

# Insuficiência Renal Aguda após Cirurgia de Revascularização Miocárdica com Circulação Extracorpórea - Incidência, Fatores de Risco e Mortalidade

Fernando Oliveira Santos, Marco Antonio Silveira, Roberto Barreto Maia, Marcelo Dantas Cerqueira Monteiro, Reinaldo Martinelli  
Salvador, BA

## Objetivo

Identificar a incidência, fatores de risco e mortalidade de insuficiência renal aguda (IRA), em pacientes submetidos à cirurgia para revascularização miocárdica com circulação extracorpórea.

## Métodos

Estudados prospectivamente todos os pacientes submetidos a cirurgia de revascularização miocárdica e as variáveis clínicas e laboratoriais analisadas através de métodos uni e multivariado (regressão logística).

## Resultados

Insuficiência renal aguda ocorreu em 16,1% dos 223 pacientes estudados, diálise foi necessária em 4,9% dos pacientes. Os fatores de risco associados à IRA na análise univariada foram: idade > 63 anos OR 3,6 (95% IC=1,6 a 8,3), creatinina sérica pré-operatória > 1,2 mg/dl OR 5,9 (95% IC=2,4 a 14,6), duração da circulação extracorpórea > 90 min OR 2,1 (95% IC=1,0 a 4,4), uso de balão intra-aórtico OR 2,6 (95% IC=1,2 a 5,5); necessidade de drogas inotrópicas OR 4,4 (95% IC=1,9 a 10,2) e, na análise multivariada, foram fatores independentes associados à IRA idade > 63 anos OR 3,0 (95% IC=1,3 a 7,2), creatinina sérica pré-operatória > 1,2 mg/dl OR 4,3 (95% IC=1,6 a 11,4), necessidade de drogas inotrópicas OR 3,2 (95% IC=1,3 a 8,0). A mortalidade nos pacientes com IRA foi de 25,0 % em comparação com 1,1% entre os sem IRA e 63,6% entre os que necessitaram de diálise.

## Conclusão

Insuficiência renal aguda em cirurgia de revascularização miocárdica é uma complicação freqüente e está associada à alta mortalidade. Sendo fatores de risco independentes: idade, insuficiência renal prévia e necessidade de drogas inotrópicas.

## Palavras-chave

insuficiência renal aguda, cirurgia de revascularização miocárdica, cirurgia cardíaca, circulação extracorpórea

Insuficiência renal aguda é uma entidade grave que se desenvolve em 2,0% a 7,0% dos pacientes durante a internação hospitalar<sup>1-3</sup>, sendo que em 18,0% a 47,0% dos casos está relacionada a um evento cirúrgico, tendo como principal tipo de lesão a necrose tubular aguda<sup>1,2,4</sup>. A grande variação na incidência de insuficiência renal aguda entre os estudos tem um perfil multifatorial, incluindo diferentes critérios diagnósticos, o desenho do estudo, critérios de inclusão e exclusão, perfil dos pacientes e dos centros envolvidos na amostra tornando difícil a comparação entre os estudos<sup>5</sup>.

Em cirurgia cardíaca sua incidência varia de 3,5% a 31,0%<sup>5-12</sup>, sendo que a necessidade de terapia dialítica acha-se presente em 0,3% a 15,0% dos casos<sup>5-18</sup>. A presença de insuficiência renal aguda nesses pacientes eleva a taxa de mortalidade de 0,4% a 4,4% para 1,3% a 22,3% e quando há necessidade de terapia dialítica as taxas atingem 25,0% a 88,9%<sup>5-18</sup>, tornando-se um fator de risco independente para mortalidade, segundo Chertow e cols.<sup>16</sup> e aumentando em 8 vezes a *odds ratio* de morte entre esses pacientes.

A presença de condições que determinem hipoperfusão e isquemia renal estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento de IRA e os pacientes que apresentam redução da reserva funcional renal, em que há redução na taxa de filtração glomerular sem elevação dos níveis séricos de creatinina acima dos valores normais, são mais susceptíveis a desenvolver IRA mesmo com lesões renais de pequena monta<sup>16</sup>. Fatores pré-operatórios e intra-operatórios tais como idade, nível prévio de creatinina, presença de diabetes mellitus, débito cardíaco, tempo de circulação extracorpórea e uso de balão intra-aórtico influenciam o desenvolvimento de IRA<sup>5-8,10-12,19</sup>. O desenvolvimento de complicações no pós-operatório como infecções, hemorragias, e uso de substâncias nefrotóxicas podem fazer com que o nível de severidade da IRA seja maior<sup>20</sup>.

No Brasil há poucos estudos relatando a incidência de IRA após cirurgia cardíaca, o comportamento de seus fatores de risco e dos seus resultados. O grande impacto da IRA nos resultados da cirurgia cardíaca leva a necessidade de determinar o seu comportamento em nossa população, impulsionando a elaboração deste trabalho que é um estudo exploratório, visando identificar a incidência, fatores de risco, tempo de permanência na UTI e mortalidade da IRA após cirurgia de revascularização miocárdica em um hospital terciário no Brasil.

Hospital Santa Isabel - Salvador  
Correspondência: Fernando Oliveira Santos - Rua Professor Gerson Pinto, 251/1502 - Cep 41760-130 - Salvador, BA  
E-mail: xfsantos@uol.com.br  
Recebido para publicação em 12/8/03  
Aceito em 29/9/03

## Métodos

De 1/10/2001 a 30/9/2002, 223 pacientes foram estudados prospectivamente dentre 247 pacientes submetidos exclusivamente à cirurgia para revascularização miocárdica. Os critérios de exclusão foram: submeter-se à cirurgia sem circulação extracorpórea (12 pacientes), evoluir com óbito nas primeiras 24h após cirurgia (8 pacientes), ter creatinina sérica pré-operatória > 3,0 mg/dl (2 pacientes) e ter resultados de exames incompletos, impossibilitando a definição de insuficiência renal aguda (2 pacientes).

Os pacientes, eram acompanhados após a cirurgia, até o 5º dia de pós-operatório, desde que permanecessem internados, e esse acompanhamento se estendia até a alta da unidade de terapia intensiva a fim de definir a necessidade de diálise e óbito. Na sua grande maioria, dosagens diárias de creatinina sérica eram mantidas até receberem alta da UTI.

Insuficiência renal aguda no período pós-operatório foi definida como a presença de creatinina sérica  $\geq$  a 1,8 mg/dl nos pacientes com a creatinina sérica pré-operatória  $\leq$  1,2 mg/dl, ou elevação > 0,5 mg/dl nos níveis de creatinina no pós-operatório dos pacientes com creatinina pré-operatória > 1,2 mg/dl e  $\leq$  a 2,0 mg/dl, ou elevação de 1,0 mg/dl de creatinina no pós-operatório dos pacientes com creatinina pré-operatória > 2,0 mg/dl, ou que tenham necessitado de diálise durante os primeiros cinco dias de pós-operatório. Insuficiência renal prévia foi definida como creatinina pré-operatória > 1,2 mg/dl.

Foram coletados dados referentes ao período pré-operatório: idade, sexo, história de diabetes mellitus, hipertensão arterial sistêmica em uso de anti-hipertensivos, relato de infarto do miocárdio ou angina, de acidente vascular cerebral, história positiva para insuficiência vascular periférica pautada na presença de claudicação intermitente e ou laudo de Doppler ou arteriografia de MMII compatível com insuficiência vascular, insuficiência cardíaca conforme a classificação da *New York Heart Association* (NYHA) definida pela história no internamento na UTI, peso, altura, creatinina e número de artérias no leito coronariano com estenose  $\geq$  a 75%. Além disso foram coletados os dados referentes ao uso de balão intra-aórtico, necessidade de drogas inotrópicas até o 2º dia pós-operatório, número de artérias revascularizadas, tempo de duração da circulação extracorpórea, débito urinário, creatinina sérica, tempo de permanência na UTI e a mortalidade no período.

A média de idade dos 223 pacientes estudados foi  $62,5 \pm 9,3$  anos, sendo 151 (67,7%) homens e 72 (32,3%) mulheres. A tabela I descreve as características gerais, pré-operatórias, da população estudada.

O método de diálise utilizado nos pacientes que a necessitaram foi a hemodiálise contínua ou a hemodiafiltração contínua.

O teste t de Student foi utilizado para a comparação das variáveis contínuas entre o grupo que desenvolveu insuficiência renal aguda e os que não a desenvolveram, as variáveis categóricas foram analisadas utilizando o teste do qui quadrado ou teste exato de Fisher e algumas variáveis contínuas foram categorizadas para análise univariada com a tabela 2x2, sendo definido como estatisticamente significativa o valor de  $p < 0,05$ . Para análise multivariada dos fatores de risco no desenvolvimento de insuficiência renal aguda utilizamos a análise de regressão logística tendo como estatisticamente significativo valor de  $p < 0,05$ . O software SPSS versão 9.0 foi utilizado para análise dos dados.

Tabela I - Características gerais dos pacientes	
Pacientes n=223	
Idade (média em anos)	62,5 DP $\pm$ 9,3
Idade > 63 anos	53,8%
Sexo (masculino)	67,7%
Creatinina (média em mg/dl)	1,0 DP $\pm$ 0,2
Insuficiência renal prévia	10,8%
Artérias comprometidas	2,9 DP $\pm$ 0,9
História de diabetes mellitus	35,0%
Hipertensão arterial sistêmica	74,0%
Passado de infarto do miocárdio ou angina	80,3%
Passado de acidente vascular encefálico	5,4%
Passado de revascularização miocárdica	4,9%
Insuficiência vascular periférica	4,0%

DP - desvio padrão.

## Resultados

Insuficiência renal aguda no período pós-operatório ocorreu em 36 (16,1%) dos 223 pacientes estudados; 11 (30,6%) desses, ou 4,9% de todos os pacientes, necessitaram de diálise. A tabela II descreve a análise comparativa dos pacientes quanto às características pré-operatórias, sendo estatisticamente significativa a média de idade e a média da creatinina sérica prévia quando comparados os pacientes com e sem insuficiência renal aguda.

Os fatores de risco associados ao desenvolvimento de insuficiência renal aguda no pós-operatório encontram-se na tabela III. A idade média foi maior no grupo com insuficiência renal aguda e, quando categorizada, tomando como base o valor da mediana expressa-se como o segundo fator mais associado ao seu desenvolvimento. A média do tempo de duração da circulação extracorpórea entre os pacientes com insuficiência renal aguda (n=36) foi de  $101,1 \pm 25,6$ min, sendo superior a dos pacientes que não a desenvolveram (n=187),  $87,4 \pm 24,8$ min ( $p < 0,001$ ), permanecendo significativa esta diferença quando categorizado o tempo de circulação extracorpórea a partir do valor da mediana. Ainda que a média da creatinina sérica tenha sido maior nos pacientes que desenvolveram insuficiência renal aguda, quando analisada a importância da presença de insuficiência renal prévia, esta se associou, significativamente, ao desenvolvimento da síndrome. Outros fatores descritos como significantes em outros estudos, como história de diabetes, hipertensão arterial sistêmica, passado de infarto do miocárdio ou angina, passado de acidente vascular encefálico, passado de revascularização miocárdica, total de artérias revascularizadas e insuficiência vascular periférica, não demonstraram diferenças estatisticamente significantes.

Foi feita a análise de regressão logística introduzindo no modelo inicial os fatores de risco incluídos na análise univariada com a exceção de insuficiência vascular periférica, visto sua estreita relação com a presença de diabetes. A necessidade de drogas inotrópicas, assim como o uso de balão intra-aórtico refletem, igualmente, a presença de instabilidade hemodinâmica com déficit no desempenho cardíaco.

Na tabela IV constam os resultados da análise multivariada. O tempo de duração da circulação extracorpórea, foi significativa na análise univariada, porém não demonstrou significância estatística na análise multivariada, assim como diabetes mellitus, introduzido

Variáveis pré-operatórias	Pacientes c/ IRA n=36	Pacientes s/ IRA n=187	Valor de p
Idade (anos)	68,14 (± 8,18)	61,45 (± 9,09)	0,001
Creatinina (mg/dl)	1,10 (± 0,28)	0,94 (± 0,20)	0,001
Artérias comprometidas	3,03 (± 0,77)	2,91 (± 0,87)	0,448
Sexo (masculino)	25 (69,4%)	126 (67,4%)	0,808
História de diabetes mellitus	14 (38,9%)	64 (34,2%)	0,591
Hipertensão arterial sistêmica	30 (83,3%)	135 (72,2%)	0,163
Passado de infarto do miocárdio ou angina	29 (80,6%)	150 (80,2%)	0,962
Passado de acidente vascular encefálico	1 (2,8%)	11 (5,9%)	0,422
Passado de revascularização miocárdica	2 (5,6%)	9 (4,8%)	0,693
Insuficiência vascular periférica	3 (8,3%)	6 (3,2%)	0,162

IRA - insuficiência renal aguda; DP - desvio padrão.

Fatores	Pacientes	OR	95% IC	Valor de p
Idade > 63 anos	28/120 (23,3%)	3,61	1,57 a 8,34	0,002
Creatinina pré-operatória > 1,2 mg/dl	11/24 (45,8%)	5,89	2,38 a 14,57	< 0,001
Insuficiência vascular periférica	3/9 (33,3%)	2,74	0,65 a 11,51	0,152
Diabetes mellitus	14/78 (17,9%)	1,22	0,586 a 2,55	0,591
Tempo de CEC > 90 min	21/95 (22,1%)	2,14	1,04 a 4,41	0,037
Uso de balão intra-aórtico	14/51 (27,5%)	2,58	1,21 a 5,52	0,012
Necessidade de drogas inotrópicas	12/31 (38,7%)	4,42	1,91 a 10,24	< 0,001

OR - "odds ratio"; IC - intervalo de confiança, CEC - circulação extracorpórea. Necessidade de drogas inotrópicas - necessidade de dopamina e, ou dobutamina do pós-operatório imediato até o segundo dia do pós-operatório.

Fatores	OR	95% IC	Valor de p
Idade > 63 anos	2,98	1,25 a 7,11	0,014
Creatinina pré-operatória > 1,2 mg/dl	4,98	1,93 a 12,83	0,001
Necessidade de drogas inotrópicas	3,21	1,29 a 8,0	0,012

IRA - insuficiência renal aguda; OR - odds ratio; IC - intervalo de confiança. Necessidade de drogas inotrópicas - necessidade de dopamina e, ou dobutamina do pós-operatório imediato até o segundo dia do pós-operatório.

na análise pela sua significância demonstrada em outros estudos. O uso de balão intra-aórtico não foi significativo na análise estatística, permanecendo o uso de drogas inotrópicas, sendo fator de risco independente para insuficiência renal aguda, assim como insuficiência renal no pré-operatório e idade > 63 anos.

O tempo médio de permanência na UTI foi de 4,2 ± 4,3 dias, entre os pacientes com insuficiência renal aguda (n=36) de 9,1 ± 7,8 dias e entre os pacientes que não a desenvolveram (n=187) de 3,3 ± 2,2 dias, sendo esta diferença estatisticamente significativa com p < 0,001.

A taxa de mortalidade global foi de 4,9% (11 de 223), entre os pacientes que não desenvolveram insuficiência renal aguda, a mortalidade foi de 1,1% (2 de 187), menor que nos pacientes que a desenvolveram, 25,0% (9 de 36, p<0,001), sendo o risco relativo de óbito de 23,4 (95% IC=5,3 a 103,7) para os pacientes que desenvolveram a síndrome. Entre os pacientes que necessitaram de diálise, a mortalidade foi de 63,6% (7 de 11) e entre os pacientes que não a necessitaram de 1,9% (4 de 212, p<0,001), sendo o risco relativo de óbito de 33,7 (95% IC=11,6 a 98,2). Dentre os 11 pacientes que foram a óbito 90,9% (10 de 11) tinham idade > 63 anos.

## Discussão

A insuficiência renal aguda, como complicação no pós-operatório de cirurgia cardíaca, é um evento grave, relacionado a elevada taxa de mortalidade e morbidade<sup>21,22</sup>. A mortalidade varia de 3,5% a 31,0%<sup>5-12,16-19,23</sup> e é possível que esta ampla variação possa estar relacionada aos critérios utilizados para seu diagnóstico: o número e as características dos hospitais envolvidos em cada estudo, as características dos pacientes e o tamanho da amostra<sup>11,24</sup>. Estes aspectos tornam complexa a comparação dos dados entre os diversos trabalhos.

No presente estudo consideramos a variação da creatinina sérica como um índice de redução da função renal, porém é conhecido que a elevação na creatinina sérica é uma estimativa pouco sensível da redução da função renal, já que pequenas elevações podem refletir reduções substanciais na função renal, devido a curva exponencial de correlação entre níveis de creatinina sérica e função renal<sup>5,25</sup>. Assim como a redução da massa muscular, ocorrida com o avançar da idade, resulta na redução da geração de creatinina e, por conseguinte, em níveis séricos de creatinina mais baixos, os idosos, portanto, podem exibir níveis normais de creatinina sérica, com *clearance* de creatinina tão baixos quanto 30 ml/min<sup>4</sup>.

Levey e cols., utilizando o *clearance* de inulina demonstraram que ocorre uma redução na taxa de filtração glomerular com o avançar da idade, em torno de 10 ml/min a cada década<sup>25</sup>. Assim, considerando os aspectos citados e que a idade média dos pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica esta em torno de 65 anos, definimos como função renal normal níveis de creatinina sérica ≤ 1,2 mg/dl e insuficiência renal prévia níveis de creatinina sérica > 1,2 mg/dl, parâmetro também utilizado por outros autores<sup>3</sup>.

A incidência de insuficiência renal aguda descrita neste estudo foi de 16,1%, próximo à demonstrada por Andersson e cols.<sup>19</sup> e Zanardo e cols.<sup>12</sup>, 16,4% e 15,1% respectivamente. Entretanto

é o dobro dos níveis descritos por Mangano e cols.<sup>11</sup> e Conlon e cols.<sup>8</sup>, de 7,7% e 8,0% respectivamente, utilizando critérios menos rígidos para o diagnóstico de insuficiência renal aguda.

Quando foi analisada a incidência de insuficiência renal aguda no pós-operatório conforme os parâmetros utilizados por Mangano e cols.<sup>11</sup>, a elevação nos níveis de creatinina sérica > 0,7 mg/dl acima do valor do período pré-operatório, tendo creatinina máxima no período pós-operatório > 2,0 mg/dl, a incidência encontrada seria de 11,2%. Utilizando os parâmetros de Conlon e cols.<sup>8</sup>, a elevação nos níveis de creatinina sérica acima de 1,0 mg/dl além do valor do período pré-operatório, a incidência seria de 10,8%. Ambos os percentuais continuam mais elevados que a taxa descrita por Mangano e cols.<sup>11</sup> e Conlon e cols.<sup>8</sup>, porém com uma menor diferença, refletindo o efeito dos parâmetros utilizados para o diagnóstico de insuficiência renal aguda na incidência deste evento.

A insuficiência renal aguda-D após cirurgia cardíaca, tem a incidência de 0,5% a 15,0%<sup>5-19,23,26</sup>. Sua incidência em nosso estudo foi de 4,9% (11 casos), incidência maior que a relatada em outros trabalhos, exceto o de Suen e cols.<sup>15</sup> e o de Corwin e cols.<sup>9</sup> que encontraram 15,0%. A necessidade de diálise é um parâmetro menos heterogêneo para o diagnóstico da síndrome, porém pode diferir quanto aos critérios para início da terapia dialítica, que sendo mais precoce, pode aumentar a incidência de insuficiência renal aguda-D. Este é um dos aspectos que pode estar relacionado a maior frequência de necessidade de terapia dialítica, porém este aspecto não foi quantificado para análise no presente estudo.

Nos pacientes com insuficiência renal aguda-D (insuficiência renal aguda requerendo diálise), o diabetes mellitus, a hipertensão arterial sistêmica e a doença arterial periférica são fatores de risco significantes<sup>16</sup>, como a frequência de diabetes e hipertensão arterial nos pacientes deste estudo foi de 35,0% e 74,0%, que é maior do que a descrita em outros trabalhos, talvez seja este um dos fatores relacionados a maior incidência observada.

Este estudo não avaliou parâmetros mais sensíveis e específicos para avaliação do desempenho cardíaco após a revascularização miocárdica, porém a necessidade de uso de balão intra-aórtico observada no pós-operatório em 22,9% dos pacientes e a necessidade de drogas inotrópicas até o segundo dia de pós-operatório em 38,7% dos pacientes, sugerindo um desempenho cardíaco deficitário associado à instabilidade hemodinâmica pode ter exposto uma parcela maior de pacientes a isquemia renal com subsequente aumento da frequência de insuficiência renal aguda e maior severidade de doença levando à necessidade mais freqüente de tratamento dialítico.

A presença de insuficiência renal pré-existente esta relacionada com o desenvolvimento de insuficiência renal aguda como demonstrada em outros trabalhos<sup>5,6,8,9,11,12,16</sup>. Idade > 63 anos, foi fator de risco independente para síndrome segundo outros autores, possivelmente associado à perda da reserva funcional renal pela

redução progressiva da taxa de filtração glomerular, evidenciada com o avançar da idade, tornando esses pacientes mais susceptíveis à lesão renal mais severa por hipoperfusão renal<sup>5,8,12</sup>. O tempo de duração da circulação extracorpórea > 90min, significativa na análise univariada, não se manteve significativa na análise multivariada, conforme outros autores<sup>5,8,12</sup>, que relacionam o desenvolvimento de insuficiência renal aguda principalmente ao evento isquêmico pós-operatório, também por nós evidenciado, já que a necessidade de suporte inotrópico foi um fator de risco independente para insuficiência renal aguda. O uso de balão intra-aórtico no pós-operatório foi significativo na análise univariada, porém não se manteve na análise multivariada, uma vez que a necessidade de drogas inotrópicas parece ser um parâmetro mais sensível relacionada ao déficit do desempenho cardíaco, tendo uma associação mais consistente. Diabetes, sexo, hipertensão arterial e insuficiência vascular periférica não foram fatores de risco estatisticamente significantes, como demonstrado em outros estudos<sup>5-7,19</sup>.

A presença de insuficiência renal aguda neste estudo, em concordância com outros trabalhos, demonstra uma associação entre o seu desenvolvimento e elevação da taxa de mortalidade, maior quando há a necessidade de diálise. Da mesma forma determina um maior tempo de permanência do paciente na UTI, também um achado já descrito por outros autores<sup>5,9,11,12</sup>. A insuficiência renal aguda-D é uma complicação grave da cirurgia de revascularização miocárdica com uma elevada taxa de mortalidade, como demonstrado no nosso estudo.

A mortalidade relacionada à insuficiência renal aguda-D observada na literatura varia de 23,9% a 88,9%<sup>6-11,14-16,18,19</sup>, sendo que nos últimos 10 anos esta cifra esteve entre 23,9% e 63,7%<sup>8,11,15,16,18,19</sup>. A taxa de mortalidade observada nos pacientes que não desenvolveram insuficiência renal aguda foi de 1,6% vs 25,0% para os que a desenvolveram, taxa maior que a descrita em outros trabalhos, situada entre 1,3% e 22,3%<sup>5-8,11,12,19,21</sup> nos pacientes com insuficiência renal aguda, sendo esta maior incidência relacionada a um maior percentual de pacientes desenvolvendo insuficiência renal aguda-D, que têm maior taxa de mortalidade. Porém, não foi avaliado o critério referente à condição imposta para a revascularização miocárdica, como urgente ou eletiva, um dos fatores relacionados também a piores resultados<sup>15,17</sup>.

Em conclusão, a insuficiência renal aguda é uma complicação freqüente, em nosso meio, após cirurgia de revascularização miocárdica, estando associada a altas taxas de mortalidade e permanência mais prolongada na UTI. A idade > 63 anos, a presença de insuficiência renal prévia a cirurgia e a necessidade de suporte com drogas inotrópicas no pós-operatório da cirurgia de revascularização miocárdica são fatores de risco independentes para o desenvolvimento de insuficiência renal aguda.

## Referências

- Hou SH, Bushinsky DA, Wish JB, Cohen JJ, Harrington JT. Hospital-acquired renal insufficiency: a prospective study. *Am J Med* 1983; 74: 243-8.
- Shusterman N, Strom BL, Murray TG, Morrison G, West SL, Maislin G. Risk factors and outcome of hospital-acquired acute renal failure. *Clinical epidemiologic study. Am J Med* 1987; 83: 65-71.
- Nash K, Hafeez A, Hou S. Hospital-acquired renal insufficiency. *Am J Kidney Dis* 2002; 39: 930-6.
- Turney JH. Acute renal failure a dangerous condition. *Jama* 1996; 275: 1516-7.
- Mangos GJ, Brown MA, Chan WY, Horton D, Trew P, Whitworth JA. Acute renal failure following cardiac surgery: incidence, outcomes and risk factors. *Aust N Z J Med* 1995; 25: 284-9.
- Abel RM, Buckley MJ, Austen WG, Barnett GO, Beck CH Jr., Fischer JE. Etiology, incidence, and prognosis of renal failure following cardiac operations. Results of a prospective analysis of 500 consecutive patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1976; 71: 323-33.
- Bhat JG, Gluck MC, Lowenstein J, Baldwin DS. Renal failure after open heart surgery. *Ann Intern Med* 1976; 84: 677-82.
- Conlon PJ, Stafford-Smith M, White WD et al. Acute renal failure following cardiac surgery. *Nephrol Dial Transplant* 1999; 14: 1158-62.
- Corwin HL, Sprague SM, DeLaria GA, Norusis MJ. Acute renal failure associated with cardiac operations. A case-control study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 98: 1107-12.

10. Gailiunas P Jr., Chawla R, Lazarus JM, Cohn L, Sanders J, Merrill JP. Acute renal failure following cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; 79: 241-3.
11. Mangano CM, Diamondstone LS, Ramsay JG, Aggarwal A, Herskowitz A, Mangano DT. Renal dysfunction after myocardial revascularization: risk factors, adverse outcomes, and hospital resource utilization. The Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research Group. *Ann Intern Med* 1998; 128: 194-203.
12. Zanardo G, Michielon P, Paccagnella A et al. Acute renal failure in the patient undergoing cardiac operation. Prevalence, mortality rate, and main risk factors. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 1489-95.
13. Hannan EL, Kilburn H Jr., O'Donnell JF, Lukacik G, Shields EP. Adult open heart surgery in New York State. An analysis of risk factors and hospital mortality rates. *Jama* 1990; 264: 2768-74.
14. Schmitt H, Riehl J, Boseila A et al. Acute renal failure following cardiac surgery: pre- and perioperative clinical features. *Contrib Nephrol* 1991; 93: 98-104.
15. Suen WS, Mok CK, Chiu SW et al. Risk factors for development of acute renal failure (ARF) requiring dialysis in patients undergoing cardiac surgery. *Angiology* 1998; 49: 789-800.
16. Chertow GM, Lazarus JM, Christiansen CL et al. Preoperative renal risk stratification. *Circulation* 1997; 95: 878-84.
17. Fortescue EB, Bates DW, Chertow GM. Predicting acute renal failure after coronary bypass surgery: cross-validation of two risk-stratification algorithms. *Kidney Int* 2000; 57: 2594-602.
18. Ostermann ME, Taube D, Morgan CJ, Evans TW. Acute renal failure following cardiopulmonary bypass: a changing picture. *Intensive Care Med* 2000; 26: 565-71.
19. Andersson LG, Ekroth R, Bratteby LE, Hallhagen S, Wesslen O. Acute renal failure after coronary surgery a study of incidence and risk factors in 2009 consecutive patients. *Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 41: 237-41.
20. Leurs PB, Mulder AW, Fiers HA, Hoorntje SJ. Acute renal failure after cardiovascular surgery. Current concepts in pathophysiology, prevention and treatment. *Eur Heart J* 1989; 10 Suppl H:38-42.
21. Anderson RJ, O'Brien M, MaWhinney S et al. Renal failure predisposes patients to adverse outcome after coronary artery bypass surgery. VA Cooperative Study #5. *Kidney Int* 1999; 55: 1057-62.
22. Chertow GM, Levy EM, Hammermeister KE, Grover F, Daley J. Independent association between acute renal failure and mortality following cardiac surgery. *Am J Med* 1998; 104: 343-8.
23. Hilberman M, Myers BD, Carrie BJ, Derby G, Jamison RL, Stinson EB. Acute renal failure following cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979; 77: 880-8.
24. Nolan CR, Anderson RJ. Hospital-acquired acute renal failure. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9: 710-8.
25. Levey AS, Perrone RD, Madias NE. Serum creatinine and renal function. *Annu Rev Med* 1988; 39: 465-90.
26. Levy EM, Viscoli CM, Horwitz RI. The effect of acute renal failure on mortality. A cohort analysis. *Jama* 1996; 275: 1489-94.