

А.И. БЫХ, д-р. физ.-мат. наук, проф., зав. каф. БМЭ ХНУРЭ (г. Харьков),

Е.В. ВЫСОЦКАЯ, канд. техн. наук, доц. каф. БМЭ ХНУРЭ (г. Харьков),

А.П. ПОРВАН, научн. сотр. каф. БМЭ ХНУРЭ (г. Харьков),

Л.И. РАК, канд. мед. наук, научн. сотр. отделения педиатрии и реабилитации ГУ "Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ" (г. Харьков),

В.Г. АНТОНЕНКО, студент ХНУРЭ (г. Харьков),

Е.Е. БОЛИБОК, студент ХНУРЭ (г. Харьков),

О.А. СВАТЕНКО, студент ХНУРЭ (г. Харьков)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ У ПОДРОСТКОВ

В статье авторами предлагается диагностическая модель начальных стадий хронической сердечной недостаточности, полученная в результате дискриминантного анализа клинических, инструментальных и лабораторных показателей. Полученные дискриминантные функции используются при построении территориальной карты дифференциации хронической сердечной недостаточности, а статистические оценки синтезированных моделей показывают высокую значимость и адекватность. Ил.: 1. Табл.: 3. Библиогр.: 10. назв.

Ключевые слова: дискриминантный анализ, хроническая сердечная недостаточность, территориальная карта.

Постановка проблемы. В настоящее время медицина в своих исследованиях все чаще обращается к достижениям математических наук, с помощью которых изучаются многообразные связи основных клинических параметров и их комбинаций.

Статистическое моделирование основных жизненных функций в норме и патологии имеет большое теоретическое и практическое значение. Оно позволяет объяснить сущность патологического процесса, выявить взаимосвязи между клиническими, инструментальными и лабораторными показателями, правильно оценить прогноз заболевания и разработать эффективные лечебно-профилактические мероприятия.

Рост сердечно-сосудистых заболеваний в мировом масштабе и их "омоложение" в последнее время является общеизвестным фактом. Возрастает количество детей и подростков с данной патологией, которая включает как врожденные аномалии (врожденные пороки сердца, множественные малые структурные аномалии сердца), так и приобретенные (воспалительные заболевания, кардиомиопатии физического напряжения и др.). На фоне этих заболеваний нередко создаются условия, приводящие к ухудшению функциональной способности сердца и формированию хронической сердечной недостаточности (ХСН). ХСН, начинаясь порой незаметно для пациента, постепенно приводит к снижению его физической

активности и трудоспособности, ухудшению качества жизни и, в итоге, значительному ее укорочению. Именно поэтому приоритетным направлением современной кардиологии стала профилактика развития ХСН [1, 2].

Как известно, развитие ХСН является патофизиологически необратимым процессом, поскольку механизмы ее формирования, выполняя адаптационную функцию на начальных этапах, постепенно становятся дезадаптационными факторами, приводящими к прогрессированию процесса [2, 3]. Основные звенья данного патологического процесса включают активацию нейрогуморальных систем регуляции, системы цитокинов и оксидативного стресса, ремоделирование миокарда, которые тесно связаны между собой. В то же время эти механизмы комплексно не изучались у детей и подростков с патологией миокарда.

В связи с вышесказанным, разработка диагностической модели начальных стадий ХСН у детей и подростков с патологией миокарда с учетом изменений морфофункциональных характеристик сердца, показателей систем нейрогуморальной регуляции, иммуновоспалительной активации и свободнорадикальных процессов является актуальной научной и практической задачей.

Анализ литературы. Для однозначного определения информативных признаков, характеризующих тот или иной диагностический процесс на основе законов распределения и значений вероятностей присутствия, и, соответственно, построения адекватной модели могут использоваться методы регрессионного, кластерного, дискриминантного анализов [4].

Используя методы регрессионного анализа, можно достаточно точно выявить факторы, оказывающие существенное влияние на результирующий показатель, а также определить силу и направление этого влияния. Однако синтезированные модели могут оказаться неточными или, в случае сложных моделей, переобученными, что снижает эффективность их использования [5, 6].

Применение методов кластерного анализа позволяет сопоставить объекты моделирования по их качественным характеристикам, агрегировать экспертные оценки текущего и прогнозируемого уровней развития объектов и т. д. Несмотря на свои широкие возможности, использование данного метода анализа требует значительной затраты времени и сил для проведения соответствующих расчетов, а полученные результаты группирования не всегда адекватно интерпретируются, особенно если информативные признаки, характеризующие объекты исследования, были достаточно разнородны [7].

Указанные выше недостатки позволяет учесть дискриминантный анализ, дающий возможность быстро и качественно классифицировать исследуемые объекты и синтезировать адекватную линейную математическую модель. Данный метод математического анализа имеет ряд преимуществ, таких как: учитывается вариабельность параметра, рассматривается совокупность всех клинических и параклинических показателей, взятых со своими коэффициентами, которые отражают удельный вес влияния каждого показателя на постановку диагноза [8, 9, 10].

Целью статьи является применение дискриминантного анализа для классификации хронической сердечной недостаточности на ранних стадиях развития.

Основной материал. При проведении дискриминантного анализа нами были проанализированы данные 159 подростков с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, и рассчитан оптимальный объем выборки для построения математической модели. Все пациенты в зависимости от наличия заболевания сердца и ХСН по клиническим критериям были разделены на 3 группы:

1) подростки с заболеваниями сердечно-сосудистой системы без признаков ХСН (1 группа – 27 подростков – 17 %);

2) подростки с заболеваниями сердца и начальной стадией ХСН (2 группа – 65 подростка – 40,9 %);

3) контрольную группу составили практически здоровые сверстники (3 группа – 67 подростков – 42,1 %).

Установлено, что наименьший процент составляют подростки с заболеваниями сердечно-сосудистой системы без сердечной недостаточности, поэтому объем выборки для создания математической модели определялся с учетом этого, наименьшего, показателя.

С математической точки зрения все пациенты рассматривались как совокупность объектов с варьирующимися количественными и качественными характеристиками. На основании этих характеристик определялась группа, к которой относится объект. Это позволило нам спрогнозировать группы (наличие сердечной недостаточности) для новых объектов из той же совокупности.

Для определения значимых для формирования диагноза свойств, было проанализировано 73 показателя. Все показатели были закодированы и поставлены в соответствие 73-мерному вектору, что учитывает отсутствие, наличие, направленность и величину каждого показателя. Задание дискриминации желательно решать с использованием минимального количества функций. Количество функций в каждом конкретном случае зависит от конфигурации классов в многомерном пространстве дискриминантных переменных. Чем сложнее конфигурация, тем больше функций необходимо для их распределения и анализа. Функции строили таким образом, чтобы их средние значения для разных классов наиболее различались. При этом совокупность функций образовывала ортогональное пространство, то есть функции были независимыми друг от друга. Математическая обработка результатов проводилась на персональном компьютере с использованием программ *Microsoft Excel 7.0* и *SPSS*. Расчет методом дискриминантных функций значений диагностических коэффициентов позволил выделить 9 значимых для определения диагноза показателей (табл. 1).

Состояние сердечно-сосудистой системы было описано следующими дискриминантными функциями:

$$DF1 = -0,019 \times X1 - 0,016 \times X2 + 0,001 \times X3 + 0,053 \times X4 - 0,003 \times X5 + 0,156 \times X6 - 0,165 \times X7 + 0,001 \times X8 + 0,120 \times X9 + 0,020 \times X10 - 7,188;$$

$$DF2 = 0,080 \times X1 - 0,059 \times X2 - 0,010 \times X3 + 0,130 \times X4 - 0,038 \times X5 + 0,296 \times X6 + 0,270 \times X7 - 0,011 \times X8 - 0,014 \times X9 + 0,009 \times X10 - 1,122,$$

где $X1$ – интерлейкин-1 β (пг/мл); $X2$ – интерлейкин-6 (пг/мл); $X3$ – фактор некроза опухоли ФНО α (пг/мл); $X4$ – CD-95 (% клеток, несущих маркер апоптоза); $X5$ – циклический 3,5-аденозинмонофосфат (цАМФ, нмоль/мл); $X6$ – ренин (нг/мл/час); $X7$ – карбонилированные белки (Ед/мл); $X8$ – норадреналин (нмоль/сут); $X9$ – фракция выброса левого желудочка после физической нагрузки (%); $X10$ – индекс конечного диастолического объема левого желудочка (мл/м²).

Таблица 1

Канонические коэффициенты дискриминантных функций для значимых показателей при определении состояния сердечно-сосудистой системы

Признак	Единицы измерения	Канонические коэффициенты	
		1 функция	2 функция
1	2	4	5
Интерлейкин-1 β	пг/мл	-0,019	0,080
Интерлейкин-6	пг/мл	-0,016	-0,059
Фактор некроза опухолей ФНО α	пг/мл	0,001	-0,010
CD-95	% клеток, несущих маркер апоптоза	0,053	0,130
Циклический 3,5-аденозинмонофосфат (цАМФ)	нмоль/мл	-0,003	-0,038
Ренин	нг/мл/час	0,156	0,296
Карбонилированные белки	Ед/мл	-0,165	0,270
Норадреналин	нмоль/сут	0,001	-0,011
Фракция выброса левого желудочка после физической нагрузки	%	0,120	-0,014
Индекс конечного диастолического объема левого желудочка (ИКДО)	мл/м ²	0,020	0,009
Константа		-7,188	-1,122

Оценка меры удачного распределения на группы, полезность дискриминантных функций и количество функций, были оценены при помощи коэффициентов канонической корреляции (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика дискриминантных возможностей функций

Функция	Собственное значение	% дисперсии	Общий %	Каноническая корреляция
1	13,010	91,1	91,1	0,964
2	1,264	8,9	100,0	0,747

Учитывая значение канонического коэффициента первой функции (0,964), можно сделать вывод о существовании высокой связи между диагнозом и значениями первой дискриминантной функции. Также нами была обнаружена высокая связь между диагнозом и значениями второй дискриминантной функции (0,747). Качественная оценка силы связи r_{xy} величин X и Y была сделана на основании шкалы Чеддока.

Оценка значимости дискриминантных функций была проверена λ -статистикой Уилкса (табл. 3).

Таблица 3

Определение значимости дискриминантных функций методом λ -статистики Уилкса

Тест функций	Лямбда Уилкса	χ -квадрат	Степени свободы, df	Значимость
1	0,032	523,746	20	0,000
2	0,442	123,819	9	0,000

На основании значений обеих дискриминантных функций построена территориальная карта распределения больных в зависимости от диагноза (рис.), где 1 – группа, у которой отсутствует сердечная недостаточность; 2 – группа, у которой начальная стадия сердечной недостаточности; 3 – группа здоровых подростков; * – центр группы.

Анализ полученных данных показал, что из 27 пациентов первой группы (подростки с заболеваниями сердца без ХСН) трое были ошибочно отнесены ко второй группе. Все пациенты второй (подростки с заболеваниями сердечно-сосудистой системы и начальной стадией ХСН) и третьей (контроль) групп были определены верно.

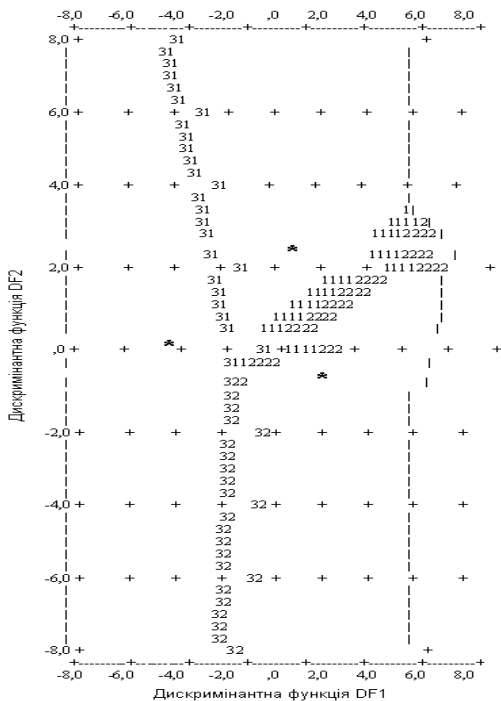


Рис. Территориальная карта распределения больных в зависимости от диагноза

Таким образом, разработанная математическая модель корректно классифицирует 98,1% всех подростков с проблемами сердечно-сосудистой системы.

Выводы. Применение дискриминантного анализа позволило классифицировать детей и подростков с различным состоянием сердечно-сосудистой системы: здоровые, с заболеваниями миокарда без ХСН, с начальными проявлениями ХСН.

Список литературы: 1. *Кржечковская, В.Г.* Заболевания сердечно-сосудистой системы детей и подростков / *В. Кржечковская, Р. Вахтангшвили.* – М.: Феникс, 2006. – 508 с. 2. *Воронков Л.Г.* Первичная профилактика сердечной недостаточности – один из приоритетов современной кардиологии / *Л.Г. Воронков* // Укр. кардіологічний журнал. – 2004. – № 4. – 9-13 с. 3. *Добрин Б.Ю.* Современные представления о механизмах начальных проявлений и прогрессирования сердечной недостаточности / *Б.Ю. Добрин, И.Е. Белая* // Укр. кардіологічний журнал. – 2005. – № 6. – 143-150 с. 4. *Яндекс.* Экономико-математический словарь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://slovari.yandex.ru/dict/lop/nikov/article/lop/lop-0315.htm> – Загл. с экрана. 5. *Андерсон Т.* Введение в многомерный статистический анализ / *Т. Андерсон.* – М.: Феникс, 1963. – 516 с. 6. *Дрейнер Н.* Прикладной регрессионный анализ / *Н. Дрейнер, Г. Смит.* – М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. – 118 с. 7. *Ким Дж. Ш.* Факторный, дискриминантный и кластерный анализ

/ Дж. Ш. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка и др.; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с. **8.** Дюк В. А. Компьютерная психодиагностика / В.А. Дюк. – С-Пб.: Питер, 1994. – 318 с. **9.** Каримов Р.Н. Обработка экспериментальной информации / Р.Н. Каримов. – Уч. пособие. Ч. 3. – Многомерный анализ. – Саратов: СГТУ, 2000. – 108 с. **10.** Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. Ллойда Э., Ледермана У., Айвазяна С.А., Тюрина Ю.Н. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 526 с.

УДК 621.57.673:61

Використання дискримінантного аналізу для діагностики хронічної серцевої недостатності у підлітків / А.І. Бих, О.В. Висоцька, А.П. Порван, Л.І. Рак, В.Г. Антоненко, О.Є. Болібок, О.О. Сватенко // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2010. – № 31. – С. 16 – 22.

У статті авторами пропонується діагностична модель початкових стадій хронічної серцевої недостатності, одержана в результаті дискримінантного аналізу клінічних, інструментальних і лабораторних показників. Одержані дискримінантні функції використовуються при побудові територіальної карти диференціації хронічної серцевої недостатності, а статистичні оцінки синтезованих моделей показують високу значущість і адекватність. Іл.: 1. Табл.: 3. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: дискримінантний аналіз, хронічна серцева недостатність, територіальна карта.

UDC 621.57.673:61

Using of discriminant analysis for diagnostics chronic cardiac insufficiency on teenagers / Bykh A.I., Visotskaya E.V., Porvan A.P, Rak L.I., Antonenko V.G., Bolibok E.E., Swatenko O.A. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2010. – № 31. – P. 16 – 22.

In the article authors offer the diagnostic model of initial stages of chronic cardiac insufficiency, got as a result of discriminant analysis of clinical, instrumental and laboratory indexes. The got discriminant functions are used for the construction of territorial card of differentiation of chronic cardiac insufficiency, and the statistical estimations of the synthesized models show high meaningfulness and adequacy. Figs: 1. Tables: 3. Refs: 10 titles.

Keywords: discriminant analysis, chronic cardiac insufficiency, territorial map.

Поступила в редакцію 25.05.2010