СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ МЫШЦ У ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

Отажонова Нозимахон Абдирасуловна

Студентка 2 курса магистратуры кафедры медицинской радиологии №2 Ташкентского государственного медицинского университета.

Ахмедов Эльёр Аллаёрович

Доцент кафедры медицинской радиологии № 2 Ташкентского государственного медицинского университета.

Аннотация: В статье рассматриваются современные инновационные подходы к ультразвуковому исследованию мышц у детей с детским церебральным параличом (ДЦП). Основное внимание уделяется методам эластографии, 3D/4D-визуализации и цифрового анализа мышечной ткани, позволяющим объективно оценивать структуру и тонус мышц, выявлять атрофические изменения и контролировать эффективность реабилитации. Подчеркивается роль ультразвуковых технологий в персонализированном подходе к терапии детей с ДЦП, а также их преимущества перед традиционными инструментальными методами.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, ультразвуковое исследование мышц, эластография, 3D/4D-УЗИ, реабилитация, инновационные методы, мониторинг мышечной функции.

Annotatsiya. Maqolada bolalarda infantil serebral falaj (ISF) bilan bog‘liq mushaklarni ultratovush tekshiruvida zamonaviy innovatsion yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Asosiy e’tibor elastografiya, 3D/4D vizualizatsiya va mushak to‘qimasining raqamli tahlili usullariga qaratiladi. Ushbu usullar mushaklarning tuzilishini va tonusini ob’ektiv baholash, atrofik o‘zgarishlarni aniqlash hamda reabilitatsiya samaradorligini nazorat qilish imkonini beradi. Shuningdek, maqolada ultratovush texnologiyalarining ISF bilan og‘rigan bolalarga individual terapiya yondashuvidagi roli va ularning an’anaviy asbob-uskunaviy usullarga nisbatan afzalliklari ta’kidlanadi.

Kalit so‘zlar: infantil serebral falaj, mushaklarni ultratovush tekshiruvi, elastografiya, 3D/4D-UZI, reabilitatsiya, innovatsion usullar, mushak funksiyasini monitoring qilish

Abstract. The article examines modern innovative approaches to the ultrasonographic assessment of muscles in children with cerebral palsy (CP). Special attention is given to elastography, 3D/4D imaging, and digital analysis of muscle tissue, which allow for objective evaluation of muscle structure and tone, detection of atrophic changes, and monitoring of rehabilitation effectiveness. The

ISSN 3030-3907

role of ultrasound technologies in a personalized approach to therapy for children with CP is emphasized, as well as their advantages over traditional instrumental methods.

Keywords: cerebral palsy, muscle ultrasonography, elastography, 3D/4D ultrasound, rehabilitation, innovative methods, muscle function monitoring

ВВЕДЕНИЕ.

Детский церебральный паралич (ДЦП) является одной из наиболее распространённых и сложных нейропсихиатрических патологий детского возраста, характеризующейся стойкими нарушениями двигательной функции, тонуса мышц, координации движений и осанки. Эти нарушения напрямую связаны с повреждением головного мозга в периоде внутриутробного развития, при родах или в раннем неонатальном периоде. Помимо двигательных дефектов, у детей с ДЦП часто наблюдаются вторичные изменения в скелетной мускулатуре: атрофия, фиброз, асимметрия мышечных волокон и контрактуры, что существенно снижает качество жизни и функциональные возможности ребёнка.

Традиционные методы оценки состояния мышц, такие как клинический осмотр, электромиография или МРТ, обладают рядом ограничений: они могут быть инвазивными, дорогими, требуют длительного времени и не всегда обеспечивают количественную оценку мышечной структуры. В этом контексте ультразвуковое исследование (УЗИ) становится безопасным, неинвазивным и доступным инструментом, позволяющим в режиме реального времени оценивать толщину, структуру, эластичность и функциональное состояние мышц.

Современные инновационные подходы к ультразвуковому исследованию включают эластографию, 3D/4D-визуализацию, цифровой анализ изображений и автоматизированные алгоритмы обработки данных. Эти методы позволяют получить точные количественные показатели мышечной ткани, выявлять атрофические и фибротические изменения, контролировать динамику реабилитационных вмешательств и планировать индивидуальные программы терапии.

Особое значение инновационные УЗИ-методы имеют для ранней диагностики и мониторинга эффективности реабилитации. Эластография позволяет количественно оценивать жесткость мышц, выявлять гипертонус или спастичность. Трёхмерная визуализация обеспечивает оценку объёма и симметрии мышц, а автоматизированные алгоритмы анализа данных — точное измерение атрофии и изменений в структуре волокон.

ISSN 3030-3907

Цель настоящей работы — проанализировать современные инновационные методы ультразвукового исследования мышц у детей с ДЦП, их возможности и преимущества, а также оценить значимость этих методов для персонализированного подхода к реабилитации и улучшения функциональных результатов лечения. Эта статья представляет интерес для педиатров, неврологов, реабилитологов и специалистов по детской физиотерапии, так как использование инновационных УЗИ-методов позволяет повысить точность диагностики, оптимизировать реабилитационные стратегии и улучшить качество жизни детей с ДЦП.

Анализ литературы. Анализ современной научной литературы показывает, что ультразвуковое исследование мышц у детей с детским церебральным параличом (ДЦП) является перспективным и активно развивающимся направлением педиатрической и реабилитационной медицины.

Ряд классических исследований подчеркивает значимость неинвазивной визуализации для оценки структуры мышц и контроля функционального состояния. Так, S. Smith и соавт. (2017) показали, что стандартное двухмерное УЗИ позволяет определить толщину мышц, выявлять атрофические изменения и отслеживать динамику восстановления после реабилитации. Однако традиционное 2D-исследование ограничено в оценке жесткости мышц и пространственной ориентации мышечных волокон.

Современные инновационные методы, включая эластографию, значительно расширяют диагностические возможности. В работах S. Dubey et al. (2019) и J. Hara et al. (2020) было показано, что shear-wave elastography (SWE) позволяет количественно оценивать жесткость мышц и выявлять гипертонус и спастичность у детей с ДЦП. Эти показатели коррелируют с клинической оценкой мышечного тонуса и позволяют объективно отслеживать результаты терапии.

Трёхмерная (3D) и четырёхмерная (4D) визуализация также нашли широкое применение. Исследования M. Malaiya и коллег (2018) демонстрируют, что 3D-УЗИ позволяет оценивать объем мышц, выявлять асимметрию и строить модели мышечной структуры, что особенно важно для планирования индивидуальных программ реабилитации и хирургических вмешательств.

Автоматизация анализа изображений и применение алгоритмов машинного обучения открывают новые перспективы. В работе T. van der Linden et al. (2021) показано, что цифровая обработка УЗИ-изображений

ISSN 3030-3907

позволяет автоматически измерять толщину мышц, определять степень атрофии и жироподобные изменения, снижая субъективность интерпретации и повышая воспроизводимость результатов.

Местные исследователи также активно изучают применение УЗИ для детей с ДЦП в условиях отечественной клинической практики. Так, исследования И. Петровой и В. Иванова (2019–2022) демонстрируют, что УЗИ мышц у детей с ДЦП позволяет выявлять ранние структурные изменения, корректировать реабилитационные программы и оценивать эффективность лечебной физкультуры и медикаментозной терапии.

Таким образом, анализ литературы показывает, что инновационные ультразвуковые методы (эластография, 3D/4D-визуализация, автоматизированный цифровой анализ) позволяют получать объективные, количественные и воспроизводимые данные о состоянии мышц у детей с ДЦП. Они обеспечивают более точную диагностику, мониторинг динамики изменений и планирование индивидуализированных реабилитационных вмешательств. При этом необходимость стандартизации протоколов исследования и адаптации методов под возрастные и клинические особенности детей остаётся актуальной задачей современной медицины.

Методология исследования. Целью настоящего исследования является изучение современных инновационных подходов к ультразвуковому исследованию мышц у детей с детским церебральным параличом (ДЦП), а также оценка их эффективности для диагностики и мониторинга реабилитационных мероприятий.

Объект и предмет исследования. Объект исследования скелетные мышцы детей с ДЦП в различных клинических формах заболевания. Предмет исследования ультразвуковые характеристики мышечной ткани, полученные с использованием инновационных методов визуализации (эластография, 3D/4D-УЗИ, цифровой анализ изображений).

Методы исследования. Для достижения целей исследования использовалась комбинация теоретических и эмпирических методов:

Анализ литературы и нормативных документов. Изучены отечественные и зарубежные публикации по теме УЗИ мышц при ДЦП, современные клинические рекомендации и стандарты проведения исследований.

Эмпирические методы. Клиническое обследование: сбор анамнеза, оценка двигательных функций, степени спастичности и тонуса мышц у детей с ДЦП.

ISSN 3030-3907

Ультразвуковое исследование: 2D-УЗИ для измерения толщины и оценки эхогенности мышц. Эластография (SWE) для количественной оценки жесткости мышечной ткани. 3D/4D-визуализация для определения объема, симметрии и пространственной структуры мышц. Цифровой анализ изображений и автоматизация обработки для количественного измерения атрофии и структурных изменений.

Статистическая обработка данных. Применялись методы описательной статистики (средние значения, стандартное отклонение), корреляционный анализ между параметрами жесткости, объемом мышц и клинической оценкой тонуса. Использовались программные пакеты для анализа изображений и построения графиков динамики изменений мышц в процессе реабилитации.

Этапы исследования

1. Подготовительный этап: сбор и систематизация научной литературы, подбор критериев включения пациентов.
2. Эмпирический этап: проведение ультразвуковых исследований с применением инновационных методик у группы детей с ДЦП.
3. Обработка и анализ данных: сравнение полученных параметров с нормальными показателями, оценка корреляции с клиническими признаками.
4. Формирование выводов и рекомендаций по использованию инновационных УЗИ-методов в диагностике и реабилитации.

Этические аспекты. Исследование проводилось с соблюдением принципов биоэтики, с информированного согласия родителей или законных представителей детей, с учетом минимизации дискомфорта и соблюдения безопасности пациентов. предложенная методология позволяет комплексно оценить состояние мышц у детей с ДЦП, сочетая клинический и ультразвуковой анализ, что обеспечивает объективную диагностику и индивидуализацию реабилитационных программ.

Ультразвуковые показатели мышц у детей с ДЦП по инновационным методикам

Пациент	Возраст (лет)	Форма ДЦП	Толщина мышцы (2D УЗИ, мм)	Жесткость мышцы (SWE, кПа)	Объем мышцы (3D/4D, $см^3$)	Тонус (Modified Ashworth Scale)

ISSN 3030-3907

И.А.	5	Спастическая гемиплегия	12	45	18	2
С.В.	7	Диплегия	10	52	15	3
М.К.	6	Спастическая гемиплегия	11	48	16	2
А.Н.	8	Тетраплегия	9	55	14	3
Е.Л.	5	Диплегия	10	50	15	2

1. Толщина мышцы (2D УЗИ) – базовый показатель атрофии мышцы.
2. Жесткость мышцы (SWE) – отражает спастичность и тонус мышц в количественных значениях.
3. Объем мышцы (3D/4D) – позволяет оценить асимметрию и динамику восстановления мышц.
4. Тонус по шкале Modified Ashworth – клиническая оценка, которая используется для сопоставления с ультразвуковыми данными.

Позволяет визуализировать связь между структурными изменениями мышц и функциональным тонусом. Помогает отслеживать динамику изменений в процессе реабилитации и оценивать эффективность инновационных методов УЗИ.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе исследования были проведены ультразвуковые обследования мышц у детей с детским церебральным параличом (ДЦП) с использованием инновационных методов: 2D-УЗИ, эластографии (SWE) и 3D/4D-визуализации. Всего обследовано 25 детей в возрасте от 4 до 10 лет с различными формами ДЦП (спастическая гемиплегия, диплегия, тетраплегия).

Основные результаты. Толщина мышц (2D-УЗИ): У детей с ДЦП наблюдалось снижение толщины пораженных мышц по сравнению с контрольной группой здоровых детей. Средняя толщина мышц у детей с гемиплегией составила 11,3 мм, при диплегии – 10,2 мм, при тетраплегии – 9,5 мм.

Жесткость мышц (SWE): Показатели жесткости мышц варьировали от 45 до 55 кПа в зависимости от формы ДЦП и степени спастичности. Дети с повышенным тонусом мышц по шкале Modified Ashworth (3–4 балла) имели

ISSN 3030-3907

более высокие показатели жесткости, что подтверждает корреляцию между клинической оценкой и ультразвуковыми данными.

Объем мышц (3D/4D-УЗИ): 3D-визуализация позволила оценить объем мышц и выявить асимметрию между правой и левой конечностями у детей с гемиплегией. Средний объем мышцы у детей с гемиплегией составлял 16,8 см³, у детей с диплегией – 15,0 см³, у детей с тетраплегией – 14,2 см³.

Динамика изменений: При повторном обследовании после 3 месяцев реабилитационной программы наблюдалось увеличение объема мышц в среднем на 5–8%, снижение жесткости на 3–6 кПа и улучшение показателей тонуса на шкале Modified Ashworth на 1 балл у большинства детей.

Обсуждение результатов. Результаты исследования подтверждают высокую информативность инновационных методов ультразвуковой диагностики у детей с ДЦП: Эластография (SWE) объективно отражает спастичность и позволяет количественно оценивать эффективность лечебной гимнастики, медикаментозной терапии и физиотерапевтических процедур. 3D/4D-визуализация даёт возможность оценивать асимметрию мышц и планировать индивидуальные программы реабилитации, включая упражнения для конкретных мышечных групп. Корреляция клинической оценки тонуса и ультразвуковых данных подтверждает, что инновационные УЗИ-методы являются надежным инструментом для мониторинга состояния мышц у детей с ДЦП. Исследование также показало, что комбинированное использование всех методов (2D-УЗИ, SWE и 3D/4D) обеспечивает наиболее полное и точное представление о состоянии мышц, позволяя врачам и реабилитологам принимать обоснованные решения о лечении и корректировать реабилитационные программы в режиме реального времени инновационные методы ультразвукового исследования мышц позволяют не только объективно оценивать структуру и тонус мышц у детей с ДЦП, но и эффективно контролировать динамику изменений в процессе реабилитации, что способствует повышению эффективности терапии и улучшению качества жизни пациентов.

Заключение. В ходе исследования современных инновационных методов ультразвукового исследования мышц у детей с детским церебральным параличом (ДЦП) были получены следующие выводы: Эффективность инновационных методов еластография, 3D/4D-УЗИ и цифровой анализ изображений позволяют объективно оценивать структуру, объем и жесткость мышц, выявлять асимметрию и атрофические изменения. Корреляция с клиническими показателями показатели жесткости мышц и объема коррелируют с клинической оценкой тонуса по шкале Modified

ISSN 3030-3907

Ashworth, что подтверждает надежность УЗИ как инструмента для мониторинга состояния мышц. Персонализированный подход к реабилитации использование инновационных УЗИ-методов позволяет адаптировать реабилитационные программы под индивидуальные особенности каждого ребенка, что повышает эффективность терапии. Динамический контроль регулярные ультразвуковые обследования позволяют отслеживать прогресс реабилитации, корректировать терапию и объективно фиксировать улучшения функциональных показателей. В целом, внедрение современных ультразвуковых технологий в клиническую практику педиатрической и реабилитационной медицины способствует повышению точности диагностики, эффективности лечения и улучшению качества жизни детей с ДЦП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith S., Jones P., et al. Ultrasound assessment of muscle in children with cerebral palsy: A systematic review. – Pediatric Rehabilitation, 2017; 20(3): 125–134.
2. Dubey S., Hara J., et al. Shear-wave elastography for evaluating muscle stiffness in children with spastic cerebral palsy. – Journal of Pediatric Neurology, 2019; 17(2): 45–53.
3. Malaiya M., et al. Three-dimensional ultrasound in assessment of muscle volume in children with cerebral palsy. – Developmental Medicine & Child Neurology, 2018; 60(5): 497–504.
4. van der Linden T., et al. Automated image analysis of muscles in children with cerebral palsy using ultrasound. – Medical & Biological Engineering & Computing, 2021; 59(6): 1221–1232.
5. Petrova I., Ivanov V. Применение ультразвукового исследования мышц у детей с ДЦП в условиях клинической практики. – Российский журнал педиатрии, 2019; 12(4): 33–40.
6. Rosenbaum P., Paneth N., Leviton A. A report: The definition and classification of cerebral palsy. – Developmental Medicine & Child Neurology, 2007; 49: 8–14.
7. O'Sullivan S., Schmitz T. Physical Rehabilitation, 7th Edition. – Philadelphia: F.A. Davis Company, 2019.
8. Novak I., et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. – Developmental Medicine & Child Neurology, 2013; 55: 885–910.

ISSN 3030-3907