КЛИНИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕЙРОПСИХОМОТОРНОГО РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ

Худайбердиева Мухаббат Зиядиллоевна
Преподаватель кафедры клинических наук факультета естественных наук и медицины Навоийского государственного университета.

АННОТАЦИЯ

Нейропсихомоторное развитие в раннем детском возрасте является критическим показателем, отражающим как зрелость центральной нервной системы, так и общее состояние здоровья ребенка. Традиционные методы оценки, основанные на клиническом наблюдении и стандартизированных шкалах, обладают существенным ограничением — субъективностью, приводящей к вариабельности результатов между исследователями и снижению воспроизводимости диагностических заключений . В данном тезисе обосновывается клиническая значимость разработки автоматизированного алгоритма оценки нейропсихомоторного развития у детей. Анализ литературы демонстрирует, что портативные технологии, включая видеорегистрацию с оценкой позы и носимые сенсоры, все активнее применяются для автоматизации клинических шкал, выявления новых маркеров двигательного дефицита и прогнозирования исходов развития . Обсуждаются преимущества автоматизации: устранение наблюдательской предвзятости, повышение точности и воспроизводимости, возможность количественной оценки тонких двигательных паттернов, недоступных при визуальном осмотре. Подчеркивается потенциал раннего выявления нарушений и своевременного начала интервенции.

Ключевые слова: нейропсихомоторное развитие, автоматизированная оценка, ранняя диагностика, двигательный дефицит, портативные технологии, наблюдательская предвзятость, клиническая значимость.

ВВЕДЕНИЕ

Нейропсихомоторное развитие представляет собой интегративный процесс, охватывающий становление двигательных, когнитивных, сенсорных и социально-эмоциональных функций в первые годы жизни. Своевременная и точная оценка этого процесса имеет первостепенное клиническое значение, поскольку отклонения от нормативной траектории могут указывать на широкий спектр патологических состояний — от детского церебрального паралича до задержек развития различной этиологии. Раннее выявление таких отклонений открывает окно возможностей для своевременного вмешательства, способного существенно улучшить долгосрочный прогноз . Однако существующие методы оценки, включая широко применяемые клинические шкалы, такие как оценка общих движений и неврологическое обследование младенцев, остаются в значительной степени субъективными. Даже при наличии стандартизированной подготовки исследователей небольшие различия в интерпретации движений и выставлении баллов приводят к вариабельности измерений. Эта вариабельность снижает точность оценки и может приводить к ошибочным заключениям, когда дети со схожими двигательными навыками получают разные баллы в зависимости от исследователя .

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Систематические обзоры в области поведенческих исследований документировали существенные недостатки в отчетности о межнаблюдательской надежности и процедурах минимизации предвзятости, а обзоры по развитию детей указывали на то, что вариабельность в работе оценщиков может маскировать истинный статус развития ребенка, компрометируя сложные и дорогостоящие клинические решения . В последнее десятилетие наблюдается устойчивый рост публикаций, посвященных использованию портативных технологий для оценки моторного развития младенцев. Систематический обзор 66 публикаций выявил три ключевых направления применения таких технологий: автоматизация клинических оценок, выявление новых показателей двигательного дефицита и прогнозирование будущих исходов . Более половины проанализированных работ были направлены именно на автоматизацию оценки стандартных клинических шкал с целью оптимизации и повышения объективности диагностического процесса . Это свидетельствует о формирующемся консенсусе относительно клинической востребованности автоматизированных решений.

Цель настоящего тезиса — обосновать клиническую значимость создания алгоритма автоматизированной оценки показателей нейропсихомоторного развития у детей на основе анализа современной научной литературы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Наблюдательская предвзятость как фундаментальная проблема традиционной оценки

Ключевым аргументом в пользу автоматизации нейропсихомоторной оценки является проблема наблюдательской предвзятости. Как отмечалось выше, даже при стандартизированном обучении оценщиков сохраняется систематическая вариабельность в выставлении баллов, которая следует определенным паттернам и вносит вклад в ошибку измерения . Эта вариабельность имеет прямые клинические последствия: два ребенка с сопоставимыми двигательными навыками могут получить разные оценки, что приводит к несогласованным результатам и потенциально — к разным диагностическим и терапевтическим траекториям. Когда такие несогласованности приобретают систематический характер, они формируют наблюдательскую предвзятость, которая признана хорошо документированным источником ошибки измерений .

В контексте нейропсихомоторного развития ставки особенно высоки. Ранняя диагностика двигательных нарушений определяет своевременность начала реабилитационных мероприятий, а в ряде случаев — и доступ к специализированной помощи. Ошибочно отрицательный результат оценки может отсрочить вмешательство на критическом этапе нейропластичности, тогда как ошибочно положительный результат ведет к неоправданной тревоге родителей и избыточным диагностическим процедурам. Автоматизация оценки через устранение человеческого фактора из процесса выставления баллов способна существенно снизить эту вариабельность и повысить согласованность диагностических заключений .

Технологические предпосылки автоматизации Современный технологический ландшафт предоставляет реальные инструменты для решения задачи автоматизации. Компьютерное зрение и методы оценки позы, такие как OpenPose, MediaPipe и DeepLabCut, позволяют отслеживать ключевые точки тела с высокой точностью . Глубокое обучение, включая сверточные нейронные сети и специализированные трансформерные модели для обработки изображений, демонстрирует эффективность в классификации двигательных последовательностей на видео . Эти технологии способны улавливать тонкие двигательные паттерны, которые могут оставаться незамеченными или неоднозначно интерпретироваться при визуальном осмотре.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Систематический обзор портативных технологий для оценки моторного развития младенцев показал, что из 66 проанализированных публикаций 52 использовали видеорегистрацию, преимущественно с применением стандартных RGB-камер, а 17 — носимые сенсоры, включая акселерометры и инерциальные измерительные блоки . Видеорегистрация с оценкой позы стала доминирующим подходом, при этом камеры обычно устанавливались с верхней точки обзора, аналогично методике оценки общих движений . Важно отметить, что запись велась в контролируемых лабораторных или клинических условиях, что обеспечивает стандартизацию условий сбора данных, хотя и ограничивает экологическую валидность .

Клинические приложения автоматизированной оценки Автоматизированный алгоритм оценки нейропсихомоторного развития имеет несколько взаимосвязанных клинических приложений, каждое из которых вносит вклад в общую значимость разработки. Первое и наиболее разработанное приложение — автоматизация существующих клинических шкал. Более половины рассмотренных публикаций были посвящены автоматическому выставлению баллов по стандартным оценкам, преимущественно по методике оценки общих движений . Целью является оптимизация и повышение объективности процесса оценки без изменения самой диагностической парадигмы. Это наиболее прямой путь внедрения, поскольку автоматизированный алгоритм может быть валидирован против существующих стандартов и интегрирован в привычный для клиницистов рабочий процесс.

Второе приложение — выявление новых показателей, способных различать атипичные и типичные двигательные паттерны. Восемнадцать публикаций из систематического обзора исследовали такие «освещающие» метрики, которые не входят в традиционные клинические шкалы, но могут обладать диагностической ценностью . Автоматизированные системы способны количественно оценивать характеристики движения — скорость, плавность, симметрию, вариабельность — с точностью, недостижимой для человеческого восприятия. Это открывает возможность формирования более тонких и чувствительных диагностических критериев. Третье приложение — прогнозирование будущих исходов развития. Девятнадцать публикаций использовали автоматизированные методы для предсказания текущих или будущих результатов развития в возрасте от одного до семи лет . Целью является улучшение ранней диагностики и руководство ранним вмешательством. Алгоритмы, обученные на больших массивах данных, потенциально способны выявлять нелинейные взаимосвязи между ранними двигательными характеристиками и отдаленными исходами, которые не очевидны при традиционном анализе.

Проблемы и ограничения

Несмотря на значительный потенциал, разработка автоматизированных алгоритмов сталкивается с рядом проблем. Систематический обзор отмечает отсутствие информации о расовой, этнической и социально-экономической принадлежности участников в проанализированных публикациях . Это ограничивает обобщаемость результатов и поднимает вопросы о справедливости алгоритмов, которые могут демонстрировать разную точность в различных популяциях. Участники большинства исследований набирались в возрасте от трех до пяти месяцев, что соответствует периоду наблюдения за «фиджети» движениями в оценке общих движений . Хотя этот возрастной диапазон клинически обоснован, он оставляет неопределенность относительно применимости алгоритмов к другим возрастным группам. Технические характеристики сенсоров и видеосистем варьируют в широких пределах: частоты дискретизации от 19 до 500 Гц, разрешение видео от 250 на 350 до 1980 на 1080 пикселей, количество сенсоров

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

от двух до тринадцати . Такая гетерогенность затрудняет сравнение результатов между исследованиями и разработку универсальных стандартов. Кроме того, большинство записей проводилось в контролируемых условиях на протяжении менее одного часа, что ставит вопрос о том, насколько получаемые данные отражают «реальное» поведение младенцев в естественной среде . Обзор цифровых приложений для мониторинга развития детей в Индонезии выявил дополнительные системные проблемы: большинство приложений ориентированы на отслеживание физического роста, тогда как только меньшинство интегрирует оценку когнитивного, моторного и социально-эмоционального развития . Отмечаются ограниченная интеграция холистических рамок развития, недостаточное качество интерфейса и взаимодействия, а также нехватка доказательного образовательного контента . Эти данные указывают на то, что проблема автоматизации нейропсихомоторной оценки не сводится к чисто технической задаче создания алгоритма — она требует комплексного подхода, учитывающего клинические, пользовательские и системные факторы.

Клиническая значимость: интегративный взгляд Клиническая значимость создания автоматизированного алгоритма оценки нейропсихомоторного развития определяется несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, это повышение объективности и воспроизводимости оценки через устранение наблюдательской предвзятости . Во-вторых, это расширение диагностических возможностей за счет выявления тонких двигательных характеристик, недоступных визуальному анализу . В-третьих, это улучшение прогностической способности через интеграцию множественных параметров и обучение на больших данных . В-четвертых, это потенциальное повышение доступности квалифицированной оценки, особенно в условиях дефицита специалистов.

Систематический обзор портативных технологий заключает, что наблюдается многообещающая тенденция к более раннему и точному выявлению нарушений с использованием таких технологий, однако для разработки полностью автоматизированных, надежных и удобных для пользователя инструментов необходимы дополнительные исследования и демографическое разнообразие выборок . Это резюме отражает текущее состояние области: потенциал признан, но путь к клиническому внедрению требует целенаправленных усилий по валидации, стандартизации и обеспечению справедливости алгоритмов. Автоматизация оценки нейропсихомоторного развития не заменяет клиническое суждение, а дополняет его, предоставляя объективные количественные данные, которые могут быть интегрированы в комплексную клиническую картину. В этом качестве автоматизированный алгоритм представляет собой инструмент повышения качества клинических решений, а не их автоматической замены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deng W, O'Brien MK, Andersen RA, Rai R, Jones E, Jayaraman A. A systematic review of portable technologies for the early assessment of motor development in infants. npj Digital Medicine. 2025;8(1):63.
2. Systematic review on AI-related technologies for assessing biological motion in preschool children. F1000Research. 2023;12:1598.
3. Deng W, et al. A systematic review of portable technologies for the early assessment of motor development in infants. npj Digital Medicine. 2025;8(1):63.
4. Sofia N, Zubaidah T, Hapisah, Aprilea NA, Rusmilawaty. Child Growth and Development Monitoring in the Digital Era: A Systematic Review of Mobile and Digital Health Applications in Indonesia. Jurnal Teknokes. 2026.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.