

УДК: 616-053 + 616.7

© И. В. Смирнова, Т. В. Самсонова, 2012

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ В ДЕТСКОМ ВОЗРАСТЕ

И. В. Смирнова, Т. В. Самсонова

Отдел неонатологии и клинической неврологии детского возраста Федерального государственного учреждения «Ивановский научно-исследовательский институт материнства и детства имени В. Н. Городкова» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации. 153045, ул. Победы, д. 20, Иваново, Россия.

Контактная информация:

Ирина Владимировна Смирнова, Отдел неонатологии и клинической неврологии детского возраста Федерального государственного учреждения «Ивановский научно-исследовательский институт материнства и детства имени В. Н. Городкова» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор. 153045, ул. Победы, д. 20, Иваново, Россия. E-mail: irina_0885@list.ru

Обзор литературы посвящен функциональным методам диагностики двигательной патологии у детей. Рассмотрены возможности применения компьютерной стабилотрии, клинического анализа движений в детском возрасте.

Ключевые слова: двигательные нарушения; компьютерная томография; электронейромиография; компьютерная стабилотрия; биомеханика движений.

Значительную долю среди неврологических расстройств в детском возрасте занимают двигательные нарушения. Изменения в двигательной сфере развиваются при многих заболеваниях нервной системы, как врожденных, так и приобретенных [1]. До 80% неврологических заболеваний своими корнями уходят в прогенез, анте- и перинатальный периоды жизни ребенка. Наиболее часто нарушения двигательной сферы в детском возрасте наблюдаются при перинатальных поражениях нервной системы и составляют по данным Л. Г. Хачатрян до 68,5% в структуре синдромов ППНС и их последствий [2]. Распространенность двигательных нарушений у детей, тяжесть клинических проявлений, приводящих в дальнейшем к ранней инвалидизации, сложность ранней диагностики и трудоемкость лечения делают данную проблему чрезвычайно актуальной и социально значимой [3].

Тщательное неврологическое обследование детей имеет важное значение для ранней диагностики двигательных расстройств [4, 5, 6]. Однако выявление и оценка нарушений моторного развития ребенка

нередко представляет большие сложности. Это обусловлено физиологической незрелостью нервной системы, возрастными особенностями развивающегося мозга [7].

Основными характеристиками в клинической диагностике двигательных нарушений у детей являются мышечный тонус и рефлекторная активность. Изменения мышечного тонуса проявляются мышечной гипотонией, дистонией и гипертонией. Клинически синдром мышечной гипотонии характеризуется необычной позой больного (поза лягушки), снижением сопротивления пассивным движениям и увеличением их объема [7]. Синдром двигательных расстройств у детей первого года жизни может сопровождаться мышечной дистонией, при которой в покое у ребенка выражена общая мышечная гипотония, однако при движениях тонус резко нарастает. При мышечной гипертонии выявляется увеличение сопротивления пассивным движениям, ограничение спонтанной и произвольной двигательной активности, повышение сухожильных рефлексов, расширение их зоны, клонусы стоп.

FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF MOTOR PATHOLOGY IN CHILDREN

I. V. Smirnova, T. V. Samsonova

Department of neonatology and clinical child neurology of Federal State Establishment «Ivanovo Scientific-Research Institute of Maternity and Childhood named after V. N. Gorodkov of Ministry of Health and Social Development». 153045, Pobeda Str., 20, Ivanovo, Russia

Contact Information:

Irina V. Smirnova – Department of neonatology and clinical childhood neurology, Federal State Establishment «Ivanovo Scientific-Research Institute of Maternity and Childhood named after V.N. Gorodkov of Ministry of Health and Social Development». 153045, Pobeda Str., 20, Ivanovo, Russia. E-mail: irina_0885@list.ru

The review is devoted to functional diagnostic methods of motor pathology in children. The applicability of computer-aided stabilometry and clinical analysis of movements in children are discussed.

Keywords: motor disturbances; computer tomography; electroneuromyography; computer-aided stabilometry; motor biomechanics.

Раннее выявление различных отклонений моторного развития может быть осуществлено только на основе комплексного подхода. Для проведения количественного и качественного анализа психомоторного развития детей используются стандартизированные шкалы [8, 9]. Количественная оценка нарушения психомоторного развития является объективным критерием определения тяжести отставания, выделения группы детей повышенного риска в плане возможных в дальнейшем отклонений в развитии, а также выбора необходимых лечебно-коррекционных мероприятий и оценки их эффективности. В настоящее время наиболее широко для оценки нервно-психического развития детей в младенчестве и раннем детском возрасте применяются следующие формализованные шкалы: психомоторного развития Л.Т.Журбы, Е.М.Мастюковой (1979); оценки нервно-психического развития детей раннего возраста Г.В.Пантюхиной, К.Л.Печеры, Э.Л.Фрухт (1983); нервно-психического развития Н.Бейли; психического развития О.В.Баженовой, денверская шкала, мюнхенская функциональная диагностика [11, 12, 13, 14].

В неврологии детского возраста широкое применение нашли современные методы нейровизуализации (чрезрентгеновская эхоэнцефалоскопия, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, доплеровская энцефалография), позволяющие получить сведения о структурных изменениях нервной системы, выявить нарушения, сочетающиеся с двигательными расстройствами, определить тяжесть поражения [15, 16]. На сегодняшний день в детскую практику прочно вошла магнитно-резонансная томография (МРТ). Метод постоянно развивается, что приводит к появлению новых вариантов его применения. Существуют такие разновидности МРТ, как диффузионно-взвешенная (волоконная трактография) и функциональная [17, 18, 19]. Метод трактографии основан на диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии (ДВ МРТ), позволяющей визуализировать ориентацию и целостность проводящих путей головного мозга *in vivo* [20, 21, 22, 23]. В настоящее время трактография используется в диагностике аксональных повреждений при хронической ишемии головного мозга, рассеянном склерозе, остром диссеминированном энцефаломиелите, опухолях головного мозга и аномалиях развития ЦНС [24, 25, 26, 27]. Метод применяют для изучения развития белого вещества головного мозга. Известно, что в течение нескольких лет после рождения ребенка мозг продолжает развиваться. Большое значение для его развития имеет процесс миелинизации, во время которого формируются миелиновые оболочки аксонов. В работе J. Volpe было показано, что у детей первыми миелинизируются первичные сенсорные (зрение, слух, тактильные ощущения) и моторные области [28]. ДВ МРТ потенциально может характеризовать степень зрелости головного мозга новорожденных.

Одним из наиболее активно развивающихся методов нейровизуализации является функциональная МРТ (ФМРТ) на основе BOLD-контрастности ("blood-oxygenation-level-dependent contrast" — контрастности, зависящей от степени насыщения крови кислородом). Метод позволяет исследовать деятельность коры головного мозга, осуществлять картирование

функционально-специализированных зон (моторной, соматосенсорной коры, зон речи Брока и Вернике). В неврологической практике ФМРТ используют для уточнения локализации эпилептического очага, определения доминантного полушария при лечении эпилепсии, мониторинга компенсации и восстановления функций коры головного мозга [29, 30, 31]. Процесс разработки клинического применения данного метода продолжается. Развивается новое направление в исследовательских работах по совместному применению трактографии и функциональной магнитно-резонансной томографии. Это дает возможность одновременно визуализировать активированные области головного мозга и идущие от них проводящие пути [32].

Несмотря на ценность информации, полученной с помощью современных методов нейровизуализации, наиболее важными для объективной диагностики патологических изменений при двигательных расстройствах являются методы функциональной диагностики. Наиболее распространенным из них является электронейромиография (ЭНМГ). Клиническая ЭНМГ — современный нейрофизиологический метод дифференциальной диагностики в неврологии, позволяющий оценивать физиологические и патофизиологические состояния сегментарно-периферического двигательного аппарата, надсегментарных структур посредством регистрации и анализа спонтанной и вызванной биоэлектрической активности мышечных и периферических нервных волокон [33].

Комплекс методик позволяет детально оценить периферический отрезок нейромоторного аппарата — периферический мотонейрон, корешки спинного мозга, моторные и сенсорные волокна периферических нервов, нервно-мышечное соединение и мышцу. Косвенную информацию о состоянии сегментарного и надсегментарных образований моторного пути позволяет получить использование методики исследования поздних ответов мышцы (Н-рефлекс, F-волна), а также регистрация поверхностной суммарной электромиограммы [34, 35].

ЭНМГ чрезвычайно информативна при разграничении заболеваний, связанных с нарушениями на сегментарном уровне (особенно при дифференциальной диагностике атонически-астатической формы ДЦП с клинически сходными наследственными нервно-мышечными заболеваниями), а также для оценки функционального состояния сегментарных и супрасегментарных структур при нарушениях двигательного развития у детей. Сопоставление данных ЭНМГ с клинической картиной помогает составить представление о топике, стадии и тяжести патологического процесса, позволяет осуществлять контроль за его динамикой. Показатели электронейромиографии могут иметь большое значение для оценки соответствия уровня психомоторного развития возрасту ребенка [36].

Электронейромиографии принадлежит ведущая роль в правильной дифференциации уровня поражения двигательного аппарата [37]. Были разработаны клиничко-электромиографические критерии, характеризующие основные уровни поражения моторной интеграции: надсегментарный, сегментарный, невраль-ный, синаптический и мышечный [38, 39]. Однако, по мнению А.Б.Пальчика и Н.П.Шабалова, электро-

миография и электронейромиография крайне редко используется в диагностике гипоксических поражений головного мозга у детей [40].

В последнее десятилетие в отечественной медицине активно развивается такой метод функциональной диагностики двигательной патологии, как стабилметрия. Данный метод основан на регистрации динамики перемещения проекции общего центра массы (центра тяжести) тела человека, стоящего в основной стойке, на плоскость горизонтальной опоры. Это достаточно новый для клинической практики метод функциональной диагностики, несмотря на то, что его теоретические основы разработаны давно [41].

Впервые процесс регистрации стабиллограммы практически осуществлен в начале 30-х годов XX века. Вследствие большого количества вспомогательных вычислений, стабилметрия стала применяться в широкой клинической практике лишь с появлением достаточно мощных и дешевых персональных компьютеров, позволяющих получать результат в режиме реального времени [42]. Данный метод широко представлен в практической медицине разных стран (особенно США, Франции, Японии). В настоящее время функционирует Международное общество исследования положения тела и походки (International Society for Postural and Gait Research), регулярно проходят конференции и симпозиумы, издаются периодические журналы. В России данное направление только начинает свое развитие [43, 44].

Использование компьютерной стабилметрии сделало возможным:

- оценку эффективности системы равновесия в целом;
- топическую и нозологическую диагностику расстройств равновесия при вестибулярной дисфункции различного генеза;
- реабилитацию больных с расстройством равновесия [45].

Компьютерная стабилметрия позволяет быстро и с высокой точностью оценить широкий спектр параметров, совокупность которых отражает различные аспекты функционирования системы равновесия. Метод приобретает все большее значение в самых различных областях клинической медицины. В неврологической практике спектр использования компьютерной стабилметрии охватывает такие области, как цереброваскулярная патология, дегенеративно-дистрофические заболевания центральной и периферической нервной системы, миодистрофии [46, 47].

К настоящему времени стабилметрическое исследование начинает применяться в неврологии детского возраста. Изучение клинко-стабилметрических характеристик у детей с ДЦП позволило установить не только значительное нарушение функции удержания вертикальной позы, но и дать ему количественную оценку. При биомеханическом исследовании у данного контингента больных выявлены значительные изменения стабилметрических показателей по сравнению со здоровыми детьми. Кроме того, у этих детей отмечалась тенденция к отклонению кпереди относительно вертикальной оси в исходном стабилметрическом тесте [48].

Основываясь на результатах компьютерного стабилметрического обследования, Д. А. Киселев выделил 5 объективно дифференцируемых типов нарушения

опоры в основной стойке у детей с гемипаретической формой детского церебрального паралича. Были выявлены показатели, в наибольшей степени отражающие динамику лечебного процесса (среднее положение общего центра давления (ОЦД), среднеквадратическое отклонение ОЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях, скорость колебания, площадь статокинезиограммы) [49].

Получить детальную информацию о функции опорно-двигательного аппарата возможно путем клинического анализа движений с помощью биомеханических датчиков для регистрации временных и кинематических параметров ходьбы. Данный метод позволяет охарактеризовать двигательные нарушения не только качественно, но и количественно. Наиболее часто используемыми датчиками являются гироскопы, акселерометры [50].

Исследование биомеханики движений с помощью гироскопа позволяет регистрировать угол поворота сегмента тела вокруг одной из осей вращения, условно названной осью отсчета. Обычно датчики такого типа применяют для оценки движений в тазовом или плечевом поясе. При этом последовательно регистрируют направление движения в трех анатомических плоскостях: фронтальной, сагиттальной и горизонтальной. Оценка результатов позволяет определить в любой момент шага угол поворота таза и плечевого пояса в сторону, вперед или назад, а также поворот вокруг продольной оси [51]. В некоторых исследованиях применяют акселерометры — биомеханические датчики для измерения тангенциального ускорения, углов наклона тел, сил инерции, ударных сил и вибрации [52].

Клинический анализ движений, как метод функциональной диагностики двигательной патологии, используется при планировании лечебного процесса, динамическом наблюдении в периоде реабилитации, оценке результатов лечения. В последнее десятилетие ведутся работы, связанные с ранней диагностикой ДЦП путем регистрации микроэлектромеханическими акселерометрами движений новорожденного ребенка и их системного анализа [53]. Использование биомеханических датчиков может значительно оптимизировать стратегию реабилитации детей с данной патологией [54, 55]. Их применение в совокупности с технологией биологически обратной связи позволило существенно изменить не только результаты лечения, но и подход к данной проблеме [56].

Таким образом, диагностика двигательных нарушений у детей представляет собой многоэтапный комплексный процесс, который включает в себя неврологическое обследование, применение современных методов нейровизуализации и функциональной диагностики. Наряду с традиционными, прочно вошедшими в клиническую практику методами диагностики, появляются и развиваются новые технологии, к которым относятся компьютерная стабилметрия и клинический анализ движений. Однако, данные методы пока не нашли широкого применения в неврологии детского возраста. Имеющиеся на сегодняшний день результаты исследований немногочисленны и противоречивы. В то время как разработка новых критериев диагностики, прогноза течения и оценки эффективности лечения двигательных нарушений у детей может иметь весомое значение в снижении частоты их инвалидизации.

Список литературы

1. Miller G. Cerebral Palsies: An Overview. The Cerebral Palsies: causes, consequences, and management. Boston: Butterworth-Heinemann, 1998. P. 256.
2. Хачатрян Л. Г., Маслова О. И. Критерии диагностики диффузной мышечной гипотонии у детей раннего возраста // Российский педиатрический журнал. 2001. № 1. С. 15–19.
3. Барашнев Ю. И. Перинатальная медицина и инвалидность с детства // Акушерство и гинекология. 1991. № 1. С. 12–18.
4. Зыков В. П., Ширеторова Д. Ч., Шадрин В. Н. Методы исследования в детской неврологии. М.: Триада X, 2004. С. 10–11.
5. Hill A. The predictive significance of clinical measures of brain injury in the newborn // Clin. Invest. Med. 1993. Vol. 16, № 2. P. 141–148.
6. Журба Л. Т., Мастюкова Е. М. Нарушение психомоторного развития детей первого года жизни. М.: Медицина, 1981. 272 с.
7. Федоров О. А., Иванов Д. О., Шабалов Н. П., Громова О. Л. Структурно-функциональные особенности нейроорганизации у детей с цефалгиями // Сборник материалов II междисциплинарной конференции по акушерству, перинатологии, неонатологии «Здоровая женщина — здоровый новорожденный». СПбПМА, 2007. С. 96–98.
8. Allen M. C., Capute A. J. Allen M. C. Tone and reflex development before term // Pediatrics. 1990. Vol. 85. P. 393–399.
9. Краснощекова Е. И., Иванов Д. О., Смирнов А. Г., Иовлева Н. Н., Кошавцев А. Г., Батуев А. С. Диагностика и прогнозирование патологии мозга у плодов, перенесших неблагоприятные перинатальные воздействия // Материалы четвертого Российского конгресса «Педиатрическая анестезиология и интенсивная терапия». Тверь: Триада, 2007. С. 148–150.
10. Формализованные подходы к оценке нервно-психического развития детей раннего возраста с перинатальной патологией / Н. Н. Володин [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2003. № 6. С. 38–41.
11. Методы диагностики нервно-психического развития детей первых трех лет жизни / под ред. В. А. Доскина. М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 1996.
12. Фрухт Э. Л., Тонкова-Ямпольская Р. В. Сравнительный анализ шкал развития детей 1-го года жизни // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 1998. № 2. С. 38–43.
13. Bayley N., Black M. M., Matula K. Essentials of Bayley Scales of Infant Development-II Assessment. Canada: Wiley, 2000.
14. Dressnandt J., Auer C., Conrad B. Influence of baclofen upon the alphanotoneuron in spasticity by means of F-wave analysis // Muscle Nerve. 1995. Vol. 18, № 1. P. 103–107.
15. ПЭТ в диагностике объемных образований головного мозга / С. В. Медведев [и др.] // Вопросы нейрохирургии. 1996. С. 20–32.
16. Бадалян Л. О., Журба Л. Т., Тимонина О. В. Детские церебральные параличи. Киев: Здоровье, 1988. 151 с.
17. Пронин И. Н., Корниенко В. Н., Фадеева Л. М. Диффузионно-взвешенные изображения в исследовании опухолей головного мозга и перитуморального отека // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. 2000. № 3. С. 14.
18. Leeds N. E., Kieffer S. A. Evolution of diagnostic neuroradiology from 1904 to 1999 // Radiology. 2000. Vol. 217. P. 309–318.
19. Syllabus MR in Neuroradiology: Update and State of the Art / ed. by E. Schindler. Bologna: Centauro srl., 1999.
20. Basser P. J., Mattiello J., Bihan D. Le MR diffusion tensor spectroscopy and imaging // Biophys. 1994. Vol. 66. P. 259–267.
21. Le Bihan D., Breton E., Lallemand D. MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders // Radiology. 1986. P. 401–407.
22. Stieltjes B., Kaufmann W., van Zijl E. C. Diffusion tensor imaging and axonal tracking in the human brainstem // Neuroimage. 2001. P. 723–735.
23. Вихтинская И. А., Иванов Д. О., Труфанов Г. Е., Рязанов В. В. МРТ плода: безопасно, информативно, доступно // Невский радиологический форум. СПб., 2011. С. 45–47.
24. Tievsky A. L., Ptak T., Farkas J. Investigation of apparent diffusion coefficient and diffusion tensor anisotropy in acute and chronic multiple sclerosis lesions // Am. J. Neuroradiol. 1999. P. 1491–1499.
25. Werring D. J., Clark C. A., Barker G. Diffusion tensor imaging of lesions and normal appearing white matter in multiple sclerosis // Neurology. 1999. P. 1626–1632.
26. Inglese M., Salvi E., Iannucci G. Magnetization transfer and diffusion tensor MR imaging of acute disseminated encephalomyelitis // Am. J. Neuroradiol. 2002. P. 267–272.
27. Eriksson S. H., Rugg-Gunn J., Symms M. R. Diffusion tensor imaging in patients with epilepsy and malformations of cortical development // Brain. 2001. P. 617–626.
28. Volpe J. J. Neurology of the newborn. Volpe. W.B. Saunders Company, 1995.
29. Masuoka L. K., Anderson A. W., Gore J. C. Functional magnetic resonance imaging identifies abnormal visual cortical function in patients with occipital lobe epilepsy // Epilepsia. 1999. Vol. 40, № 9. P. 1248–1253.
30. Pujol J., Deus J., Losilla J. M. Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI // Neurology. 1999. Vol. 52. P. 1038.
31. Calvert M. J., Morris R. G. Using fMRI to study recovery from acquired dysphasia Brammer // Brain and Language. 2000. № 71. P. 391–399.
32. Kim D., Kima M., Rohena I. In vivo mapping of functional domains and axonal connectivity in cat visual cortex using magnetic resonance imaging // MRI Journal. 2003. Vol. 21. P. 1131–1140.

33. Бадалян Л. О. Электронейромиография в детской неврологической клинике // Журнал невропатологии и психиатрии. 1980. Т. 80, № 10. С. 1441–1445.
34. Quantification of cocontraction in spastic cerebral palsy / A. J. Ikeda [et al.] // *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1998. Vol. 38, № 8. P. 497–504.
35. Zafeiriou D. I., Pitt M., de Sousa C. Clinical and neurophysiological characteristics of congenital myasthenic syndromes presenting in early infancy // *Brain Dev*. 2004. Vol. 26, № 1. P. 47–52.
36. Скворцов И. А., Ермоленко Н. А. Развитие нервной системы в норме и патологии. М.: МЕДпресс-информ, 2003. 367 с.
37. Гехт Б. М. Теоретическая и клиническая миография. Л.: Наука, 1990. 229 с.
38. Хачатрян Л. Г., Шелковский В. И. Комплексная диагностика периферического мотонейрона в рамках синдрома диффузной мышечной гипотонии // Сборник трудов седьмого всероссийского съезда неврологов. Казань, 2001. С. 42.
39. Renault F. The role of electrodiagnostic studies in the diagnosis of hypotonia in infancy // *Rev. Med. Liege*. 2004. Vol. 9, № 1. P. 90–197.
40. Пальчик А. Б., Шабалов Н. П. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия новорожденных: рук-во для врачей. СПб.: Питер, 2001. 224 с.
41. Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. М.: Наука, 1965. 256 с.
42. Слива С. С. Компьютерная стабиллография за рубежом и в России: состояние и перспективы // Медицинские информационные системы: межведомственный тематич. науч. сб. Вып. 5. Н. Новгород, 1995. С. 77–82.
43. Дамулин И. В., Кононенко Е. В. Двигательные нарушения после инсульта: патогенетические и терапевтические аспекты // *Consilium medicum*. 2007. Т. 9, № 2. С. 86–91.
44. Скворцов Д. В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки. М.: Изд-во научно-медицинской фирмы «МБН», 2007. 357 с.
45. Лучихин Л. А., Кононова Н. А. Функциональная компьютерная стабиллометрия в диагностике лечении больных с вестибулярными расстройствами // Журнал «Доктор.Ру». 2006–02.
46. Доценко В. И. Методологические и практические аспекты сенсорной терапии и нейромоторного перевоспитания в современной нейрореабилитации // *Передовые технологии*. 2008. С. 37–38.
47. Allum J. H., Shepard N. T. An overreview of the clinical use of dynamic posturography in differential diagnosis of balance disorders // *J. Vest. Res*. 1999.
48. Автоматизированная компьютерная стабиллографическая диагностика атаксий с использованием анализа векторов и статистического метода «деревьев классификации» / Усачев В. И. [и др.] // Военно-медицинская академия (С-Петербург), Уральская государственная медицинская академия (Екатеринбург), ЗАО «ОКБ «Ритм»» (Таганрог), 2003. 24 с.
49. Киселев Д. А. Стабиллометрия в диагностике и лечении детей спемипаретической формой детского церебрального паралича: Автореф. дис... канд. мед. наук. М., 2007.
50. Батышева Т. Т., Скворцов Д. В., Труханов А. И. Современные технологии диагностики и реабилитации в неврологии и ортопедии. М.: Медика, 2005. С. 22–23.
51. Pappas I. P. A reliable gait phase detection system // *IEEE Trans Neural. Sys. Rehabil. Eng*. 2001. Vol. 9, № 2. P. 113–125.
52. Doscher J. Accelerometer Design and Applications. Analog Devices, 1998.
53. Alfred L. Using Accelerometers to quantify infant general movements as a tool for assessing motility to assist in making a diagnosis of cerebral palsy. Blacksburg, 2003. P. 115–116.
54. Perry J. Gait Analysis normal and pathological function. SLACK Incorporated, 1992. P. 524.
55. The Development of mature walking / Sutherland D. H. [et al.]. London, 1988. P. 277.
56. Gage J. R. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy // *Clin. Orthop*. 1993. P. 126–134.