

I.A. Погосян, Т.Я. Ткаченко, М.А. Кожевников

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА
ОСНОВАНИИ КЛИНИЧЕСКИХ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ**

Научно-практический реабилитационный центр «Бонум», г. Екатеринбург

Реферат. Разработана схема прогнозирования функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата на основании клинических неврологических признаков, характеризующих двигательные функции, с использованием методов математического моделирования. Был обследован 201 ребёнок в возрасте от 5 до 15 лет. Представлен способ решения задачи прогнозирования при помощи математического аппарата — дискриминантного анализа клинических признаков. Подтверждена гипотеза о соответствии определённого «рисунка» функционального состояния ОДА вариантам нарушений со стороны центральной нервной системы. Получено решающее правило, позволяющее с большой точностью (87,13%) прогнозировать течение функциональной патологии опорно-двигательного аппарата.

Ключевые слова: функциональные нарушения опорно-двигательного аппарата, клинический статус, прогнозирование, дискриминантный анализ, распознавание образов.

И.А. Погосян, Т.Я. Ткаченко, М.А. Кожевников

**КЛИНИК-НЕВРОЛОГИК БИЛГЕЛ•Р НИГЕЗЕНД•
ТЕР•К•Х•Р•К•Т АППАРАТЫНЫ• ФУНКЦИОНАЛЬ
БОЗЫЛУЫН ФАРАЗЛАУДА ОБРАЗЛАРНЫ АЕРЫП
АЛУ ЫСУЛЫН КУЛЛАНУ**

Х•р•к•т фунциял•рен характерлаучы клиник-неврологик билгел•р нигезенд• математик модельштерүү методын куллану юлы бел•н тер•к•х•р•к•т аппаратыны• функциональ бозылударын фаразлау схемасы тир•нтен тикшерелг•н. 5—15 яшьт• булган 201 бала тикшерүү узган. Математик аппарат — клиник билгел•рне дискриминант анализлау ярд•менд• фаразлау бирлемн•рен чишү ысулы т•къдим ителг•н. Тер•к•х•р•к•т аппаратыны• аерым бер “р•семе”не• үз•к нерв системасы тарафынан бозылу варианларына туры килүү турсындагы юрама дөрөс•чыккан. Тер•к•х•р•к•т аппаратындағы функциональ патология барышын зур төг•ллек бел•н (87,13%) •йту мөмкинлеге бириүче х•литкеч кагыйд• чыгарылган.

Төп төшөнч•л•р: тер•к•х•р•к•т аппаратыны• функциональ бозылуды, клиник статус, фаразлау, дискриминант анализ, образларны белеп алу.

I.A. Pogosjan, T.Ya. Tkachenko, M.A. Kozhevnikov

**USAGE RECOGNITION METHOD FOR PROGNOSING
FUNCTIONAL DISORDERS OF LOCOMOTOR SYSTEM
ON THE BASIS OF CLINICAL AND NEUROLOGIC SIGNS**

A scheme for prognosing functional disorders of locomotor system on the basis of clinical neurologic signs, characterizing motor functions has been developed. It was used a method of

mathematical modeling. 201 children, aged 5—15, were examined. It is offered a way of solving a prognosing task with the help of mathematical method — discriminant analysis of clinical signs. Hypothesis has been proved about compliance of the special “picture” of functional state of locomotor system to variants of disorders in the CNS. There was obtained a rule, allowing to prognose with high accuracy (87.13%) course of functional pathology of locomotor system.

Key words: functional disorders of locomotor system, clinical status, prognosing, discriminant analysis, recognition of images.

Нарушения опорно-двигательного аппарата (ОДА) в раннем возрасте имеют довольно скучную клиническую симптоматику. Поздняя диагностика затрудняет процесс реабилитации, поскольку уже к 5 годам у ребёнка формируется патологический двигательный стереотип, проявляющийся асимметричным положением отделов ОДА и сопровождающийся нарушением биомеханики суставов, связочных и мышечных структур. В последние годы патология ОДА у детей школьного возраста приобретает массовый характер и поэтому представляет большую социальную проблему [1, 5, 8, 11]. Необходимы углублённый анализ природы ортопедической патологии у детей и определение механизмов взаимосвязи функциональных нарушений ОДА с поражением центральной нервной системы (ЦНС), что обеспечит высокий уровень оказания ортопедической помощи за счёт своевременной стабилизации патологического процесса и профилактики формирования структурных изменений. Вопросы разработки информационно-компьютерных инструментов диагностики, прогнозирования и реабилитации нарушений ОДА на основании результатов углублённого анализа

природы ортопедической патологии у детей с использованием математического моделирования являются актуальными и имеют большое практическое значение.

Цель исследования — разработка схемы прогнозирования функциональных нарушений ОДА на основании клинических неврологических признаков, характеризующих двигательные функции с использованием методов математического моделирования.

Объектом исследования являлся 201 ребёнок в возрасте от 5 до 15 лет. Основной доминирующей системой организма, влияющей на двигательные функции, выступает ЦНС, поэтому дети были распределены по группам в зависимости от сопутствующей неврологической патологии. Для обследования исключали детей с грубой неврологической и ортопедической патологией (ДЦП, парезы, параличи, врождённые аномалии развития ЦНС и ОДА).

В ходе исследования было установлено, что наряду с ортопедической симптоматикой, характерной для каждой группы, встречались симптомы (мышечный тонус, сила и сухожильные рефлексы), которые имели выраженные межгрупповые различия. Варианты изменения мышечного тонуса были представлены физиологической нормой, гипертонией и гипотонией. Мышечная сила характеризовалась физиологической нормой, снижением и отсутствием силы. Сухожильные и периостальные рефлексы встречались в следующих вариантах: норма, низкие, высокие. Варианты различных состояний тонуса, силы и рефлексов составляли группы риска в формировании ортопедической патологии, так как именно эти симптомы влияют на двигательные функции организма. По классифицирующим признакам дети были распределены по 4 группам: 1-я (74 чел.) — нормальный тип (тонус, сила мышц и сухожильные рефлексы в норме), 2-я (43) — спастичный (мышечная сила и тонус повышенены, рефлексы оживлены), 3-я (50) — гипотоничный (мышечная сила и тонус снижены, рефлексы снижены), 4-я (34) — смешанный (мышечная сила и тонус снижены, рефлексы оживлены).

Была выдвинута гипотеза о том, что каждой из этих групп пациентов должен соответствовать свой ортопедический симптомокомплекс функционального состояния ОДА. Для подтверждения выдвинутой гипотезы был применён метод распознавания образов [3, 7, 9, 10, 12].

Одной из моделей теории распознавания образов является дискриминантный анализ (ДА). Задача ДА состоит в обучении диагностике каких-либо ситуаций и принятия в них решений на основе precedентов [9]. ДА применяется для раскрытия закономерностей в данных и построения решающих правил (РП) в тех случаях, когда значения классифицирующего признака измерены в номинальной шкале или связь этого признака с исходными параметрами (признаками) является нелинейной. Объекты в соответствии с внешним критерием разбиваются на группы (классы), и пространство признаков рассматривается под углом зрения способности разделять (дискриминировать) выделенные классы [2—4, 6].

Для изучения возможности прогнозирования функциональных нарушений ОДА на ранней стадии развития был проведен анализ клинической симптоматики и изучены степень и характер влияния мышечного тонуса, силы и рефлексов на формирование ортопедической патологии. Из 201 пациента для построения решающего правила методом случайной выборки были отобраны 37 детей с нормальным типом (группа 1), 21 человек из группы 2 (спастичный тип), 25 из группы 3 (гипотоничный), 17 из группы 4 (смешанный). Группа из 101 человека выступала в качестве контрольной выборки, на которой было изучено решающее правило. В результате получена оценка качества работы инструмента прогнозирования, который нужно было реализовать в виде компьютерного инструментария.

Для объективной оценки функционального состояния ОДА детей была разработана formalизованная карта визуальной оценки статико-динамических нарушений. Учитывали следующие клинические признаки, являющиеся независимыми переменными: тип походки (X_1), нарушения в ШОП (X_2), тип осанки (X_3), установки коленных суставов (X_4), длина нижних конечностей (X_5), деформация голеней (X_6), деформация стоп (X_7), степень подвижности суставов (X_8).

С целью проведения математической обработки данных каждому верbalному значению признака был присвоен свой числовой код (табл. 1).

В результате обработки входных данных в пакете прикладных программ Statistica 6.0 были получены линейные дискриминантные функции, разделяющие объекты в пространстве клинических признаков на 4 класса (рис. 1).

Таблица 1
Признаки, их значения и коды

Признаки	Значение	Числовой код
Тип походки (X1)	нормальный	1
	груженый	2
	флотский	3
	смешанный	4
Степень подвижности суставов (X8)	норма	1
	гипермобильность	2
	гипомобильность	3

то решающее правило не может быть использовано для разделения объектов по данному набору признаков. Если Wilks' lambda принимает значение, близкое к нулю, то это указывает на достаточно качественное разделение смеси на необходимое число групп. Второй параметр — F(24,548) критерий, показывающий существенность проведённого разделения: если значение F меньше, чем указанное в скобках, то полученное разделение смеси объектов несущественно.

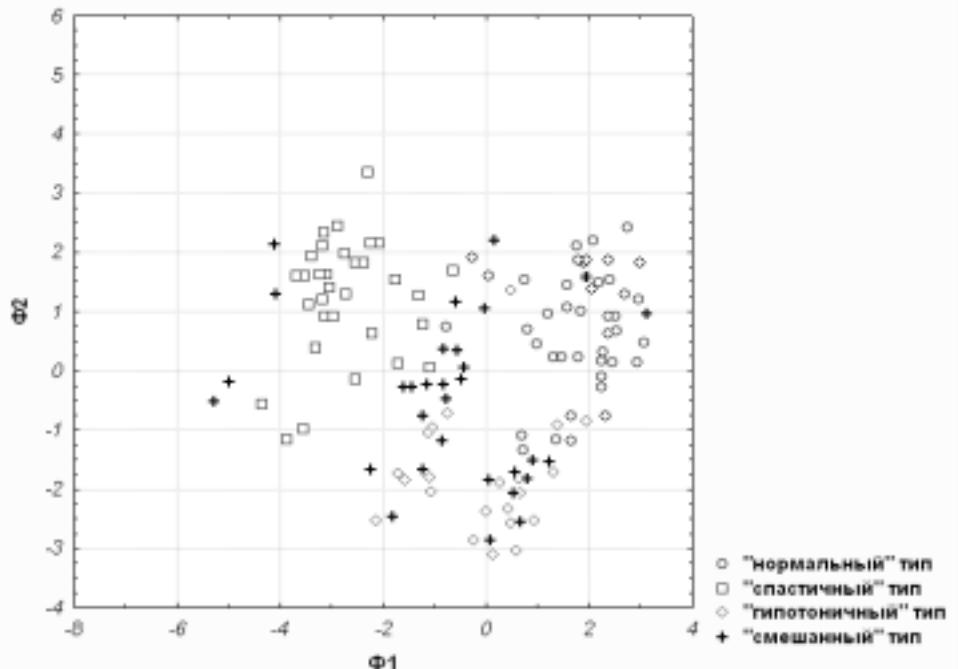


Рис. 1. Разделение смеси объектов дискриминантными функциями Φ_1 и Φ_2 .

Таблица 2

Качество дискриминации объектов контрольной выборки (в абс./%)

Номер группы	Доля правильно классифицированных объектов контрольной выборки	Доля неправильно классифицированных объектов контрольной выборки	Всего человек в контрольной выборке
1	35/94,59	2/5,41	37/100
2	21/95,45	1/4,55	22/100
3	22/88,00	3/12,00	25/100
4	10/58,82	7/41,18	17/100
Всего	88/87,13	13/12,87	101/100

Аналитически дискриминантные функции выглядят следующим образом:

$$\Phi_1 = 5,15 + 0,16 \cdot X_1 - 2,22 \cdot X_2 + 0,25 \cdot X_3 - 0,28 \cdot X_4 - 0,13 \cdot X_5 - 0,35 \cdot X_6 - 0,04 \cdot X_7 - 0,59 \cdot X_8.$$

$$\Phi_2 = 4,06 - 0,001 \cdot X_1 + 0,33 \cdot X_2 - 0,09 \cdot X_3 - 0,33 \cdot X_4 - 1,21 \cdot X_5 - 0,52 \cdot X_6 + 0,24 \cdot X_7 - 0,91 \cdot X_8.$$

$$\Phi_3 = -0,93 - 0,32 \cdot X_1 + 0,08 \cdot X_2 - 0,57 \cdot X_3 + 0,36 \cdot X_4 + 0,22 \cdot X_5 - 1,00 \cdot X_6 - 0,04 \cdot X_7 - 0,24 \cdot X_8.$$

На рис. 1 дано графическое представление разделения объектов в пространстве функций.

Исходя из полученных результатов, решающее правило приняло следующий вид: объект принадлежит к группе 1, если $\Phi_1 > 0$ и $\Phi_2 > -1,5$; к группе 2, если $\Phi_1 < 0$ и $\Phi_2 > -1,5$; к группе 3, если $\Phi_1 > -2$ и $\Phi_2 < -0,75$; к группе 4, если $-2 < \Phi_1 < 0,05$ и $-1,05 < \Phi_2 < 0,5$.

Для проверки качества проведённого анализа были рассчитаны значения двух параметров. Параметр Wilks' Lambda (лямбда Уилкса) характеризует силу дискриминации объектов. Если Wilks' lambda принимает значение, равное 1,

расчёты показали, что Wilks' Lambda=0,063 — качество дискриминации высокое; F = 36,384, т.е. разделение смеси существенно. Была проведена проверка работы решающего правила на контрольной выборке (101 чел.). Результаты проверки представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что построенное решающее правило хорошо идентифицирует группы 1, 2 и 3, но группу 4 (смешанный тип) определяет плохо в силу специфиности этого типа (слишком большая

дисперсия). Полученный инструмент (линейные дискриминантные функции — ЛДФ) работает в подобном случае следующим образом. Допустим, что смешанный тип определён, тогда функции Ф1 и Ф2 могут подсказать преобладающую патологию (к какому из трёх типов тяготеет исследуемый объект). Полученное средство прогнозирования показало достаточный уровень точности идентификации типа нарушений ОДА, что позволило реализовать его в компьютерной программе (свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2007610090 от 09.01.2007).

На основании проведённого анализа была разработана схема прогнозирования функциональных нарушений ОДА в зависимости от клинической неврологической симптоматики (рис. 2). Получено положительное решение на заявку № 2005127127 от 29.08.2005 г.

и связок. При этом структурные изменения позвоночника — побочное следствие компенсаторно-приспособительных реакций, направленных на поддержание равновесия тела. Очевидно, что переход функциональных нарушений ОДА в фиксированные деформации происходит при условии наступления декомпенсации биомеханических параметров в статике и ходьбе. Исследование условий наступления декомпенсации этих параметров относятся к области биохимии, генетики, т.е. дисциплин, которые позволяют проникнуть в суть процессов, лежащих у истоков заболевания. На процесс декомпенсации влияет множество различных факторов: гормональные, обменные, нейротрофические, но всё же, когда речь идет о механизме искривления позвоночника, то биомеханическое направление является ведущим. Исследования, проведённые у наших пациентов,

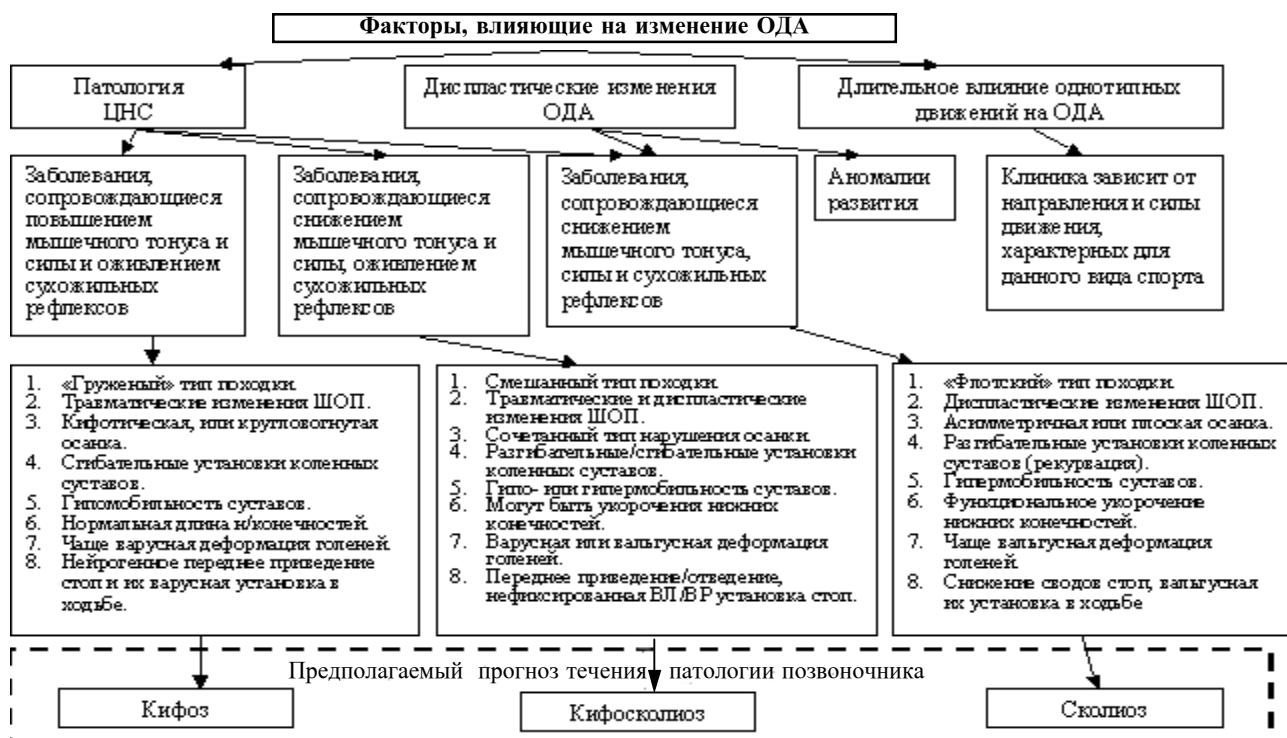


Рис. 2. Схема прогнозирования функциональных нарушений ОДА в зависимости от клинической неврологической симптоматики.

Биомеханические условия, определяющие формирование этиологически различных форм деформаций позвоночника, одинаковы. Основным биомеханическим фактором развития этих деформаций является постоянное асимметричное действие массы тела и паравертебральных мышц

в подавляющем большинстве случаев выявили в той или иной степени на всех уровнях ОДА асимметрии во фронтальной и сагиттальной плоскостях, а клинические неврологические признаки (мышечный тонус, сила и сухожильные рефлексы) стали своеобразными маркерами

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВАНИИ КЛИНИЧЕСКИХ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

ортопедической патологии. На основании этих симптомов можно прогнозировать варианты развития ортопедической патологии у детей.

Внедрение метода прогнозирования вариантов течения ортопедической патологии в технологии лечебно-профилактических учреждений начиная с первичного звена позволит повысить медико-экономическую эффективность реабилитации детей за счёт своевременной стабилизации патологического процесса и профилактики формирования структурных изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А.П., Овчакина А.В., Садофеева В.И. Особенности течения диспластического сколиоза начальных степеней у детей в условиях промышленного города / Лечение и реабилитация детей-инвалидов с ортопедической и отоневрологической патологией на этапах медицинской помощи. — СПб, 1997. — С. 73—74.
 2. Бейли Н. Математика в биологии и медицине. — М., 1970.
 3. Генкин А. А. Новая информационная технология анализа медицинских данных (программный комплекс ОМИС) — СПб, 1999.
 4. Горемыкина Е.В. , Ковтун О.П. , Ковалёв В.В. и др. // Вестн. ур. мед. акад. науки. — 2006. — №3(13). — С. 139—142.

5. Дрожжина Л.А. Реабилитация подростков с заболеваниями позвоночника / Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии: Мат. конф. — СПб, 2000. — С. 387—389.
 6. Дюк В., Эммануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. — СПб, 2003.
 7. Казанцев В.С. Математические методы и новые информационные технологии в решении медицинских задач (лекции) — Екатеринбург, 2002.
 8. Ловейко И.Д., Фонарёв М.И. Лечебная физическая культура при заболеваниях позвоночника у детей — Л., 1988.
 9. Мазуров В.Д. О плохо формализуемых задачах анализа сложных систем / Математическое моделирование процессов в медицинских и биологических системах. — Свердловск, 1982.
 10. Фомин С.С., Беркинблит М.Б. Математические проблемы в биологии — М., 1973.
 11. Цивьян Я.Л. Патология позвоночника — Л., 1980.
 12. Штейн Л.Б. Опыт прогнозирования с помощью ЭВМ. — Л., 1984.

Поступила 01.03.07.

