

4. *Cheatham M. L.* Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome // *New horiz.* – 1999. – № 7. – P. 96–115.
5. *Cheatham M. L., Ivatury R. R., Malbrain M. L., Sugrue M.* (eds.). Options and challenges for the future // *Abdominal compartment syndrom.* – Georgetown, 2006. – P. 295–300.
6. *Harman L. L., Kron H. D.* McLachlan elevated intraabdominal pressure and renal function // *An. surg.* – 1982. – Vol. 196. – P. 594–597.
7. *Hunter J. D., Damani Z.* Intraabdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome // *Anaesthesia.* – 2004. – Sep. Vol. 59 (9). – P. 899–907.
8. *Ivy M. E., Atweh N. A., Palmer J. et al.* Intraabdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in burn patients // *J. trauma.* – 2000. – № 49. – P. 387–391.
9. *Kopelman T., Harris C., Miller R. et al.* Abdominal compartment syndrome in patients with isolated extraperitoneal injuries // *J. Trauma.* – 2000. – № 49. – P. 744–749.
10. *Kron I. L., Harman P. K., Nolan S. P.* The measurement of intraabdominal pressure as a criterion for abdominal re-exploration // *An. surg.* – 1984. – V. 199. – P. 28–30.
11. *Latenser B.A., Kowal-Vern A., Kimball D. et al.* A pilot study comparing percutaneous decompression with decompressive laparotomy for acute abdominal compartment syndrome in thermal injury // *J. burn. care rehab.* – 2000. – Vol. 23. № 3. – P. 190–195.
12. *Malbrain M. L. N. G.* Abdominal pressure in the critically ill // *Cur. opin. crit. care.* – 2000. – № 6. – P. 17–29.
13. *Malbrain M. L., Cheatham M. L., Kirkpatrick A. et al.* Results from the international conference of experts on intraabdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. I. Definitions // *Intensive care med.* – 2006. – Nov. Vol. 32 (11). – P. 1722–1732.
14. *Reeves S. T., Pinosky M. L., Byrne T. K. et al.* Abdominal compartment syndrome // *Can. j. anaesth.* – 1997. – Vol. 44. № 3. – P. 308–312.
15. *Sugrue M., Jones F., Deane S. A. et al.* Intraabdominal hypertension is an independent cause of postoperative renal impairment // *Arch. surg.* – 1999. – Vol. 134. – P. 1082–1085.
16. *Tons C., Schachtrupp A., Rau M.* Abdominal compartment syndrome: prevention and treatment // *Chirurgia.* – 2000. – Vol. 71. № 8. – P. 918–926.

Поступила 23.09.2015

Б. А. СИДОРЕНКО, О. А. СЕМЕНЮК, М. А. БУГРИМОВА, А. В. ИВАНОВ, М. Э. БИЛЬКО

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

*Отделение кардиохирургии ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой»
Управления делами Президента РФ,
Россия, 121356, г. Москва, ул. Маршала Тимошенко, 15;
тел. 8 (903) 776-07-45. E-mail: semenyuk-cardio@yandex.ru*

Обследовано 100 пациентов (86% – мужчины, 14% – женщины) в возрасте 56–69 лет, которым в дальнейшем было проведено коронарное шунтирование. Методика комплексного обследования основывалась на оценке функционирования сердечной мышцы, клинико-инструментальных показателей, отображающих состояние сердечно-сосудистой системы, а также других жизненно важных органов (печень, почки, поджелудочная железа) и системы свертываемости крови. По результатам исследования разработана математическая модель взаимосвязи изложенных показателей с величиной фракции выброса сердечной мышцы. Установлено, что в качестве базового показателя, обеспечивающего высокий уровень прогнозирования благоприятного исхода и величины фракции выброса миокарда, можно рассматривать показатель шкалы оценки рисков неблагоприятных исходов (EuroSCORE).

Ключевые слова: коронарное шунтирование, фракция выброса сердечной мышцы, EuroSCORE

B. A. SIDORENKO, O. A. SEMENYUK, M. A. BUGRIMOVA, A. V. IVANOV, M. E. BILKO

MATHEMATICAL MODEL OF THE HEART MUSCLE FUNCTIONING LEVEL
ESTIMATION BEFORE CORONARY ARTERY BYPASS SURGERY

*Department of cardiac surgery FGBI «Central clinical hospital and polyclinic»
Office of the President of the Russian Federation,
Russia, 121356, Moscow, str. Timoshenko, 15; tel. 8 (903) 776-07-45. E-mail: semenyuk-cardio@yandex.ru*

A total of 100 patients (86% – men, 14% are women), aged 56–69 years, which was later performed coronary artery bypass surgery. The methodology was based on a comprehensive survey assessing the functioning of the heart muscle, the clinical and instrumental parameters, which reflect the state of the cardiovascular system and other vital organs (liver, kidney, pancreas) and blood clotting system. The study developed a mathematical model of the relationship set out indicators ejection fraction of the heart muscle. It is established that as a benchmark, providing a high level of predicting a favorable outcome and the ejection fraction of the myocardium can be considered indicator of the scale of the risk assessment of adverse outcomes (EuroSCORE).

Key words: coronary artery bypass surgery, ejection fraction of the heart muscle, EuroSCORE.

Введение

В настоящее время коронарное шунтирование (КШ) рассматривается как безопасный метод хирургического вмешательства с невысоким уровнем интра- и послеоперационных осложнений и хорошим реабилитационным потенциалом. Накопленный опыт кардиологической практики свидетельствует о том, что проведение КШ сопровождается характерными клинико-биохимическими изменениями в организме, которые необходимо учитывать в рамках предоперационной подготовки [1]. Исходя из этого в целях определения риска неблагоприятного исхода перед проведением хирургического вмешательства необходимо оценивать достаточно широкий диапазон параметров сердечно-сосудистой, нервной, дыхательной и выделительной систем организма. Последнее положение определяет актуальность выявления наиболее информативных предикторов состояния организма пациента перед проведением КШ. При этом в качестве базового показателя, позволяющего в значительной степени прогнозировать клиническую эффективность оперативного вмешательства, используются фракции выброса миокарда. Изложенные положения послужили основой для проведения настоящего исследования, выполненного с целью определения зависимости сократительной функции сердечной мышцы в предоперационном периоде от физических, инструментальных и лабораторных показателей организма пациента перед проведением КШ.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнялось в период с 2009 г. по 2014 г., всего обследовано 100 пациентов (86% – мужчины, 14% – женщины), которым в дальнейшем было проведено КШ. В исследование были включены пациенты в возрасте 56–69 лет (средний возраст $61,7 \pm 1,4$ года) с ишемической болезнью сердца (ИБС) и многососудистым поражением коронарного русла, нуждающиеся в проведении КШ. Основными критериями включения пациентов в исследование являлись: наличие поражения более двух коронарных артерий или поражения ствола левой коронарной артерии (по данным коронарографии), I–IV функциональные классы стенокардии напряжения,

а также повышение класса стенокардии, и (или) ухудшение течения ИБС, и (или) выявление безболевой ишемии миокарда (по результатам проведенного обследования), являющиеся причиной госпитализации. Критериями исключения пациентов явилось наличие сопутствующих заболеваний с выраженными нарушениями функций внутренних органов (поражения легких, сопровождающиеся выраженной дыхательной недостаточностью, инсульт (в течение последних 30 дней), терминальные стадии хронической сердечной, почечной и печеночной недостаточности, а также гемодинамически значимые клапанные пороки сердца).

Всем пациентам в стационарных условиях было выполнено комплексное обследование, направленное на оценку функционирования сердечной мышцы, клинико-инструментальных показателей, отображающих состояние сердечно-сосудистой системы, а также других жизненно важных органов (печень, почки, поджелудочная железа) и системы свертываемости крови.

Клинико-инструментальное обследование включало оценку сократительной функции миокарда (ФВ % по данным эхокардиографии), нарушений ритма и проводимости сердца (по данным ЭКГ, холтеровского мониторирования), состояния дыхательной системы (по данным рентгенологического исследования органов грудной клетки, функции внешнего дыхания), а также признаков острого нарушения мозгового кровообращения (консультация невролога с последующим выполнением КТ и МРТ головного мозга по показаниям).

Лабораторное обследование основывалось на оценке общего анализа крови с контролем уровня гемоглобина, лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, гематокрита. Выполнялось исследование биохимических показателей крови (уровня креатинина, общего билирубина, печеночных трансаминаз, калия, общего белка, альбумина, амилазы). Для контроля показателей гемостаза выполнялось исследование протромбина и фибриногена. Наряду с этим проводилось исследование биохимических показателей повреждения миокарда, таких как КФК, КФК-МВ, и сердечного тропонина I в плазме крови.

Всего в рамках комплексного обследования определено 48 показателей, которые были проанализированы на наличие взаимосвязи с фракцией выброса сердца. Разработка математической модели основывалась на пошаговом дискриминантном анализе статистической характеристики F , которая определяет весовой коэффициент каждого показателя в общем массиве. Первый шаг анализа заключался в нахождении показателей с $F > 1,0$ и последующем определении уровня достоверности математической модели. Следующий шаг заключался в нахождении показателей с $F > 2,0$ с аналогичной дальнейшей оценкой. В процессе заключительного (третьего) шага были выбраны наиболее жесткие статистические условия, определяющие выбор F не менее 3,0. Таким образом, в процессе математического анализа определялись, во-первых, наиболее информативные показатели, непосредственно связанные с величиной фракции выброса, и, во-вторых, уровень статистической достоверности модели, включающей в себя выбранные показатели. При этом мы ориентировались на следующие критерии статистической достоверности математической модели: менее 70% – достоверность недостаточная; 70–80% – достоверность минимально требуемая; более 80% – высокий уровень достоверности [4].

Результаты исследования

Результаты оценки статистической характеристики F применительно к информативным (F более 1,0) и некоторым малоинформативным ($F = 1,0$ и менее) показателям в рамках первого шага разработки математической модели представлены в таблице 1.

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что большинство из 48 исследуемых показателей даже на первом этапе математического анализа слабо коррелировали с величиной фракции выброса миокарда. В этой связи интересно подчеркнуть отсутствие взаимосвязи с количеством пораженных коронарных артерий и наличием нарушений проводимости сердца, а также минимальную связь с возрастом пациента. По результатам анализа применительно к каждому информативному показателю была определена математическая константа с последующим определением достоверности математической модели. Проведенный анализ показал, что уровень достоверности разработанной модели на первом этапе исследования составляет 62,8%, что не соответствует общепринятым требованиям к достоверности. В связи с этим в ходе последующего анализа малоинформативные показатели оценки исключались.

Таблица 1

Величина статистической характеристики F применительно к информативным (F более 1,0) и некоторым малоинформативным ($F = 1,0$ и менее) показателям, первый шаг разработки математической модели

Показатель	F	p	Информативность
Показатель шкалы оценки риска неблагоприятного исхода (EuroSCORE)	3,8	0,0006	Информативный
Наличие инфаркта миокарда в анамнезе (ИМ)	3,7	0,0009	Информативный
Уровень активности цитоплазматического изофермента креатинфосфокиназы клеток миокарда (КФК)	2,9	0,001	Информативный
Уровень сердечного тропонина I (Тр I)	2,7	0,004	Информативный
Уровень калия в плазме крови	1,8	0,012	Информативный
Наличие нарушений ритма сердца	1,4	0,028	Информативный
Возраст пациента	1,2	0,046	Информативный
Функциональный класс стенокардии	0,9	0,086	Малоинформативный
Количество пораженных коронарных артерий	0,8	0,098	Малоинформативный
Наличие нарушений проводимости сердца	0,7	0,12	Малоинформативный
Показатель общего билирубина	0,4	0,46	Малоинформативный
Показатель свертываемости крови	0,3	0,69	Малоинформативный
Показатель креатинина	0,3	0,69	Малоинформативный

Величина статистической характеристики F применительно к информативным (F более 2,0) и некоторым малоинформативным (F = 2,0 и менее) показателям, второй шаг разработки математической модели

Показатель	F	p	Информативность
Показатель шкалы оценки риска неблагоприятного исхода (EuroSCORE)	4,9	0,00006	Информативный
Наличие инфаркта миокарда в анамнезе (ИМ)	4,8	0,00008	Информативный
Уровень активности цитоплазматического изофермента креатинфосфокиназы клеток миокарда (КФК)	2,6	0,03	Информативный
Уровень сердечного тропонина I (Тр I)	2,4	0,04	Информативный
Уровень калия в плазме крови	1,6	0,08	Малоинформативный
Наличие нарушений ритма сердца	1,2	0,3	Малоинформативный
Возраст пациента	1,1	0,4	Малоинформативный

Таблица 3

Величина статистической характеристики F применительно к информативным (F более 3,0) и некоторым малоинформативным (F = 3,0 и менее) показателям, третий шаг разработки математической модели

Показатель	F	P	Информативность
Показатель шкалы оценки рисков неблагоприятных исходов (EuroSCORE)	7,8	0,0000002	Информативный
Наличие инфаркта миокарда в анамнезе (ИМ)	3,2	0,00006	Информативный
Уровень активности цитоплазматического изофермента креатинфосфокиназы клеток миокарда (КФК)	2,1	0,18	Малоинформативный
Уровень сердечных фракций тропонина (Тр)	1,9	0,24	Малоинформативный

Результаты оценки статистической характеристики F применительно к информативным (F более 2,0) и некоторым малоинформативным (F = 2,0 и менее) показателям в рамках второго шага разработки математической модели представлены в таблице 2.

Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что после второго шага математического анализа выявлено четыре показателя (EuroSCORE, ИМ, КФК, тропонин I), статистическая характеристика F которых соответствовала требуемым значениям. По результатам анализа применительно к каждому информативному показателю была определена математическая константа с последующим определением достоверности математической модели. Проведенный анализ показал, что уровень достоверности разработанной модели на втором шаге исследования составляет 74,6%, что в целом соответствует общепринятым минимальным требованиям

к достоверности. В ходе последующего анализа малоинформативные показатели оценки также исключались.

Результаты оценки статистической характеристики F применительно к информативным (F более 3,0) и малоинформативным (F = 3,0 и менее) показателям в рамках третьего шага разработки математической модели представлены в таблице 3.

Представленные в таблице 3 данные свидетельствуют о том, что после третьего шага математического анализа выявлено два показателя (EuroSCORE, ИМ), статистическая характеристика F которых соответствовала требуемым значениям. По результатам анализа применительно к каждому информативному показателю также была определена математическая константа с последующим определением достоверности математической модели. Проведенный анализ показал, что уровень достоверности разработанной

модели на третьем шаге исследования составляет 88,4%, что в полном объеме соответствует общепринятым требованиям к достоверности.

Обсуждение

Из полученных результатов следует, что из всего диапазона исследуемых показателей было выявлено лишь четыре параметра (EuroSCORE, ИМ, КФК, тропонин I), на основании оценки которых представляется возможным статистически достоверное прогнозирование состояния сердечной мышцы в предоперационном периоде. Перечень данных показателей представляется достаточно ожидаемым. Меньшая прогностическая значимость КФК и тропонина I как «классических» маркеров повреждения миокарда [5] расценивается как несколько неожиданный результат. В то же время следует подчеркнуть возможность применения модели на основании указанных четырех показателей с учетом близко к минимально допустимому уровню достоверности.

Полученные в работе данные достаточно убедительно доказывают, что в качестве базового показателя, обеспечивающего высокий уровень прогнозирования благоприятного исхода и величины фракции выброса миокарда, можно рассматривать показатель шкалы оценки рисков неблагоприятных исходов (EuroSCORE). С нашей точки зрения, это связано с двумя положениями. Первое определяется тем, что факторы риска стандартной оценочной шкалы EuroSCORE включают ряд показателей, которые рассматривались в настоящем исследовании: возраст, уровень креатинина, функциональный класс стенокардии, наличие инфаркта миокарда в анамнезе. Данное положение определяет комплексность и, следовательно, большую прогностическую эффективность шкалы EuroSCORE [8]. Второе положение определяется накопленным опытом кардиологической практики, рекомендуя логистическую систему EuroSCORE для экспертной оценки сложности операций с целью планирования тактики лечения и медицинского обеспечения пациентов, а также проведения анализа результатов хирургического лечения [2, 3, 5, 7].

В заключение следует отметить, что, несмотря на вполне ожидаемый характер полученных

результатов, настоящее исследование представляется достаточно новым с позиций аргументированного математического подхода к прогнозированию уровня функционирования сердечной мышцы перед проведением коронарного шунтирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акчурина Р. С., Ширяев А. А., Лепилин М. Г., Галаутдинов Д. М., Сапельников О. В., Латыпов Р. С., Гришин И. Р., Баялиева А. Ж. Многососудистое коронарное шунтирование на работающем сердце у больных с ишемической дисфункцией миокарда левого желудочка // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2007. – № 5. – С. 24–27.
2. Барбараш Л. С., Шафранская К. С., Иванов С. В., Мусеенков Г. В., Казачек Я. В., Барбараш О. Л. Возможности использования модифицированной шкалы EuroScore для оценки годового прогноза коронарного шунтирования у пациентов с мультифокальным атеросклерозом // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2010. – № 2. – С. 7.
3. Бокерия Л. А. Применение системы EuroSCORE для оценки операционного риска у пациентов с приобретенными пороками сердца / Л. А. Бокерия, И. И. Скопин, В. А. Мироненко, Э. В. Куц, Ю. С. Дмитриева // Бюллетень НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – 2010. – Том 11. № 3. – С. 12.
4. Реброва О. Ю. Применение пакета прикладных программ STATISTICA // Статистический анализ медицинских данных. – М.: Медиа Сфера, 2006. – 312 с.
5. Скопин И. И. Применение системы EuroSCORE у пациентов с патологией клапанов сердца и дилатацией левого желудочка / И. И. Скопин, В. А. Мироненко, Э. В. Куц, Ю. С. Дмитриева // Бюллетень НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – 2010. – Том 11. № 6. – С. 32.
6. Шонбин А. Н. Современный подход к стратификации риска кардиохирургических операций по шкалам EuroScore и EuroScore II / А. Н. Шонбин, Д. О. Быстров, А. С. Заволожин, Б. Л. Дуберман, М. В. Елизаров // Экология человека. – 2012. – № 3. – С. 28–31.
7. Abdulkadir Ercan, Ilker Hasan Karal, Orcun Gurbuz, Gencehan Kumtepe, Tolga Onder, and Davit Saba. A comparison of off-pump and on-pump coronary bypass surgery in patients with low EuroSCORE // J. cardiothorac surg. – 2014. – № 9. – С. 105.
8. Croal B. L., Hillis G. S., Gibson P. H. et al. Relationship between postoperative cardiac troponin I levels and outcome of cardiac surgery // Circulation. – 2006. – № 114. – P. 1468–1475.

Поступила 04.09.2015