters (heart rate variability, baroreflex, cardiorespiratory coherence) and standardized research protocols. The presented synthesis defines the cranial rhythm concept from a neurophysiological perspective in order to examine its potential use in clinical practice.

Keywords: review; autonomic nervous system; heart rate variability; baroreflex; blood pressure; osteopathic manipulation.

To cite this article:
Dyupin AV, Egorova IA, Chervotok AE. Cranial rhythm generation in osteopathic diagnosis: modern concepts and evidence. *Kazan Medical Journal.* 2025;106(6):956–964. DOI: 10.17816/KMJ684440 EDN: NSYIPL

Submitted: 15.06.2025 **Accepted:** 10.07.2025 **Published online:** 21.11.2025

ВВЕДЕНИЕ

Вегетативная нервная система (ВНС) представляет собой компонент периферической нервной системы, регулирующий непроизвольные физиологические процессы, включая частоту сердечных сокращений, артериальное давление, дыхание, пищеварение и метаболизм [1]. ВНС включает три анатомически различные подсистемы: симпатическую, парасимпатическую и энтеральную [1]. Симпатическая и парасимпатическая системы содержат афферентные волокна, обеспечивающие сенсорный вход, и эфферентные волокна, обеспечивающие моторный выход в центральную нервную систему [1, 2]. Молекулярное и функциональное разнообразие ВНС проявляется в органоспецифичной симпатической иннервации, при которой молекулярно различные симпатические постганглионарные нейроны с органоспецифичными проекциями независимо контролируют различные висцеральные функции [3]. Нарушение вегетативного баланса ассоциируется с широким спектром патологий [1, 4].

Центральное управление ВНС осуществляется через распределённую сеть структур, известную как центральная автономная сеть (ЦАС) [5]. ЦАС представляет собой интегральный компонент внутренней регуляторной системы, посредством которой мозг контролирует висцеромоторные, нейроэндокринные, болевые и поведенческие реакции [5, 6]. ЦАС включает островковую кору, миндалевидное тело, гипоталамус, периакведуктальное серое вещество, парабрахиальный комплекс, ядро солитарного тракта и вентролатеральный отдел продолговатого мозга [5, 6]. Современные исследования функциональной нейровизуализации подтверждают роль ЦАС в модуляции сердечно-сосудистой активности [6]. ЦАС играет критическую роль в модуляции ВНС, что подтверждается исследованиями пациентов с нарушениями сознания, где вариабельность сердечного ритма (ВСР) используется как маркёр функции ЦАС [7].

Среди существующих теорий вегетативной регуляции распространение получили поливагальная теория и модель нейровисцеральной интеграции [8, 9]. Поливагальная теория подчёркивает эволюционное развитие блуждающего нерва и его роль в регуляции социального поведения через механизмы нейроцепции и ко-регуляции [8]. Модель нейровисцеральной интеграции акцентирует связь между эмоциональной регуляцией и вегетативными функциями [9]. В 2017 году эта модель была дополнена описанием иерархической восьмиуровневой связи между участками ЦАС [10].

В остеопатии существует концепция краниального ритмического импульса (КРИ) или первичного дыхательного механизма (ПДМ), впервые описанная У.Г. Сазерлендом [11]. Согласно традиционной теории, КРИ представляет собой циклическую вариацию объёма черепа, осциллирующую с частотой приблизительно 3–12 циклов в минуту (0,05–0,2 Гц) [12]. Сазерленд в 1939 году предложил, что ПДМ обусловлен движением черепных костей, которые приводятся в движение мозговыми оболочками, подталкиваемыми флуктуациями цереброспинальной жидкости и подвижностью центральной нервной системы [13]. С тех пор теория Сазерленда стала догмой, несмотря на научный прогресс, опровергающий её. Анатомические исследования показывают, что швы черепа у взрослых практически неподвижны, что создаёт противоречие между остеопатической традицией и современными анатомическими данными [14, 15].

В литературе описывается существование различных временных масштабов вегетативной регуляции. Частотный диапазон 0,1–0,2 Гц соответствует промежуточному диапазону ВСР, который может отражать интероцептивную интеграцию [16]. Исследования выявили существование центрального генератора ритма в стволе мозга, генерирующего осцилляции с частотой около 0,1 Гц, связанные с осцилляциями RR-интервалов сердца [17, 18]. Частотный диапазон 0,0095–0,02 Гц соответствует очень низкочастотным (VLF) компонентам ВСР, связанным с циркадными ритмами, терморегуляцией и метаболическими процессами [19, 20].

Цель обзора — систематизировать современные представления о ЦАС и её роли в частотно-специфической регуляции вегетативных функций, критически проанализировать существующие гипотезы о физиологической природе краниального ритма, выявить противоречия и пробелы в доказательной базе.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ДАННЫХ

Поиск проведён в базах PubMed/MEDLINE, Web of Science Core Collection, Scopus, eLibrary.Ru и Google Scholar за период 2000 — апрель 2025 г. Применяли стратегию поиска без формальной процедуры PRISMA [13]. Рассматривали полнотекстовые оригинальные исследования, систематические и нарративные обзоры, консенсусные документы. Поисковые запросы включали слова и словосочетания: «cranial rhythmic impulse», «primary respiratory mechanism», «central autonomic network», «heart rate variability», «Traube–Hering–Mayer waves», «laser Doppler flowmetry». Формальную оценку качества источников и риска систематических ошибок не проводили в связи с повествовательным характером обзора.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ И ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

Волны Майера (от англ. Mayer waves) — это спонтанные низкочастотные колебания артериального давления (~0,1 Гц у человека), отражающие сложные процессы регуляции сосудистого тонуса и кровообращения [21]. Их физиологические истоки активно изучаются, поскольку они влияют на интерпретацию данных нейровизуализации и служат маркёрами состояния сосудистой системы [18].

DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ684440

Исследование 2020 года показало, что волны Траубе–Геринга формируются взаимодействием дыхательной синусовой аритмии и модуляции пульсового давления [22]. Нормальные «очень краткосрочные вариации артериального давления» включают:

1) артериальное пульсовое давление, связанное с систолической и диастолической фазами сердечного цикла;

2) волны Траубе–Геринга, представляющие осцилляции артериального давления, связанные с дыхательным циклом;

3) волны Майера — осцилляции ~0,1 Гц, происходящие за несколько дыхательных циклов [22].

Точные механизмы, лежащие в основе волн Майера, полностью не поняты, но предполагается их связь с изменениями баланса между симпатической и парасимпатической нервными системами [23]. Волны Майера перекрываются по частоте с вазомоцией, но отличаются по механизму: первые обусловлены системной регуляцией давления, вторые — локальными изменениями сосудистого тонуса [24].

Частотный диапазон 0,1–0,2 Гц соответствует промежуточному диапазону ВСР, который может отражать интегрированную обработку интероцептивной информации для постоянной оценки внутреннего состояния организма [16]. Нейронные проявления колебаний в промежуточном диапазоне частоты сердечного ритма и дыхания связаны с интероцептивным восприятием [16]. Доказательства существования «центрального пейсмейкера» с доминантной частотой 0,1 Гц в поясной извилине были получены в исследовании связи между мозгом и сердцем [25]. Верификация центрального пейсмейкера в стволе мозга проведена посредством анализа фазовой связи между осцилляциями HR-интервалов и BOLD-осцилляциями в частотном диапазоне 0,10–0,15 Гц [17].

Исследование 2021 года с использованием специализированного устройства для прямого измерения ритмичных движений человеческой головы идентифицировало «третий ритм» с частотой 0,1 Гц, отдельный от артериального и респираторного ритмов [26]. У всех 50 здоровых индивидуумов третий ритм был различим как отдельный от артериального и респираторного ритма во все времена. Исследование 2022 года продемонстрировало неожиданные сердечно-сосудистые осцилляции на частоте 0,1 Гц при дыхании с частотой 0,05 Гц, что указывает на наличие внутреннего пейсмейкера [25].

Очень низкочастотный (VLF) диапазон ВСР соответствует частотам 0,0033–0,04 Гц [19]. Систематический обзор 2015 года показал, что циркадные ритмы, температура тела, метаболизм, гормоны и собственные ритмы сердца вносят вклад в низкочастотные ритмы [VLF и ультранизкочастотный компонент (ULF)] ниже 0,04 Гц [19]. У здоровых людей наблюдается повышение мощности VLF ночью с пиком перед пробуждением, коррелирующее с утренним пиком кортизола [19]. VLF-диапазон представляет компонент «медленного восстановления» после ментального стресса, в отличие от HF и LF/HF, которые быстро возвращаются к исходному уровню [27]. Расход энергии положительно коррелирует с LF/HF и VLF спектральной мощностью ВСР после метаболического вызова [28].

Колебания кровотока эндотелиального генеза при лазерной допплеровской флоуметрии находятся в диапазоне 0,005–0,021 Гц, при этом вейвлет-анализ ЛДФ-сигналов (ЛДФ — лазерная допплеровская флоуметрия) показал возможность оценки функции микрососудов с разделением на частотные диапазоны [29].

Дисбаланс ВНС с повышенной симпатической активностью создаёт провоспалительную среду, а ослабленная парасимпатическая функция снижает противовоспалительные эффекты через холинергический противовоспалительный путь [30]. Автономная дисфункция наблюдается при множественной системной атрофии, чистой прогрессирующей автономной недостаточности, болезни Паркинсона, метаболических заболеваниях, сахарном диабете, травмах, сосудистых заболеваниях и рассеянном склерозе [4].

ОСТЕОПАТИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ КРАНИАЛЬНОГО РИТМА: КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Согласно классической остеопатической концепции ПДМ состоит из пяти элементов:

1) врождённая волнообразная подвижность мозга и спинного мозга;

2) флуктуация цереброспинальной жидкости;

3) подвижность интракраниальных и интраспинальных мембран;

4) подвижность черепных костей в их швах;

5) непроизвольная подвижность крестца между подвздошными костями [31].

Критика традиционной теории. Систематический обзор 2024 года, анализирующий физиологические механизмы ПДМ/КРИ, показал, что из 28 статей ни одно исследование не имело трёх пунктов хорошего уровня качества, и только пять исследований имели два пункта хорошего уровня, соответствующие типу исследования и используемым инструментам [13]. Из 28 статей 20 ссылались по крайней мере на одну из гипотез Сазерленда, часто цитируя модель для критики или оспаривания, в то время как 25 из них ссылаются на другие гипотезы и/или механизмы, лежащие в основе ПДМ/КРИ [13]. Анализ методом конечных элементов эффектов различных форм взрослых черепных швов на их механическое поведение не подтверждает значительную подвижность [15].

Систематический обзор 2024 года выявил, что 11 исследований касаются вазомоции в кровеносных (7) и лимфатических (6) сосудах, 20 — ТНМ-волн (ТНМ — волны Траубе–Геринга–Майера), 14 — вариабельности сердечного ритма [13]. Хотя теория Сазерленда остаётся

превалирующей в общих убеждениях, в научной литературе ТНМ-волны, управляемые активностью автономной системы, приобрели известность, став ведущей гипотезой [13].

Исследование 2001 года сравнивало различные частоты КРИ с измерениями скорости крови на ушной раковине (ЛДФ), где спектральный анализ мощности выявил дискретные пики между 6 и 12 циклами в минуту [32]. Как гипотетическая модель для краниального ритмического импульса также была предложена гипотеза лимфатического дренажа в синдроме хронической усталости [33].

Гипотеза энтрейнмента (захвата, гармонизации) предполагает, что КРИ представляет собой пальпируемое восприятие энтрейнмента — гармонической частоты, которая инкорпорирует ритмы множественных биологических осцилляторов [34]. Согласно этой гипотезе КРИ происходит преимущественно из сигналов между симпатической и парасимпатической нервными системами [34]. Энтрейнмент также возникает между организмами, а гармонизация связанных осцилляторов в единую доминантную частоту называется частотно-селективным энтрейнментом [34].

Критический анализ гипотезы энтрейнмента. Гипотеза энтрейнмента, хотя и привлекательна теоретически, требует экспериментальной верификации механизмов, посредством которых множественные физиологические осцилляторы синхронизируются в пальпируемый феномен. Отсутствуют прямые доказательства специфического вклада симпатической и парасимпатической систем в формирование единого ритма с частотой 0,1 Гц. Концепция частотно-селективного энтрейнмента между практиком и пациентом не имеет объективных подтверждений [35].

Модель тканевого давления для пальпаторного восприятия КРИ предполагает, что ритмичные изменения артериального объёма и тканевого давления могут создавать пальпируемые ощущения [36]. Периодические изменения артериального давления и объёма (волны Траубе–Геринга–Майера), вероятно, влияют на поведение окружающих их тканей [37].

Критическая оценка. Модель тканевого давления объясняет потенциальный физический механизм, но не решает проблему низкой межэкспертной согласованности. Если КРИ отражает периодические изменения тканевого давления, связанные с ТНМ-волнами, следует ожидать более высокой воспроизводимости пальпаторных оценок [38].

Обзор 2023 года предлагает переосмысление происхождения ПДМ, подчёркивая нейрофизиологические, нейроиммунные и механобиологические механизмы краниальной остеопатии; также подчёркивается связь с вегетативной регуляцией через блуждающий нерв [39].

Межэкспертная надёжность. Ретроспективное исследование 734 здоровых субъектов показало общий диапазон частоты КРИ 6,88±4,45 циклов/мин [40]. Популяция экспертов была подразделена на три группы по уровню опыта:

- уровень 1 (один год опыта) — 7,39±4,70;
- уровень 2 (два года) — 6,46±4,10;
- уровень 3 (3–25 лет) — 4,78±2,57 [40].

Как средние значения, так и стандартные отклонения показали обратную зависимость от уровня опыта эксперта [40]. Исследование 2001 года выявило низкую внутри- и межэкспертную надёжность для пальпации КРИ на голове и крестце [41].

Тест надёжности для дистантной диагностики. Исследование 2024 года оценивало эффективность использования пальпации черепа для диагностики соматических дисфункций в дистальных сегментах [42]. Результаты показали низкую согласованность между диагнозами, установленными с использованием пальпации черепа и традиционной пальпации [42].

Объективация пальпации. Исследование 2023 года попыталось валидизировать субъективную мануальную пальпацию, используя объективные физиологические записи КРИ во время остеопатического манипулятивного вмешательства [38]. Два опытных эксперта пальпировали и цифровым образом отмечали частоты КРИ у 25 здоровых взрослых; анализировалась активность ВНС в низкочастотном (LF) и промежуточном (IM) диапазоне в фотоплетизмографических записях кожи лба. Пальпируемые секции экстензии согласовывались с частотой доминантной осцилляции кожной перфузии в частотном диапазоне 0,05–0,2 Гц [38].

Объективное измерение КРИ. Пилотное обсервационное исследование 2025 года предприняло попытку объективного измерения КРИ с использованием визуального анализа [12]. Традиционно краниальное движение описывается как циклическая вариация объёма черепа, при этом точные характеристики этой осцилляции, включая её частоту, остаются предметом обсуждения среди различных авторов [12]. Авторы исследования предполагают зависимость ритмичной размерной вариации от ТНМ-волн.

МЕТОДЫ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ

Спектральный анализ ВСР широко используется для оценки вегетативного баланса, однако интерпретация компонентов, особенно VLF, остаётся дискуссионной [19, 27, 28]. В исследовании 2024 года были продемонстрированы автономные ответы нервной системы в промежуточном диапазоне на краниальную кожную стимуляцию [43]. Контролируемое исследование 2025 года показало специфичность краниальных кожных манипуляций в модуляции ответов ВНС и физиологических осцилляций [44].

Систематический анализ методов вейвлет-анализа ЛДФ сигналов показал возможность оценки функции микрососудов с разделением на частотные

диапазоны (эндотелиальный 0,005–0,021 Гц, нейрогенный 0,021–0,052 Гц) [29]. Однако метод имеет технические ограничения: требует длительных записей (не менее 20 мин), чувствителен к артефактам движения, результаты вариабельны в зависимости от анатомической локализации [29].

Исследование 2024 года оценивало применимость динамической магнитно-резонансной томографии для оценки предполагаемого КРИ [45]. Пятнадцать здоровых участников прошли динамическую магнитно-резонансной томографии в сагиттальной T2 HASTE проекции со скоростью 0,60 Гц. Средняя частота волны КРИ варьировала между 5 и 6 циклами за 30 с, что соответствует 10–12 циклам в минуту. Интерпретация краниального ритмического импульса при этом предполагала, что переднезадний диаметр черепа варьирует [45].

ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРАНИАЛЬНЫХ ТЕХНИК

Рандомизированное контролируемое исследование 2015 года показало вариации высокочастотного параметра ВСР после остеопатического манипулятивного лечения у здоровых субъектов по сравнению с контрольной группой и фиктивной терапией [46]. Метаанализ 2024 года продемонстрировал, что краниосакральное лечение статистически значимо связано с модуляцией ВНС через изменения высокочастотного (HF) и низкочастотного (LF) компонентов ВСР, однако авторы отмечают высокую гетерогенность исследований и риск систематической ошибки [47].

Исследование 2023 года показало, что краниосакральная терапия значительно влияет на параметры ВСР у курсантов-пожарных [48]. Тем не менее малый размер выборки и отсутствие сравнений по гендерному признаку ограничивают обобщаемость результатов [48].

Большинство исследований характеризуются малыми выборками, отсутствием адекватного ослепления, неясностью специфичности эффектов (краниальные техники vs общее мануальное воздействие vs взаимодействие «терапевт — пациент»); отсутствием установленных механизмов наблюдаемых изменений и исследований долгосрочных эффектов.

ПРОТИВОРЕЧИЯ И НЕРЕШЁННЫЕ ВОПРОСЫ

Существует фундаментальное противоречие между традиционной остеопатической концепцией (механическое движение костей) и современными анатомическими данными [13, 15]. Альтернативные физиологические гипотезы (вазомоция, ТНМ-волны, энтрейнмент) на данный момент не имеют достаточной экспериментальной верификации [13].

Низкая межэкспертная согласованность (к <0,3) ставит под вопрос клиническую применимость пальпаторной оценки [40, 41]. Вариабельность пальпируемой частоты КРИ (от 2 до 14 циклов/мин) в различных исследованиях указывает на отсутствие стандартизации [40].

Связь между нарушениями конкретных частотных диапазонов и клиническими проявлениями требует уточнения в проспективных исследованиях. Специфичность и чувствительность предлагаемых биомаркёров не установлены.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОБЕЛЫ И ПРИОРИТЕТЫ

Приоритетные направления:

1) объективные маркёры «краниального ритма» — синхронная мультисенсорная регистрация медленных осцилляций (фотоплетизмография/реограмма, дыхание, ВСР) совместно с пальпацией;

2) проверка роли стволовых сетей — причинная модуляция дыханием/барорецепторными тестами и её влияние на «ритм»;

3) специфичность техник — стандартизированные протоколы CV4/CVH со «слепыми» оценками и клиническими исходами;

4) трансляция — воспроизводимость между центрами, шаблоны отчётности и независимые репликации [41, 49].

Суммарно текущая литература поддерживает трактовку «краниального ритма» как результирующего осцилляторного паттерна с доминирующей сосудисто-вегетативной компонентой (ТНМ/барорефлекс/дыхание), а не как следствие микроподвижности костей черепа. Клинические наблюдения о влиянии мягких мануальных воздействий на показатели автономной регуляции и интерпретируются как вторичные эффекты сенсорной модуляции и автономной регуляции. Ключевые вызовы — объективизация пальпаторных феноменов, стандартизация протоколов и разграничение специфических/неспецифических эффектов. Требуется переориентация дизайнов на предрегистрацию, контроль смещений и объективные конечные точки (медленные осцилляции, барорефлекс, фазовая связность) [41, 49].

Мягкие краниальные техники (например, компрессия IV желудочка (compression of the fourth ventricle — CV4) в отдельных контролируемых работах сопровождаются изменениями показателей автономной регуляции (компоненты ВСР, кожный кровоток, кардио-респираторная связность) [44]. По данным метааналитических обзоров, остеопатические вмешательства при хронической неспецифической боли в пояснице демонстрируют умеренный эффект по сравнению с контролем, однако вклад именно краниальных техник и канал эффекта через АНС требуют уточнения [49].

Связь с ретикулярной формацией, как и вклад стволово-лимбических структур, остаются гипотезой: сопоставление частот (0,05–0,18 Гц) и феноменов фазовой/амплитудной синхронизации предполагает возможные пути

координации, но прямые причинно-следственные подтверждения ограничены. Корректнее говорить о функциональной сопряжённости автономных и сосудистых осцилляций с дыханием/сердечным ритмом, чем о едином «центральном пейсмейкере» [43].

Совокупность данных согласует воспринимаемый «краниальный ритм» с медленными сосудистыми осцилляциями (волны Траубе–Геринга–Майера ~0,1 Гц), барорефлекторной модуляцией и кардио-респираторной связностью. Эти компоненты могут формировать многоуровневый паттерн, доступный пальпации при достаточной чувствительности и стандартизации условий регистрации. Изменения кожного кровотока и показателей вариабельности сердечного ритма под влиянием мягких краниальных манипуляций интерпретируются как вегетативная реакция, а не как следствие «костной микроподвижности» [44].

Классическая модель PRM включает:

1) подвижность костей черепа;
2) ритмичные натяжения менингеальных оболочек;
3) колебания спинномозговой жидкости;
4) сопряжённость с положением крестца;
5) роль швов.

Пальпируемый CRI трактуется как клинический маркёр PRM. Современные морфологические и биомеханические данные ставят под сомнение физиологически значимую подвижность швов у взрослых, переводя фокус на неостеокинематические источники ритма [44].

Настоящий обзор имеет методологические ограничения.

• Повествовательный характер: отсутствие формальной систематической оценки качества источников.

• Языковые ограничения: включение только русско- и англоязычных источников.

• Отсутствие количественного синтеза: невозможность метаанализа.

• Конфликт интересов: авторы имеют аффилиацию с образовательной организацией, связанной с обучением остеопатической медицине.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совокупность современных данных не подтверждает физиологически значимую подвижность черепных швов у взрослых и переносит объяснение «краниального ритма» в сферу сосудисто-вегетативных медленных осцилляций, согласованных с дыхательным и сердечным ритмами. Пальпаторные феномены, ассоциируемые с этим ритмом, остаются слабо воспроизводимыми между наблюдателями, а клинические эффекты краниальных техник — недостаточно доказанными из-за ограничений дизайна и объёма доступных исследований. Практически это требует смещения акцента с предположений о подвижности швов к объективируемым показателям автономной регуляции и строгой стандартизации процедур. Такая формулировка позволяет формировать аккуратные клинические ожидания и развивать методы с опорой на физиологически правдоподобные механизмы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Д.А.В. — разработка концепции, проведение исследования, написание черновика рукописи; Е.И.А. — пересмотр и редактирование рукописи, руководство исследованием; Ч.А.Е. — проведение исследования, анализ данных. Все авторы одобрили рукопись. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Раскрытие интересов. Авторы имеют аффилиацию с Институтом остеопатической медицины им. В. Л. Андрианова, что может рассматриваться как потенциальный конфликт интересов.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных в настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не использовали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании статьи использовали ChatGPT 4.0 (OpenAI, https://openai.com). Период использования чат-бота — май — июнь 2025 года. Искусственный интеллект использовали для создания черновиков статьи. Весь текст статьи проверен и отредактирован авторами.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена в соответствии с процедурой fast-track. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: D.A.V.: conceptualization, investigation, writing—original draft; E.I.A.: supervision, writing—review & editing; Ch.A.E.: investigation, formal analysis. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Disclosure of interests: The authors are affiliated with the V.L. Andrianov Institute of Osteopathic Medicine, which may be considered a potential conflict of interest.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: ChatGPT 4.0 (OpenAI, https://openai.com) was used to prepare the manuscript. The chatbot was used in May–June 2025. Artificial intelligence was used to prepare the original draft. The entire manuscript was reviewed and edited by the authors.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the fast-track procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the Editorial Board, and the in-house science editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Waxenbaum JA, Reddy V, Varacallo MA. Anatomy, Autonomic Nervous System. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539845

2. Gibbons CH. Basics of autonomic nervous system function. *Handb Clin Neurol*. 2019;160:407–418. doi: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00027-8

3. Wang T, Tufenkjian A, Ajijola OA, et al. Molecular and functional diversity of the autonomic nervous system. *Nat Rev Neurosci*. 2025;26:607–622. doi: 10.1038/s41583-025-00941-2

4. Sánchez-Manso JC, Gujarathi R, Varacallo MA. Autonomic Dysfunction. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430888

5. Benarroch EE. The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clin Proc*. 1993;68(10):988–1001. doi: 10.1016/s0025-6196(12)62272-1

6. Sklerov M, Dayan E, Browner N. Functional neuroimaging of the central autonomic network: recent developments and clinical implications. *Clin Auton Res*. 2019;29(6):555–566. doi: 10.1007/s10286-018-0577-0 EDN: FTYDQG

7. Riganello F, Porcaro C, Soddu A, et al. Central autonomic network and early prognosis in patients with disorders of consciousness. *Sci Rep*. 2024;14:1457. doi: 10.1038/s41598-024-51457-1 EDN: GEEAMZ

8. Porges SW. Polyvagal Theory: A Science of Safety. *Front Integr Neurosci*. 2022;16:871227. doi: 10.3389/fnint.2022.871227 EDN: WEEVHO

9. Thayer JF, Lane RD. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J Affect Disord*. 2000;61(3):201–216. doi: 10.1016/S0165-0327(00)00338-4

10. Smith R, Thayer JF, Khalsa SS, Lane RD. The hierarchical basis of neurovisceral integration. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;75:274–296. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.02.003

11. Bordoni B, Walkowski S, Ducoux B, Tobbi F. The Cranial Bowl in the New Millennium and Sutherland's Legacy for Osteopathic Medicine: Part 1. *Cureus*. 2020;12(9):e10410. doi: 10.7759/cureus.10410 EDN: RDMHKT

12. Strada M, Galli M, Cattaneo R. Objective measurement of Cranial Rhythmic Impulse (CRI): visual analysis of an observational case series. *J Bodyw Mov Ther*. 2025;44:220–244. doi: 10.1016/j.jbmt.2025.05.050

13. Mériaux F, Stubbe L, Guyon A. Physiological Mechanisms Underlying the Primary Respiratory Mechanism (PRM) and Cranial Rhythmic Impulse (CRI) in Osteopathy: A Systematic Review. *Healthcare*. 2024;12(24):2503. doi: 10.3390/healthcare12242503 EDN: ABOZDR

14. Rogers JS, Witt PL. The controversy of cranial bone motion. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997;26(2):95–103. doi: 10.2519/jospt.1997.26.2.95

15. Yang H, Yuan S, Yan Y, et al. Finite Element Analysis of the Effects of Different Shapes of Adult Cranial Sutures on Their Mechanical Behavior. *Bioengineering*. 2025;12(3):318. doi: 10.3390/bioengineering12030318 EDN: TTXAHG

16. Keller M, Pelz H, Perlitz V, et al. Neural correlates of fluctuations in the intermediate band for heart rate and respiration are related to interoceptive perception. *Psychophysiology*. 2020;57(9):e13594. doi: 10.1111/psyp.13594 EDN: FAQLCC

17. Pfurtscheller G, Schwerdtfeger AR, Rassler B, et al. Verification of a Central Pacemaker in Brain Stem by Phase-Coupling Analysis Between HR Interval- and BOLD-Oscillations in the 0.10-0.15 Hz Frequency Band. *Front Neurosci*. 2020;14:922. doi: 10.3389/fnins.2020.00922 EDN: QOLEZV

18. Pfurtscheller G, Schwerdtfeger AR, Seither-Preisler A, et al. Brain-heart communication: Evidence for "central pacemaker" oscillations with a dominant frequency at 0.1 Hz in the cingulum. *Clin Neurophysiol*. 2017;128(1):183–193. doi: 10.1016/j.clinph.2016.10.097

19. McCraty R, Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk. *Glob Adv Health Med*. 2015;4(1):46–61. doi: 10.7453/gahmj.2014.073

20. Hyun U, Sohn JW. Autonomic control of energy balance and glucose homeostasis. *Exp Mol Med*. 2022;54(4):370–376. doi: 10.1038/s12276-021-00705-9 EDN: IRYGCV

21. Ringwood JV, Bagnall-Hare H. Understanding the interplay between baroreflex gain, low frequency oscillations, and pulsatility in the neural baroreflex. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. 2020;40(3):1291–1303. doi: 10.1016/j.bbe.2020.07.008 EDN: QEJKWU

22. Barnett WH, Latash EM, Capps RA, et al. Traube-Hering waves are formed by interaction of respiratory sinus arrhythmia and pulse pressure modulation in healthy men. *J Appl Physiol*. 2020;129(5):1193–1202. doi: 10.1152/japplphysiol.00452.2020 EDN: ISWPRY

23. Luo H, Yang D, Barszczyk A, et al. Visual detection of short-wave blood pressure fluctuations. Proceedings of the 2023 ACM International Conference on Interactive Media Experiences. In: *PETRA '23: Proceedings of the 16th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*; 2023. P. 301–305. doi: 10.1145/3594806.3596546

24. Attarpour A, Ward J, Chen JJ. Vascular origins of low-frequency oscillations in the cerebrospinal fluid signal in resting-state fMRI: Interpretation using photoplethysmography. *Hum Brain Mapp*. 2021;42(8):2606–2622. doi: 10.1002/hbm.25392 EDN: ZPPPHO

25. Hotho G, von Bonin D, Krüerke D, et al. Unexpected Cardiovascular Oscillations at 0.1 Hz During Slow Speech Guided Breathing (OM Chanting) at 0.05 Hz. *Front Physiol*. 2022;13:875583. doi: 10.3389/fphys.2022.875583 EDN: SCZPKR

26. Rasmussen TR, Meulengracht KC. Direct measurement of the rhythmic motions of the human head identifies a third rhythm. *J Bodyw Mov Ther*. 2021;26:24–29. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.08.018 EDN: LMMLLH

27. Usui H, Nishida Y. The very low-frequency band of heart rate variability represents the slow recovery component after a mental stress task. *PLoS One*. 2017;12(8):e0182611. doi: 10.1371/journal.pone.0182611

28. Millis RM, Austin RE, Hatcher MD, et al. Metabolic energy correlates of heart rate variability spectral power associated with a 900-calorie challenge. *J Nutr Metab*. 2011;2011:715361. doi: 10.1155/2011/715361

29. Kralj L, Lenasi H. Wavelet analysis of laser Doppler microcirculatory signals: Current applications and limitations. *Front Physiol*. 2023;13:1076445. doi: 10.3389/fphys.2022.1076445 EDN: QDLPMK

30. Olivieri F, Biscetti L, Pimpini L, et al. Heart rate variability and autonomic nervous system imbalance: Potential biomarkers and detectable hallmarks of aging and inflammaging. *Ageing Res Rev*. 2024;101:102521. doi: 10.1016/j.arr.2024.102521 EDN: XHLPHI

31. Sharath HV, Phansopkar P, Qureshi MI, et al. Dr. William Garner Sutherland: The Man Who Changed Osteopathy Forever. *Cureus*. 2025;17(1):e78071. Published 2025 Jan 27. doi: 10.7759/cureus.78071

32. Nelson KE, Sergueef N, Lipinski CM, et al. Cranial rhythmic impulse related to the Traube-Hering-Mayer oscillation: comparing laser-Doppler flowmetry and palpation. *J Am Osteopath Assoc*. 2001;101(3):163–173.

33. Perrin RN. Lymphatic drainage of the neuraxis in chronic fatigue syndrome: a hypothetical model for the cranial rhythmic impulse. *J Am Osteopath Assoc*. 2007;107(6):218–224.

34. McPartland JM, Mein EA. Entrainment and the cranial rhythmic impulse. *Altern Ther Health Med*. 1997;3(1):40–45.

35. Haller H, Dobos G, Cramer H. The use and benefits of Craniosacral Therapy in primary health care: A prospective cohort study. *Complement Ther Med*. 2021;58:102702. doi: 10.1016/j.ctim.2021.102702 EDN: IALGIC

36. Norton JM. A tissue pressure model for palpatory perception of the cranial rhythmic impulse. *J Am Osteopath Assoc*. 1991;91(10):975–977.

37. Humphrey JD, Schwartz MA. Vascular Mechanobiology: Homeostasis, Adaptation, and Disease. *Annu Rev Biomed Eng*. 2021;23(1):1–27. doi: 10.1146/annurev-bioeng-092419-060810 EDN: SEPSAO

38. Pelz H, Müller G, Keller M, et al. Validation of subjective manual palpation using objective physiological recordings of the cranial rhythmic impulse during osteopathic manipulative intervention. *Scientific Reports*. 2023;13(1). doi: 10.1038/s41598-023-33644-8 EDN: DDSBSE

39. Bordoni B, Escher AR. Rethinking the Origin of the Primary Respiratory Mechanism. *Cureus*. 2023;15(10):e46527. doi: 10.7759/cureus.46527 EDN: COQVOW

40. Sergueef N, Greer MA, Nelson KE, Glonek T. The palpated cranial rhythmic impulse (CRI): Its normative rate and examiner experience. *Int J Osteopath Med*. 2011;14(1):10–16. doi: 10.1016/j.ijosm.2010.11.006

41. Moran RW, Gibbons P. Intraexaminer and interexaminer reliability for palpation of the cranial rhythmic impulse at the head and sacrum. *J Manipulative Physiol Ther*. 2001;24(3):183–190.
42. Alvarez LA, Cook AC, Sweeney CP, et al. A Test of Reliability: Cranial Rhythmic Impulse for Distant Diagnoses. *Cureus*. 2024;16(8):e68219. doi: 10.7759/cureus.68219 EDN: ENTIAB
43. Keller M, Pelz H, Müller G, et al. Autonomic nervous system responses in the intermediate band to cranial cutaneous stimulation. *Physiol Rep*. 2024;12(1):e15891. doi: 10.14814/phy2.15891 EDN: IQRIOA
44. Keller M, Perlitz V, Pelz H, et al. Specificity of cranial cutaneous manipulations in modulating autonomic nervous system responses and physiological oscillations: A controlled study. *PLoS One*. 2025;20(2):e0317300. doi: 10.1371/journal.pone.0317300 EDN: RMXBDP
45. Masoudi P, Karimi N, Abdollahi I, et al. Applicability of using dynamic MRI to evaluate alleged cranial rhythmic impulse (CRI). *BMC Musculoskelet Disord*. 2024;25(1):941. doi: 10.1186/s12891-024-08064-y EDN: HIYVJJ
46. Ruffini N, D'Alessandro G, Mariani N, et al. Variations of high frequency parameter of heart rate variability following osteopathic manipulative treatment in healthy subjects compared to control group and sham therapy: randomized controlled trial. *Front Neurosci*. 2015;9:272. doi: 10.3389/fnins.2015.00272
47. Cook AC, Egli AE, Cohen NE, et al. The Neurophysiological Effects of Craniosacral Treatment on Heart Rate Variability: A Systematic Review of Literature and Meta-Analysis. *Cureus*. 2024;16(7):e64807. doi: 10.7759/cureus.64807 EDN: FURBIL
48. Wójcik M, Siatkowski I. The effect of cranial techniques on the heart rate variability response to psychological stress test in firefighter cadets. *Sci Rep*. 2023;13(1):7780. doi: 10.1038/s41598-023-34093-z EDN: RQWGMM
49. Dal Farra F, Risio R, Vismara L, Bergna A. Effectiveness of osteopathic interventions in chronic non-specific low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Med*. 2020;48:102616. doi: 10.1016/j.ctim.2020.102616 EDN: AYEULE

ОБ АВТОРАХ

*** Дюпин Артём Викторович**, ассистент, каф. восстановительной медицины и остеопатии; преподаватель;
адрес: Россия, 173003, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41;
ORCID: 0000-0002-5881-2314;
e-mail: adyupin@mail.ru

Егорова Ирина Анатольевна, д-р мед. наук, профессор, заведующая, каф. восстановительной медицины и остеопатии; директор;
ORCID: 0000-0003-3615-7635;
e-mail: egorova.osteo@gmail.com

Червоток Андрей Евгеньевич, канд. мед. наук, доцент, каф. восстановительной медицины и остеопатии; зам. директора по учебной работе;
ORCID: 0000-0002-8559-982X;
e-mail: andro-med@rambler.ru

AUTHORS INFO

*** Artem V. Dyupin**, Assistant, Depart. of Restorative Medicine and Osteopathy; Lecturer;
address: 41 Bolshaya Sankt-Peterburgskaya st, Veliky Novgorod, Russia, 173003;
ORCID: 0000-0002-5881-2314;
e-mail: adyupin@mail.ru

Irina A. Egorova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head, Depart. of Restorative Medicine and Osteopathy; Director;
ORCID: 0000-0003-3615-7635;
e-mail: egorova.osteo@gmail.com

Andrey E. Chervotok, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor, Head, Depart. of Restorative Medicine and Osteopathy; Deputy Director for Educational Work;
ORCID: 0000-0002-8559-982X;
e-mail: andro-med@rambler.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author