

## Автоматизированная система прогнозирования болезни Пертеса и выбора тактики лечения

А.Р. Пулатов, И.В. Марков

### *An automated system for Perthes' disease prediction and treatment strategy selection*

A.R. Pulatov, I.V. Markov

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Уральский НИИ травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина», г. Екатеринбург (директор – д.м.н. И.Л. Шлыков)

Для автоматизации выбора лечения пациентов с болезнью Пертеса на основе вышеописанного дискриминантного анализа нами предложен алгоритм моделирования развития данного заболевания при различных вариантах его лечения. В способе прогнозирования исходов болезни Пертеса определены 13 клинико-рентгенологических параметров пациента: возраст пациента при первичной постановке диагноза, верхний подвывих головки бедра, угол открытия вертлужной впадины, латеральное смещение головки бедра, изменение радиуса вертлужной впадины, отведение в тазобедренном суставе, тип проведенного лечения. В соответствии с разработанной таблицей рассчитаны значения координат канонических линейных дискриминантных функций для клинических (RootF1к и RootF2к) и рентгенологических исходов (Root F1р, Root F2р).

**Ключевые слова:** болезнь Легг-Кальве-Пертеса, прогнозирование, факторы, дискриминантный анализ.

The authors have proposed an algorithm of modeling this disease development for different variants of its treatment based on the above-mentioned discriminatory analysis in order to automate the selection of treatment in patients with Perthes disease. 13 clinical-and-radiological patient parameters have been determined in the technique of Perthes disease outcome prediction: patient's age at primary diagnosis, the upper subluxation of the femoral head, the angle of acetabulum opening, lateral displacement of the femoral head, change in the acetabulum radius, the hip abduction, type of the treatment performed. The coordinate values of the canonical linear discriminatory functions have been calculated for clinical (RootF1k and RootF2k) and radiographic outcomes (Root F1r, Root F2r).

**Keywords:** Legg-Calve-Perthes disease, prediction, factors, discriminatory analysis.

#### ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование течения болезни Легг-Кальве-Пертеса (БЛКП) является важной проблемой детской ортопедии [3]. Варианты развития болезни Легг-Кальве-Пертеса, по различным данным, достаточно разнообразны, что свидетельствует о том, что использование одного прогностического признака её прогрессирования может быть недостаточным [2]. Для определения возможных исходов заболевания должна быть группа признаков, согласно значению которых врач может с большей достоверностью судить о возможном исходе заболевания [4].

Важным аспектом прогнозирования БЛКП яв-

ляется использование многомерных методов статистического анализа, таких как дискриминантный анализ. Он позволяет объективно оценить роль каждого изучаемого фактора в определении будущего результата заболевания [2]. Определяя возможный прогноз БЛКП, практическому врачу необходимо иметь готовый инструмент оценки исхода заболевания – автоматизированную систему прогнозирования. Такая система в виде компьютерной программы значительно упростит выбор тактики лечения и позволит минимизировать возможные ошибки.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования послужили клинико-рентгенологические данные 108 пациентов с БЛКП, которые лечились консервативно в ФГБУ «УНИИТО им. В.Д.Чаклина» в течение последних 10 лет. Возраст детей на момент установки диагноза составлял от 3 до 11 лет. Стадии болезни определялись по классификации Рейнберга. Пациенты наблюдались с момента установки диагноза (не позднее второй стадии) до возраста 12-13 лет. Все пациенты ходили с костылями и получали физиолечение 3-4 раза в год до наступления исхода болезни. Оценка исходов БЛКП проводилась по классификации Stulberg, которая разделяет 5 типов деформации головки бедра. Использовалась также клиниче-

ская система оценки Iowa hip score (1963).

Технической задачей предлагаемого способа было повышение объективности прогнозирования исходов болезни Пертеса путем комплексного исследования клинико-рентгенологических параметров и использования оценочных систем исходов болезни. Для выполнения поставленной задачи использован метод дискриминантного анализа. Данные пациентов были собраны в одну группу и случайным образом разделены на две выборки по 54 человека. Первая выборка являлась обучающей, а вторая – контрольной.

На 2-3 стадии БЛКП проводилось измерение 13 клинико-рентгенологических показателей тазо-

бедренного сустава: возраст на момент установки диагноза; пол; степень отведения бедра с большой стороны (ОБ); верхний подвывих головки бедра (ВП) [1]; индекс впадина-головка (ИВГ); группа по классификации Catterall, группа по классификации Herring, группа по классификации Salter-Thompson; расширение медиального пространства тазобедренного сустава (ΔМП); латеральное смещение головки бедра (СД) [1, 3]; ацетабулярный индекс (АИ); угол открытия вертлужной впадины (Угол А); изменение радиуса вертлужной впадины ΔRBP.

Анализ полученных данных проводился в программе Statistica 6,0, использовались метод дискриминантного анализа, критерии лямбда Уилкса, F-удаление. Параметр лямбда Уилкса характеризует силу дискриминационной способности переменной и принимает значения от 0 до 1. Параметр F-удаление характеризует информативность параметра, чем больше значение параметра, тем выше плотность объектов внутри группы и ниже плотность объектов из разных групп в пространстве признаков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первым этапом анализа было определение единиц измерения используемых значений и их числовой эквивалент. Исходы болезни по степени тяжести заболевания в соответствии с клинической системой Iowa hip score имели три варианта, рентгенологической системы Stulberg – четыре варианта.

Канонические линейные дискриминантные функции (КЛДФ) представляют собой аддитивную свертку с постоянными коэффициентами, представленными в таблице 1, и рассматриваемыми признаками, обозначаемыми как X1, X2,..., X15 (Root=C0+C1×X1+C2×X2 ... C15×X15).

Варианты исходов болезни для клинических (Iowa hip score) и рентгенологических (Stulberg) исходов заболевания болезни Пертеса авторами определены согласно распределению исследуемых пациентов по группам с построением эллипсоидов. Указанные эллипсоиды представляют собой контуры с определенными центрами в пространстве КЛДФ, имеют достаточную плотность и не перекрываются между собой. Варианты клинических и рентгенологических исходов болезни Пертеса с координатами центров эллипсоидов Root1 и Root2, их радиусами Rx, Ry и значениями поворотов эллипса ω были рассчитаны. Установлена достаточно малая внутригрупповая вариация точек пациентов, при этом также определена значительная межгрупповая вариация.

Диаграмма распределения объектов в пространстве КЛДФ наглядно продемонстрировала возможность пространства отобранных параметров распознавать исходы заболевания и корректность КЛДФ (рис. 1). Эллипсы, образованные пунктирной линией, показывают распределение пациентов обучающей выборки. Положение точек демонстрировало расположение пациентов контрольной выборки.

Установлено, что области пациентов контрольной выборки располагались практически в пределах эллипсоидов пациентов обучающей выборки. Степень корректности совокупного распознавания образов составила 91,2 %. Используя данные анализа, рассчитывают радиус эллипсоида (r) – варианта исхода болезни Пертеса и расстояние от координат пациента до центра этого эллипсоида (R) по следующим формулам 1 и 2.

Возможный исход заболевания этого пациента определялся на основании наименьшего расстояния от положения этого пациента до одного из эллипсоидов. Расстояние от точки пациента до ближайшего эллипсоида рассчитывалось по формуле:  $L=r/R$ , где L – расстояние от точки пациента до границы эллипсоида, r – радиус эллипсоида, R – расстояние от точки пациента до центра эллипсоида. На основании результатов дискриминантного анализа пациенту предлагался метод лечения, имевший лучшие клиничко-рентгенологические исходы.

Таблица 1

Коэффициенты КЛДФ для прогнозирования клинических и рентгенологических исходов болезни Пертеса

Показатели	Коэффициент	Клинические исходы		Рентгенологические исходы	
		Root 1	Root 2	Root 1	Root 2
Пол пациента	C1	-0,29449	-0,22198	-0,2779	-0,6089
Возраст пациента	C2	0,05536	0,40115	0,1642	0,0391
Верхний подвывих	C3	0,09265	-0,14120	-0,1135	0,0120
Медиальное пространство сустава	C4	-0,95636	-0,63478	1,5667	0,5603
Индекс впадина-головка	C5	-0,09935	0,01541	0,0032	0,0087
Классификация Catterall	C6	-0,02150	-0,08898	-0,1577	-0,1069
Классификация Herring	C7	0,15929	0,46383	-0,5024	0,2882
Классификация Salter-Thompson	C8	0,14543	-0,06755	-0,0878	0,4090
Угол открытия впадины	C9	-0,03093	0,09181	0,1265	-0,2874
Латеральное смещение	C10	-0,03612	0,02748	-0,0415	-0,1120
Ацетабулярный индекс	C11	0,01852	0,05734	0,1049	0,1253
Изменение радиуса впадины	C12	-0,11290	-0,10040	-0,1498	-0,0749
Отведение в тазобедренном суставе	C13	0,11945	-0,01783	0,1526	-0,1131
Тип лечения	C14	-0,02439	1,43941	0,9721	-0,6214
Стабильность сустава	не используется			-0,4435	5,1571
Константа	C0	-2,71412	-7,03818	-13,8709	-12,8767

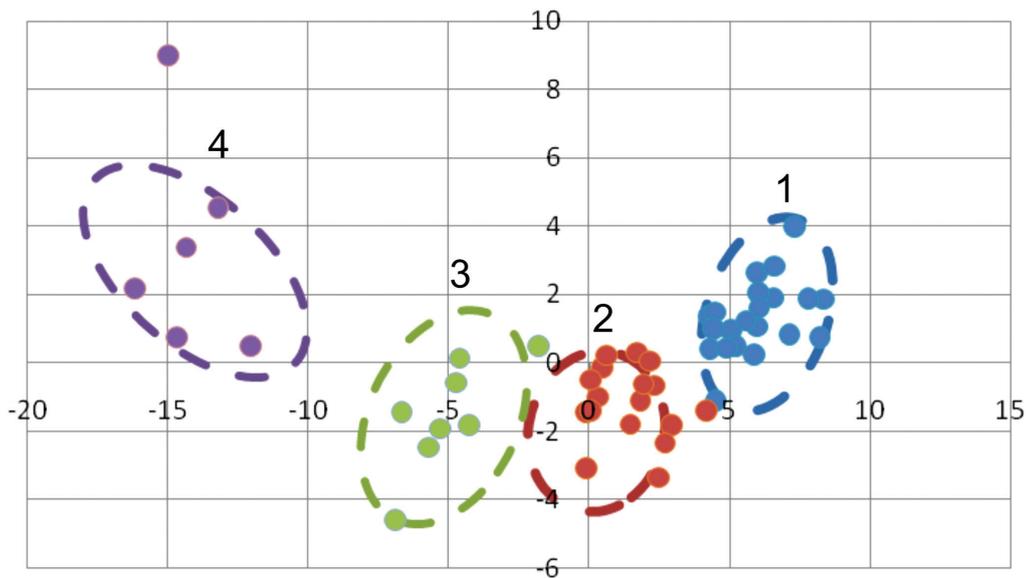


Рис. 1. Геометрическое представление о проверке работы решающего правила для пациентов обучающей выборки

$$r = \sqrt{\frac{[(RootF1 - Root1) \times \cos(-\omega) + (RootF2 - Root2) \times \sin(-\omega)]^2 / Rx^2 + [(Root1 - RootF1) \times \sin(-\omega) + (Root2 - RootF2) \times \cos(-\omega)]^2 / Ry^2}{R^2}}, \quad (1)$$

$$R = \sqrt{(Root1 - RootF1)^2 + (Root2 - RootF2)^2}, \quad (2)$$

где RootF1, RootF2 – расчетные координаты, характеризующие исход БЛКП пациента, Root1, Root2 – координаты центра эллипсоида варианта исходов БЛКП,  $\omega$  – значение поворота соответствующего эллипсоида.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый способ прогнозирования развития болезни Пертеса объективен, позволяет на ранних стадиях патологического процесса выявлять пациентов с неблагоприятными исходами и своевременно принимать решение об оперативном лечении. На основании предложенных алгоритмов

моделирования развития патологических процессов при болезни Пертеса была составлена компьютерная программа в программной среде Delphi, автоматизированная система прогнозирования клинического и рентгенологического исходов болезни Легг-Кальве-Пертеса «АСП-ЛКП».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пулатов А. Р., Марков И. В., Кожевников М. А. Прогнозирование болезни Легг-Кальве-Пертеса // Мед. наука и образование Урала. 2001. № 2. С. 204-206.
2. Campbell W.C., Canale S.T., Beaty J.H. Campbell's operative orthopaedics. 11th ed. Philadelphia : Mosby/Elsevier, 2008. 725 p.
3. Early signs of poor prognosis in Perthes' disease treated by intertrochanteric varus osteotomy / M. Poussa [et al.] // French J. Orthop. Surg.– 1991. Vol. 5, No 4. P. 328-402.
4. Kim H.K., Herring J.A. Pathophysiology, classifications, and natural history of Perthes disease // Orthop. Clin. North. Am. 2011. Vol. 42, No 3. P.285-295.

Рукопись поступила 27.06.12.

#### Сведения об авторах:

1. Пулатов Андрей Рифгатович – ФГБУ «УНИИТО им. В.Д. Чаклина» Минздравсоцразвития России, заведующий ортопедическим отделением № 2, к. м. н.;
2. Марков Иван Вячеславович – ФГБУ «УНИИТО им. В.Д. Чаклина» Минздравсоцразвития России, младший научный сотрудник ортопедического отделения № 2.