

## Методические рекомендации по оценке кровоснабжения грудины после операций на грудной клетке

*Мамчур С.Е., Чернов В.И., Тепляков А.Т., Вечерский Ю.Ю., Кривоногов Н.Г.*

## Estimation of blood supply of the sternum after operations on the chest wall

*Mamchur S.E., Chernov V.I., Teplyakov A.T., Vechersky Yu.Yu., Krivonogov N.G.*

НИИ кардиологии ТНЦ СО РАН, г. Томск

© Мамчур С.Е., Чернов В.И., Тепляков А.Т. и др.

Метод оценки кровоснабжения грудины при помощи сочетанного применения однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и трехфазной динамической сцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$ -метилена дифосфонатом с определением поглощения  $^{99m}\text{Tc}$ -метилена дифосфоната грудиной по отношению к позвоночнику позволяет проводить раннюю диагностику гипоперфузии грудины после операций на грудной клетке и выявлять среди пациентов группы риска по развитию послеоперационного остеомиелита грудины и медиастинита. Благодаря предложенному способу можно своевременно проводить профилактические мероприятия, направленные на предотвращение развития остеомиелита грудины. Предлагаемый способ уменьшает стоимость исследования и лучевую нагрузку на пациента. Рекомендации предназначены для радиологов, сердечно-сосудистых и грудных хирургов.

**Ключевые слова:** остеомиелит грудины, медиастинит, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ), трехфазная сцинтиграфия.

The method of estimation of the blood supply of the sternum by combined use of both single photon emission computed tomography and three-phased dynamic scintigraphy with  $^{99m}\text{Tc}$ -methylene diphosphonate with determination of  $^{99m}\text{Tc}$ -methylene diphosphonate sternal vis-à-vis vertebral uptake allows to carry out early diagnosis of the sternal hypoperfusion after operations on the chest wall and determine the postoperative osteomyelitis and mediastinitis risk groups in patients. By using of the method it is possible to keep forehanded prophylactic measures on prevention of development of the sternal osteomyelitis. The proposed method decreases the cost of the examination and radiation capacity on patient. The recommendations are designed for radiologists, cardiovascular and thoracic surgeons.

**Key words:** sternal osteomyelitis, mediastinitis, single photon emission computed tomography (SPECT), three-phased scintigraphy.

УДК 616. 712 – 089:616.135

До настоящего времени считалось, что проведение трехфазной динамической сцинтиграфии для оценки состояния скелета грудной клетки и, в частности, грудины является бесперспективным, т.к. в изменениях, происходящих после операций на грудной клетке, на сцинтиграммах не было отмечено каких-либо закономерностей, отражающих кровоснабжение ткани грудины. Это было объяснено тем, что на сцинтиграммы кос-

тей грудной клетки наслаивается выраженный мягкотканый компонент [21]. Однако по мере накопления анатомических знаний об источниках кровоснабжения грудины те данные, которые казались несущественными (разнородное поглощение РФП различными отделами грудины), приобрели смысл. Идентифицированы три типа сосудов, осуществляющих кровоснабжение грудины [8]: а) грудинные перфорантные ветви внут-

ренной грудной артерии, кровоснабжающие грудину и большую грудную мышцу, б) грудинные межреберные ветви внутренней грудной артерии, кровоснабжающие грудину и соответствующий межреберный промежуток, в) задние межреберные артерии, которые не имеют анастомозов с внутренней грудной артерией, но пересекают ее на своем пути к грудине.

Все три типа артерий в значительно большем количестве обнаружены в области проксимальной части грудины, что очень важно при проведении исследований после операций в области рукоятки и проксимальных отделов тела грудины, при которых доступ осуществляется посредством тотальной или парциальной срединной стернотомии. Поэтому снижение поглощения РФП какой-то определенной областью грудины позволяет с высокой точностью идентифицировать, в бассейне каких артерий произошло снижение или прекращение циркуляции. Тем не менее до настоящего времени в литературе не встречались указания на попытки использования новых анатомических знаний для непосредственной оценки перфузии грудины при помощи ее трехфазной динамической сцинтиграфии. Для достижения вышеописанной цели применялась лишь однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ), при которой производится подсчет абсолютных единиц поглощения радиофармпрепарата (РФП) тканью грудины [7]. Недостатком данного метода является невозможность непосредственной оценки кровоснабжения грудины. Это связано с тем, что ОЭКТ может проводиться лишь во время третьей фазы перераспределения фосфатов, которая приходится на 3—4 ч после инъекции РФП. Поэтому изменения в поглощении грудной РФП, которое может происходить в результате действия множества причин, в этот период времени не может однозначно трактоваться как нарушение ее перфузии [21]. Вторым недостатком данного метода является необходимость проведения исследования как до, так и после операции, что связано с необходимостью сравнения послеоперационной томограммы с исходной. Это в два раза увеличивает лучевую нагрузку на пациента и стоимость диагностики [7].

При послеоперационной топической диагностике перфузии грудины вместо сравнения поглощения  $^{99m}\text{Tc}$ -метилена дифосфоната тканью грудины до и после операции мы рекомендуем использовать долю поглощения РФП тканью грудины по отношению к интактной ткани позвоночника однократно после операции. Теоретические предпосылки применения такого сравнения основаны на факте отсутствия отличий в интенсивности поглощения фосфатов костной тканью позвоночного столба и неповрежденной грудины, что установлено нами в результате обследования 15 здоровых добровольцев. Выгода применения такого метода складывается из двух моментов: а) вместо двух исследований возможно проведение одного без потери качества получаемой информации, б) в 2 раза уменьшается как лучевая нагрузка на пациента, так и стоимость диагностики.

Проведенное нами ранее двойное слепое контролируемое исследование по оценке кровоснабжения грудины у 30 пациентов после перенесенной стернотомии показало, что в случае сохраненной перфузии грудины отношение счета сцинтилляций в любой ее зоне по отношению к позвоночнику составило  $217 \pm 49\%$  ( $P < 0,05$ ). Такая высокая степень поглощения РФП грудной после операции объясняется повышением остеобластной активности в связи с воспалительными и репаративными процессами в грудине, сопутствующими послеоперационному периоду. В случае выключения из циркуляции какого-либо из артериальных бассейнов, кровоснабжающих грудину, это отношение составило  $96 \pm 51\%$  ( $P < 0,05$ ). Поэтому в качестве нижней границы нормы перфузии грудины мы выбрали значение 158%, соответствующее верхней границе вышеуказанного диапазона гипоперфузии.

Таким образом, техническое решение представляет собой сочетание однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и трехфазной динамической сцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$ -метилена дифосфонатом. При этом определяют поглощение  $^{99m}\text{Tc}$ -метилена дифосфоната грудной по отношению к позвоночнику, и при поглощении его грудной по отношению к позвоночнику менее 158% диагностируют гипоперфузию грудины.

Новым в предлагаемом способе являются дополнительное проведение трехфазной динамической сцинтиграфии, определение поглощения РФП грудиной по отношению к позвоночнику и диагностика гипоперфузии грудины при поглощении РФП грудиной по отношению к позвоночнику менее 158%.

Исследование проводится в ближайшем периоде после открытых операций на грудной клетке при наличии следующих показаний:

- пациенты, перенесшие стернотомию и имеющие 2 или более независимых факторов риска развития медиастинита и остеомиелита грудины:
  - мужской пол [6, 9],
  - возраст более 60 лет [6, 22],
  - хронические обструктивные заболевания легких или пневмония [9, 13],
  - ожирение [6, 10, 16, 17, 23],
  - сахарный диабет [5, 10, 12, 14, 16],
  - высокий послеоперационный уровень глюкозы [23],
  - нарушение сократительной функции сердца [11, 22];
- пациенты, перенесшие стернотомию или торакотомию при наличии одного или более хирургических факторов риска развития медиастинита и остеомиелита грудины:
  - продолжительность вмешательства [11, 17],
  - повторные вмешательства [9, 11, 13, 19, 20],
  - использование внутриаортальной баллонной контрпульсации [9],
  - двухстороннее выделение ВГА [9, 12, 13, 16, 17],
  - установка на длительный срок электрокардиостимуляционных электродов, внутрисосудистых катетеров и дренажей [15],
  - послеоперационное кровотечение [11, 19],
  - использование электрокаутера в большом объеме [18],
  - большой промежуток времени между поступлением пациента в стационар и операцией [19],
  - продолжительная инотропная поддержка [20];

- клинические проявления медиастинита и/или остеомиелита грудины в ближайшем или отдаленном послеоперационном периоде.

## Противопоказания

- Беременность.
- Кормящим грудью матерям следует воздержаться от кормления ребенка в течение 24 ч после введения им РФП.

## Материально-техническое обеспечение метода

1. Радиофармацевтический препарат диагностического назначения «Технефор» (Институт биофизики МЗ РФ) представляет собой комплекс технеция-99m с оксабифором [окса-бис-(этиленнитрило)тетраметилефосфоновая кислота] и предназначен для сцинтиграфии (скенирования). Препарат разрешен к клиническому применению приказом Минздрава СССР  $\kappa$  931 от 05.08.87 г. (рег. удостоверение 87/931/5). Состав препарата защищен авторским свидетельством СССР  $\kappa$  1175490 от 09.08.82 г. Зарубежные аналоги (по функциональному назначению): TCK-14 (CIS, Франция); TECEBON, TECEOS (HOECHST, ФРГ); AMERSCAN MEDRONATE II TECHNETIUM (MDP) AGENT (AMERSHAM, Великобритания); SOLCO MDP (SOLCO NUCLEAR, Швейцария); ROTOP-DIPHOSPHONATE (ISOCOMMERZ, ГДР); PHOSPHON (ВНР).

2. Томографическая гамма-камера.

## Описание метода

**1. Приготовление РФП.** Препарат готовят в медицинском учреждении непосредственно перед употреблением добавлением элюата из генератора  $^{99m}\text{Tc}$ . Набор реагентов состоит из 5 флаконов, каждый из которых содержит лиофилизированную смесь оксабифора (5 мг) и двухлористого олова (0,2 мг). Готовый препарат имеет следующие характеристики:

- прозрачный бесцветный раствор
- объем 5 мл
- pH 3,0—4,0
- концентрация оксабифора 1 мг/мл
- концентрация  $\text{SnCl}_2$  0,04 мг/мл

- объемная активность 185—740 МБк/мл
- содержание свободного  $^{99m}\text{Tc} \leq 1\%$ .

Готовят препарат добавлением во флакон с реагентом в асептических условиях 5 мл элюата из генератора  $^{99m}\text{Tc}$ . При необходимости предварительно проводят разбавление элюата изотоническим раствором хлористого натрия до требуемой объемной активности. Препарат готов к употреблению после растворения реагента. Средние дозы внутреннего облучения пациента при использовании приготовленного вышеуказанным способом  $^{99m}\text{Tc}$ -«Технефора» указаны в табл. 1.

Таблица 1

Средние дозы внутреннего облучения пациента

| Органы               | Лучевые нагрузки (мЗв/мБк) |
|----------------------|----------------------------|
| Скелет               | 0,046                      |
| Мочевой пузырь       | 0,056                      |
| Почки                | 0,019                      |
| Красный костный мозг | 0,008                      |
| Яичники              | 0,0043                     |
| Семенники            | 0,0027                     |
| Все тело             | 0,0025                     |

**2. Проведение исследования.** Трехфазную динамическую сцинтиграфию и ОЭКТ грудной клетки с  $^{99m}\text{Tc}$ -метилен дифосфонатом проводят на томографической гамма-камере (мы используем гамма-камеру «Omega-500» фирмы

TechniCare, США—Германия). Пациенту в локтевую вену вводят  $^{99m}\text{Tc}$ -метилен дифосфонат из расчета 5 мБк/кг массы тела, после чего сразу же начинают трехфазную динамическую сцинтиграфию скелета грудной клетки в сагиттальной проекции с использованием высокоразрешающего низкоэнергетического коллиматора для энергии излучения 140 кэВ (фотопик  $^{99m}\text{Tc}$ ) при ширине окна дифференциального дискриминатора 20%. Через 3—4 ч после введения РФП производят ОЭКТ. Регистрацию излучения проводят в процессе вращения сцинтилляционного датчика вокруг вертикальной оси тела пациента в 32 проекциях с экспозицией по 30 с на проекцию, после чего методом обратного проецирования реконструируют томографические срезы толщиной 2 воксела в сагиттальной плоскости. Затем определяют процент превышения усредненного счёта в зонах интереса в области рукоятки, тела и мечевидного отростка грудины по отношению к интактной костной ткани позвоночника, поглощение РФП которой условно принято за 100%.

На рис. 1 и 2 представлены данные трехфазной динамической сцинтиграфии в сочетании с ОЭКТ пациентов Г. и Л., выполненной на второй неделе послеоперационного периода, а в табл. 2 и 3 — расчеты поглощения  $^{99m}\text{Tc}$ -метилен дифосфоната грудиной по отношению к позвоннику у этих же пациентов.

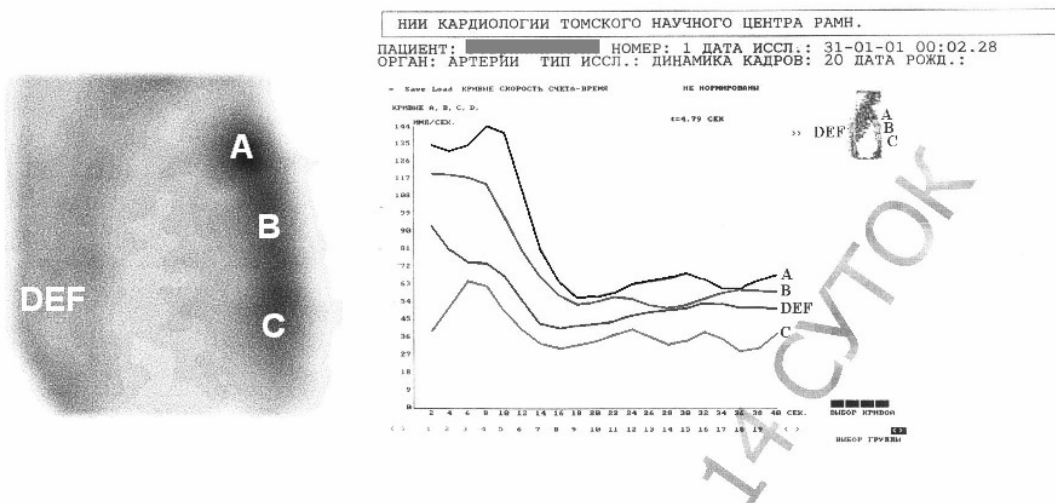


Рис. 1. Данные, полученные при исследовании оценки кровоснабжения грудины пациента Г. На левой части рисунка — компьютерная томограмма грудной клетки в сагиттальной плоскости, проходящей по срединной линии тела (справа — грудина, слева — позвонник). Буквами обозначены зоны интереса, в которых проводился счет. На правой части рисунка — трехфазная динамическая

сцинтиграмма, на которой имеются графики, показывающие динамику накопления РФП по времени в зонах интереса, соответствующих буквенным обозначениям на томограмме

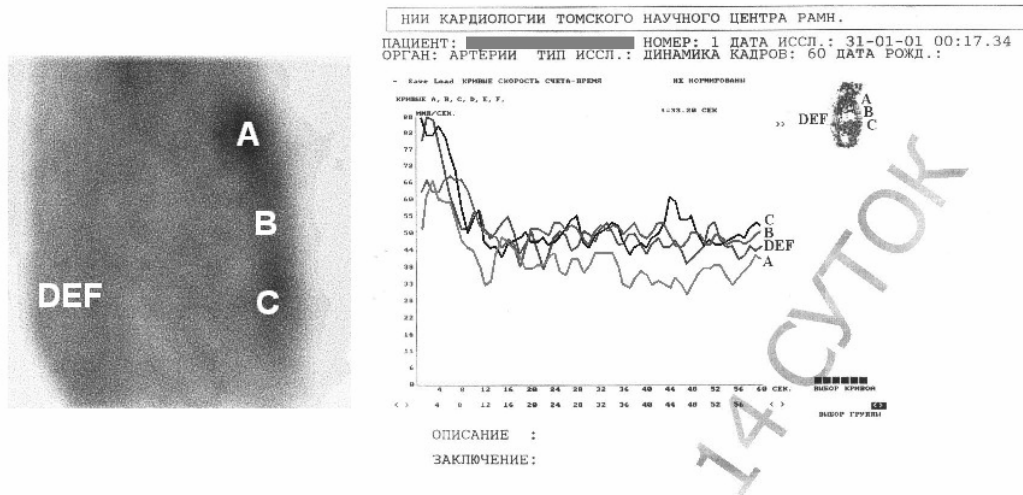


Рис. 2. Данные, полученные при исследовании оценки кровоснабжения грудины пациента Л. На левой части рисунка — компьютерная томограмма грудной клетки в сагиттальной плоскости, проходящей по срединной линии тела (справа — грудина, слева — позвоночник). Буквами обозначены зоны интереса, в которых проводился счет. На правой части рисунка — трехфазная динамическая сцинтиграмма, на которой имеются графики, показывающие динамику накопления РФП по времени в зонах интереса, соответствующих буквенным обозначениям на томограмме

Таблица 2

Поглощение <sup>99m</sup>Tc-метилена дифосфоната грудиной по отношению к позвоночнику пациента Г.

| Зона интереса                             | Относительное поглощение, % |
|---|-----------------------------|
| A (рукоятка) — D (позвоночник)            | 387—100                     |
| B (тело) — E (позвоночник)                | 352—100                     |
| C (мечевидный отросток) — F (позвоночник) | 160—100                     |

Таблица 3

Поглощение <sup>99m</sup>Tc-метилена дифосфоната грудиной по отношению к позвоночнику пациента Л.

| Зона интереса                             | Относительное поглощение, % |
|---|-----------------------------|
| A (рукоятка) — D (позвоночник)            | 128—100                     |
| B (тело) — E (позвоночник)                | 135—100                     |
| C (мечевидный отросток) — F (позвоночник) | 119—100                     |

При этом у пациента Г. в фазу притока (инициального кровотока, I фаза) и перфузии (кровенного пула, II фаза) отмечается приблизительно

одинаковый счет во всех зонах интереса за исключением рукоятки и тела грудины со значительным преобладанием притока в этих областях, что закономерно в связи с особенностями кровоснабжения данной области и оперативного доступа. Слева от диаграммы — эмиссионная компьютерная томограмма в сагиттальной плоскости, проходящей через грудину, выполненная в отсроченную фазу (III фаза) через 3 ч после введения РФП. На ней видно явное преобладание поглощения РФП грудиной по сравнению с позвоночником. Более чем трехкратная разница отражает степень повышения остеобластной активности в связи с воспалительными и репаративными процессами в грудине, сопутствующими послеоперационному периоду. Пациент Г. был благополучно выписан в начале 3-й нед послеоперационного периода.

Данные относительного поглощения РФП пациента Л. демонстрируют, что поглощение РФП грудиной значительно ниже, чем в предыдущем примере. Однако отнести эти изменения за счет гипоперфузии однозначно нельзя, поскольку су-

существует множество причин для снижения поглощения РФП костной тканью. Серьезные отличия видны на графике счета сцинтилляций: в фазы I и II нет существенной разницы между кривыми подсчета сцинтилляций. Причем наименьший счет наблюдается в области рукоятки грудины, которая в норме должна быть максимально васкуляризована, однако ее кровоснабжение нарушено из-за отсутствия внутренних грудных артерий — главного источника кровоснабжения грудины. Таким образом, снижение перфузии грудины было однозначно продемонстрировано благодаря сочетанию ОЭКТ с трехфазной динамической сцинтиграфией. У пациента Л. на 3-й нед послеоперационного периода развился остеомиелит грудины и медиастинит, несмотря на то, что риск развития послеоперационных инфекций грудины у него был ниже, чем у пациента Л.

### Эффективность использования метода

Приведенные примеры показывают, что еще за неделю до клинической манифестации остеомиелита имели место изменения кровоснабжения грудины, которые являются одним из самых серьезных факторов риска послеоперационных инфекций грудины. Благодаря предложенному способу их можно своевременно диагностировать и проводить профилактические мероприятия, направленные на предотвращение развития остеомиелита грудины. Это особенно важно для пациентов, организм которых ослаблен после операции и у которых частота развития послеоперационных инфекций колеблется между 1,9 и 15%, а смертность от них достигает 14%. Для этой группы больных также небезразлично лучевое воздействие, которое благодаря предложенной методике подсчета относительного поглощения РФП удается снизить в два раза по сравнению с известными способами.

Нами был проведен ряд исследований по изучению перфузии [1, 2, 4] и остеобластической активности костной ткани грудины [3] в зависимости от способа выделения внутренней грудной артерии при операциях коронарного шунтирования, в результате чего получены данные о высокой информативности предложенного метода.

Предложенный способ применен на 40 пациентах, в результате чего получены данные о высоком качестве и своевременности диагностики гиперперфузии грудины, сопутствующей многим операциям на грудной клетке. Эти новые данные оказывают существенное влияние на врачебную тактику, что, в свою очередь, положительно сказывается на показателях заболеваемости и смертности в ближайшем послеоперационном периоде.

### Литература

1. *Вечерский Ю.Ю., Мамчур С.Е., Чернов В.И., Кривоногов Н.Г.* Нарушения кровоснабжения грудины после операций маммарокоронарного шунтирования по данным трехфазной динамической сцинтиграфии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии: Тезисы докл. // IV Всероссийская научно-практическая конференция «Современные методы диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы». Новосибирск, 2001. С. 48—49.
2. *Мамчур С.Е., Вечерский Ю.Ю., Ахмедов Ш.Д. и др.* Влияние способа выделения внутренней грудной артерии на кровоснабжение грудины в ближайшем послеоперационном периоде // Лекции, обзоры и тезисы докладов по материалам V Сибирской научно-практической конференции по актуальным вопросам кардиологии. Красноярск, 2000. С. 524—526.
3. *Шипулин В.М., Вечерский Ю.Ю., Мамчур С.Е. и др.* Влияние способа выделения внутренней грудной артерии на остеобластическую активность ткани грудины в ближайшем послеоперационном периоде // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2001.  $\langle$  3. С. 21—25.
4. *Шипулин В.М., Вечерский Ю.Ю., Чернов В.И., Кривоногов Н.Г., Мамчур С.Е.* Изменение кровоснабжения грудины в зависимости от способа выделения внутренней грудной артерии // Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Тезисы докладов и сообщений VI Всероссийского съезда сердечно-сосудистых хирургов. М., 2000. 62 с.
5. *Borger M.A., Rao V., Weisel R.D. et al.* Deep sternal wound infection: risk factors and outcomes // *Annals of Thoracic Surgery*. 1998. V. 65. P. 1050—1056.
6. *Breyer R.H., Mills S.A., Hudspeth A.S. et al.* A prospective study of sternal wound complications // *Annals of Thoracic Surgery*. 1984. V. 37. P. 412—416.
7. *Cohen A.J., Lockman J., Lorberboym M. et al.* Assessment of sternal vascularity with single photon emission computed tomography after harvesting of internal thoracic artery // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1999. V. 118. P. 496—502.
8. *De Jesus R.A., Ackland R.D.* Anatomic study of the collateral blood supply of the sternum // *Annals of Thoracic Surgery*. 1995. V. 59. P. 163—168.
9. *Demmy T.L., Park S.B., Lieber G.A. et al.* Recent Ex-

- perience with major sternal wound complications // *Annals of Thoracic Surgery*. 1990. V. 49. P. 458—462.
10. *El Oakley R., Paul E., Wong P.S. et al.* Mediastinitis in patients undergoing cardiopulmonary bypass: risk analysis and midterm results // *Journal of Cardiovascular Surgery*. 1998. V. 38. P. 595—600.
  11. *Grossi E.A., Culliford A.T., Krieger K.H. et al.* A survey of 77 major infectious complications of median sternotomy: a review of 7,949 consecutive operative procedures // *Annals of Thoracic Surgery*. 1985. V. 40. P. 214—223.
  12. *Grossi E.A., Esposito R., Harris L.J. et al.* Sternal wound infections and use of internal mammary artery grafts // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1991. V. 102. P. 342—347.
  13. *Hazerigg S.R., Wellons H.A., Schneider J.A., Kolm P.* Wound complications after median sternotomy // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1989. V. 98. P. 1096—1099.
  14. *He G.-W., Ryan W.H., Acuff T.E. et al.* Risk factors for operative mortality and sternal wound infection in bilateral internal mammary artery grafting // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1994. V. 107. P. 196—202.
  15. *Jakob H.G., Borneff-Lipp M., Bach A. et al.* The endogenous pathway is a major route for deep sternal wound infection // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2000. V. 17. P. 154—160.
  16. *Kouchoukos N.T., Wareing T.H., Murphy S.F. et al.* Risk of bilateral internal mammary artery bypass grafting // *Annals of Thoracic Surgery*. 1990. V. 49. P. 210—217.
  17. *Loop F.D., Lytle B.W., Cosgrove D.M. et al.* Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity and cost of care // *Annals of Thoracic Surgery*. 1990. V. 49. P. 179—187.
  18. *Nishida H., Grooters R.K., Soltanzadeh H. et al.* Discriminate use of electrocautery on the median sternotomy incision: a 0,16% wound infection rate // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1991. V. 101. P. 488—494.
  19. *Ottino G., De Paulis R., Pansini R. et al.* Major sternal wound infection after open-heart surgery: a multivariate analysis of risk factors in 2579 consecutive operative procedures // *Annals of Thoracic Surgery*. 1987. V. 44. P. 1739.
  20. *Parisian Mediastinitis Study Group.* Risk factors for deep sternal wound infection after sternotomy: a prospective, multicenter study // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1996. V. 111. P. 1200—1207.
  21. *Sharp P.F., Gemmell M.G., Smith F.W.* *Practical nuclear medicine*, second edition. Oxford university press, 1998. P. 241—246.
  22. *Simchen E., Shapiro m., Marin G. et al.* Risk factors for post-operative wound infection in cardiac surgery patients // *Infection Control*. 1983. V. 4. P. 215—220.
  23. *Zerr K.J., Furnary A.P., Grunkemeier G.L. et al.* Glucose control lowers the risk of wound infection in diabetics after open heart operations // *Annals of Thoracic Surgery*. 1998. V. 63. P. 356—361.

Поступила в редакцию 26.07.2002 г.