

ALTERAÇÕES DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO DO SANGUE DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA (*)

Análise de 1.000 perfusões

DR. O. M. GOMES (**)

DR. D. BITTENCOURT (**)

DR. R. V. G. AMARAL, E.A. (***)

DR. E. J. ZERBINI (****)

A repercussão da circulação extracorpórea no equilíbrio ácido-básico é analisada em 1.000 pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Os resultados obtidos demonstram:

- AP 2 117
- a - Não existem diferenças significantes entre os pacientes portadores de cardiopatias congênitas ou adquiridas quanto à incidência de distúrbios ácido-básicos.
 - b A oxigenação artificial, com saturação arterial da hemoglobina mantida entre 90-95% foi compatível com resultados tão satisfatórios quanto os obtidos com valores de oxigenação superiores.
 - c - A hipocapnia (PCO_2 , abaixo de 30 mmHg) durante a circulação extracorpórea, resultou em maior incidência apenas de acidose metabólica considerada de leve intensidade ("B. E. entre — 2,6 e — 6,9).
 - d - A acidose metabólica ocorreu com mais frequência em pacientes submetidos a fluxos de perfusão inferiores aos previamente estabelecidas (1900 a 2400 ml/m² de sup. corp.): fluxos mais altos não se mostram mais eficientes.
 - e - A duração da perfusão não resultou importante como fator determinante de acidose metabólica, dentro dos períodos considerados, tendo como máximo 180 minutos.
 - f - A presença de acidose metabólica, de qualquer intensidade, antes do início das perfusões resultou em acentuado aumento da incidência do distúrbio durante a circulação extracorpórea.

(*) Trabalho realizado no Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

(**) Professor-Assistente do Departamento de Cirurgia.

(***) Docente-Livre de Anestesiologia.

(****) Professor-Titular e Chefe do Departamento de Cirurgia da F.M.U.S.P.

A circulação extracorpórea (CEC) pode produzir alterações do equilíbrio ácido-básico (6, 16) geralmente caracterizadas pelo aparecimento de acidose metabólica (8, 10).

A alcalose metabólica ocorre em menor frequência e seu aparecimento tem sido relacionado com a redução pré-operatória do potássio corpóreo, observada nos pacientes submetidos a tratamento com diuréticos e digitálicos (4, 17).

Na etiologia da acidose metabólica durante a circulação extracorpórea, o fluxo de perfusão e a má oxigenação constituem fatores predominantes. O fluxo de perfusão é considerado adequado quando proporciona diurese satisfatória, mantém a saturação venosa da hemoglobina entre 60 e 70% e oferece pressão arterial média acima de 60 mmHg e próxima dos valores normais do paciente.

Como oxigenação ideal, tem-se proposto saturação arterial variável entre 95 e 100% (13, 18). Por outro lado, a eliminação do CO₂ durante a perfusão está relacionada diretamente com a intensidade do fluxo de oxigênio, sendo que a hipocapnia já tem sido referida como causa de acidose metabólica. Contudo, apesar de bem estabelecidos, nem sempre esses conceitos encontram confirmação mediante os resultados observados em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea.

Neste trabalho é analisado o comportamento metabólico de 1.000 pacientes submetidos à cirurgia cardíaca aberta, em nossa instituição, sendo os desvios encontrados correlacionados com os seguintes parâmetros: patologia operada, tipo de oxigenador empregado, teor de saturação arterial da hemoglobina, variação da PCO₂, fluxo de perfusão, duração das perfusões e distúrbios ácido-básicos existentes antes do início da perfusão.

CASUÍSTICA E MÉTODO

Foram estudados 1.000 pacientes portadores de cardiopatias e submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea, no Instituto do Coração da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

O Quadro I apresenta a distribuição porcentual dos pacientes segundo a patologia considerada, podendo-se notar que 66,8% do total correspondeu às doenças adquiridas enquanto que as doenças congênitas representaram 33,2%, dos quais 22,0% foram acionóticas e 11,2% cianóticas.

O oxigenador de discos (5) foi empregado em 482 casos e o de bolhas (modelos Hospital das Clínicas da F. M. U. S. P., Instituto de Cardiologia de São Paulo e Travenol) em 518 casos. Até essa ocasião, todas as perfusões em doentes com

QUADRO I
CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA — ESTUDO METABÓLICO
ANÁLISE DE 1000 PERFUSÕES
PATOLOGIAS ESTUDADAS

Lesões	N.º de casos	% do total
Mitrais	362	36,2
Mitro-aórticas	76	7,6
Aórticas	124	12,4
Adquiridas		
Mitro-tricuspidéas	27	2,7
Coronarianas	79	7,9
Acianóticas	220	22,0
Congênitas		
Cianóticas	113	11,2
	1000	

pesos inferiores a 25 kg foram realizadas com o oxigenador de discos. Atualmente, todas as nossas perfusões são realizadas com o oxigenador de bolhas de coluna variável (14).

Para avaliação da influência do grau de oxigenação na determinação dos distúrbios metabólicos foram estudados 486 pacientes, reunidos em três grupos, segundo o grau de saturação arterial da hemoglobina apresentado durante as perfusões, ou seja: Grupo I — saturação da hemoglobina acima de 95%; Grupo II — saturação da hemoglobina entre 90 e 95%; Grupo III — saturação da hemoglobina abaixo de 90%. Para essa análise foram excluídos os casos de perfusões com fluxo baixo ou com duração superior a 120 minutos.

A correlação entre os distúrbios do equilíbrio ácido-básico e a variação da PCO_2 arterial foi feita pela comparação entre os resultados obtidos nos pacientes que apresentaram valores de PCO_2 acima ou abaixo de 30 mmHg.

O fluxo de perfusão foi previamente calculado na seguinte proporção: pacientes com pesos inferiores a 20 kg — 2.200 ml/m² de sup. corp.; com pesos entre 20 e 70 kg — 2.200 ml/m² de sup. corp.; com pesos superiores a 70 kg — 1.800 ml/m² de sup. corp. Durante a perfusão, no entanto, esse fluxo variou segundo as exigências estabelecidas pelas condições hemodinâmicas e metabólicas dos pacientes. Para aná-

lise dessas variações do fluxo, foram consideradas as oscilações médias de 200 ml/min., acima ou abaixo do fluxo teórico pré-estabelecido.

A influência da duração das perfusões foi analisada comparando-se os resultados obtidos nos pacientes submetidos aos seguintes períodos de perfusão: até 60 min. (623 casos); entre 60 e 120 min. (350 casos); entre 120 e 180 min. (27 casos). Posteriormente, nos doentes com mais de 60 minutos de perfusão, procurou-se verificar a relação existente entre o aparecimento de acidose metabólica na primeira hora e a presença do distúrbio nos períodos subseqüentes.

Procurou-se também verificar a influência da acidose metabólica, ocorrida durante a anestesia, na determinação dos distúrbios ácido-básicos durante a perfusão.

As perfusões foram realizadas em normotermia. Nos oxigenadores de discos empregou-se sangue total como volume extracorpóreo (priming volume); com os oxigenadores de bolhas, 20% das perfusões foram realizadas com soluções de Ringer-lactato e Rheomacrodex, sendo as demais realizadas com sangue total.

Em todas as perfusões empregou-se oxigênio a 100%.

Para controle laboratorial foram colhidas amostras sanguíneas dos pacientes, antes do início da perfusão, cada 15 ou 30 minutos durante o seu decurso e cada 30 ou 60 minutos após o seu término. Os pacientes que apresentavam acidose metabólica antes do início da circulação extracorpórea e os que tiveram perfusões com mais de 120 minutos de duração não foram incluídos no estudo sobre a influência do grau de oxigenação.

O controle do equilíbrio ácido-básico foi realizado conforme proposto por Astrup e col. (3), tendo-se avaliado os seguintes parâmetros: pH, PCO_2 e base excess (BE). Determinou-se também em cada amostra a pressão parcial de oxigênio (PO_2) e a correspondente saturação da hemoglobina. Para determinação do B. E. (em mEq/l) utilizou-se o nomograma de alinhamento de Siggaard-Andersen (19).

Os desvios do equilíbrio ácido-básico foram classificados de acordo com o seguinte critério:

Normais: — "B. E." entre — 2,5 e + 2,5 mEq/l

Acidose metabólica leve: — "B. E." entre — 2,6 e — 6,9 mEq/l

Acidose metabólica moderada: — "B. E." entre — 7 e — 10,0 mEq/l

Acidose metabólica grave: — "B. E." abaixo de — 10,0 mEq/l

Alcalose metabólica leve: — “B. E. entre + 2,6 e + 6,9 mEq/l

Alcalose metabólica moderada: — “B. E.” acima de + 7,0 e + 10,0 mEq/l

Alcalose metabólica grave: — “B. E.” acima de + 10,0 mEq/l

RESULTADOS

A — CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS ENCONTRADOS E AS PATOLOGIAS ESTUDADAS (QUADRO I).

Dos 668 pacientes estudados, portadores de cardiopatias adquiridas, 72,5% apresentaram alterações metabólicas, sendo: acidose leve, 41,3%; acidose moderada, 13,3%; alcalose leve, 15,6%; alcalose moderada, 1,6% e alcalose grave, 0,6%.

QUADRO II
CORREÇÃO ENTRE OS DESVIOS METABÓLICOS
E AS PATOLOGIAS ESTUDADAS

Patologias		ACIDOSE			ALCALOSE		
		Normais	Leve	Moderada	Leve	Moderada	Grave
Mitral	362	109	144	40	50	6	3
Mitro-aórtica	76	15	37	10	12	1	1
Aórtica	124	32	42	21	27	2	
Mitro-tricuspídea	27	4	8	6	8	1	
Coronária	79	14	45	12	7	1	
Adquiridas	668	184(27,5%)	276(41,3%)	89(13,3%)	104(15,6%)	11(1,6%)	4(0,6%)
Cong. acianótico	220	42(20,0%)	102(46,4%)	26(11,8%)	43	3	4
Cong. cianótico	112	8(7,1%)	60(53,6%)	19(17,0%)	18	6	1
Congênitas	332	50(15,0%)	162(48,8%)	45(13,6%)	61(18,4%)	9(2,7%)	5(1,5%)

Dentre as cardiopatias congênitas, 85,0% apresentaram desvios metabólicos, sendo: acidose leve, 48,8%; acidose moderada, 13,6%; alcalose leve, 18,4%; alcalose moderada, 2,7% e alcalose grave, 1,5%. Os portadores de cardiopatias congênitas cianóticas apresentaram maior incidência de aci-

dose metabólica leve e moderada (53,6% e 17,6%) que os acianóticos (46,4% e 11,8%), respectivamente.

Nenhum paciente apresentou acidose metabólica grave, em virtude da correção do distúrbio ainda na fase de acidose moderada.

B — CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS METABÓLICOS E OS TIPOS DE OXIGENADORES EMPREGADOS (QUADRO III).

Nas perfusões com os oxigenadores de bolhas verificou-se a ocorrência de 83,0% de desvios metabólicos, sendo: acidose leve, 48,6%; acidose moderada 20,8%; alcalose leve 11,0%; alcalose moderada, 1,2% e alcalose grave, 0,6%. Com o oxigenador de discos, 69,8% das perfusões mostraram alterações metabólicas, sendo: acidose leve, 38,0%; acidose moderada, 5,3%; alcalose leve, 22,4%; alcalose moderada, 2,9% e alcalose grave 1,2%.

QUADRO III

CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS METABÓLICOS ENCONTRADOS E OS TIPOS DE OXIGENADORES EMPREGADOS

Oxigenador	ACIDOSE			ALCALOSE		
	Normais	Leve	Moderada	Leve	Moderada	Grave
Bolhas 518	88(17,0%)	252(48,6%)	108(20,8%)	57(11,0%)	6(1,2%)	3(0,6%)
Discos 482	146(30,2%)	186(38,0%)	26(5,3%)	108(22,4%)	14(2,9%)	6(1,2%)
Total 1000	234(23,4%)	438(43,8%)	134(13,4%)	165(16,5%)	20(2,0%)	9(0,9%)

* $p < 0,05$

C — CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES DA SATURAÇÃO ARTERIAL DA HEMOGLOBINA E A INCIDÊNCIA DE ALTERAÇÕES METABÓLICAS.

Nos 486 casos estudados, a incidência global de alcalose metabólica (leve, moderada ou grave) foi de 13,6%, correspondendo a 17,4% dos casos do Grupo I, a 16,8% dos do Grupo II e a 6,3% dos do Grupo III.

Observou-se a incidência de acidose metabólica leve em 36,0% dos pacientes, ocorrendo em 33,30% dos doentes do

Grupo I, em 30,4% dos do Grupo II e em 43,8% dos do Grupo III (Quadro IV). A acidose metabólica moderada, analisada separadamente, ocorreu em apenas 36 pacientes, correspondendo a 7,0% dos casos do primeiro grupo, a 4,0% dos do segundo e a 10,6% dos do terceiro grupo.

QUADRO IV

CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES DA SATURAÇÃO ARTERIAL DA HEMOGLOBINA E A INCIDENCIA DE ALTERAÇÕES METABÓLICAS

Grupo	% Sat. Hb.	N.º de casos	Alcalose	ACIDOSE	
				Leve	Moderada
I	Acima de 95%	201	35(17,4%)	67(33,3%)	14(7,0%)
II	90 — 95%	125 *	21(16,8%)	38(30,4%)	5(4,0%)
III	Abaixo de 90%	160	10(6,3%)	70(43,8%)	17(10,6%)
Total		486	66(13,6%)	175(36,0%)	86(7,4%)

* $X^2 = p < 0.05$

D — CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS METABÓLICOS ENCONTRADOS E OS VALORES DA PCO_2 ARTERIAL (QUADRO V).

QUADRO V

CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS METABÓLICOS ENCONTRADOS E OS VALORES DA PCO_2 ARTERIAL

PCO_2 Arterial	N.º de casos	ACIDOSE			ALCALOSE		
		Normais	Leve	Moderada	Leve	Moderada	Grave
Abaixo de 30mmHg	621	115(18,5%)	310(49,9%)	80(12,9%)	96(15,5%)	15(24,2%)	5(0,8%)
Acima de 30mmHg	379	99(26,2%)	123(32,5%)	43(11,3%)	71(18,7%)	5(1,3%)	4(1,1%)

* $X^2 = p < 0.05$

Dos 1.000 pacientes estudados, 621 apresentaram PCO_2 arterial abaixo de 30 mmHg durante a perfusão com uma incidência de 81,5% de desvios ácido-básicos, sendo: acidose leve 49,9%, acidose moderada 12,9%, alcalose leve 15,5%, alcalose moderada 2,4% e alcalose grave 0,8%. Nos pacientes com PCO_2 acima de 30 mmHg (379 casos), ocorreram as seguintes alterações: acidose leve 32,5%, acidose moderada 11,3%, alcalose leve 18,7%, alcalose moderada 1,3% e alcalose grave 1,1%.

E — CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS METABÓLICOS E O FLUXO DE PERFUSÃO.

O Quadro VI apresenta os resultados referentes às variações dos pesos dos pacientes e do fluxo de perfusão, podendo-se notar que em 74,6% das perfusões realizadas em indivíduos com menos de 20 kg o fluxo esteve aumentado e que a maior incidência de fluxo diminuído ocorreu nos pacientes com mais de 70 kg.

QUADRO VI
CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES DOS PESOS DOS PACIENTES
E DO FLUXO DE PERFUSÃO

Variação de peso	N.º de casos	VARIAÇÃO DO FLUXO		
		Diminuído	Normal	Aumentado
Acima de 70 kg	53	2(3,5%)	19(22,7%)	62(74,6%)
Entre 20 e 70 kg	430	36(8,3%)	206(48,0%)	188(43,7%)
Abaixo de 20 kg	68	15(23,0%)	40(58,6%)	13(19,8%)
Total	551	53(9,1%)	263(54,2%)	263(45,2%)

A maior incidência de acidose metabólica (leve e moderada 43,4%) ocorreu nos casos de fluxo diminuído, sendo que nos casos de fluxos aumentados ou normais ocorreram índices de 31,5% e 30,9% de acidose, respectivamente (Quadro VIII).

O Quadro VIII apresenta a correlação entre as variações do fluxo e o tipo de oxigenador empregado, destacando-se o fato de que nos oxigenadores de bolhas o fluxo esteve diminuído em maior número de casos (13,3%) que nos de discos (5,2%).

QUADRO VII

CORRELAÇÃO ENTRE ACIDOSE E FLUXO DE PERFUSÃO

Fluxo	N.º de casos	ACIDOSE (BE inferior a - 2)
Diminuído	53	23 (43,4%)
Aumentado	263	83 (31,5%)
Normal	265	82 (30,9%)

QUADRO VIII

CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES DO FLUXO E O TIPO DE OXIGENADOR EMPREGADO

Oxigenador	N.º de casos	VARIAÇÃO DO FLUXO		
		Diminuído	Normal	Aumentado
Bolhas	278	37(13,32%)	134(48,56%)	107(38,13%)
Discos	303	16(5,2%)	131(43,71%)	156(51,14%)

F — CORRELAÇÃO ENTRE A DURAÇÃO DAS PERFUSÕES E OS DESVIOS METABÓLICOS ENCONTRADOS (QUADRO IX).

QUADRO IX

CORRELAÇÃO ENTRE A DURAÇÃO DAS PERFUSÕES E OS DESVIOS METABÓLICOS ENCONTRADOS

Tempo de perfusão (em min.)	N.º de casos	ACIDOSE			
		Normais	Leve	Alcalose	Moderada
Até 60	623	173(29,0%)	228(36,2%)	81(12,6%)	141(22,2%)
Entre 60 e 120	350	55(18,7%)	197(56,3%)	47(13,4%)	51(14,6%)
Entre 120 e 180	27	13(48,1%)	6(22,2%)	6(22,2%)	2(7,4%)

* $X^2 = p < 0,05$

A análise dos resultados obtidos demonstrou que nas perfusões com 60 minutos de duração a incidência de acidose metabólica moderada (12,6%) foi menor que a verificada quando a perfusão se prolongou entre 60 e 120 minutos (13,4%) ou mais (22,8%). Contudo, a análise estatística (teste de X^2) mostra que as diferenças entre esses resultados não é significativa.

A incidência global de alcalose (leve, moderada e grave) diminuiu em sentido inverso com a duração das perfusões, mostrando valores de 22,2%, 14,6% e 7,4%, para os períodos de 60 min., 60 — 120 min. e 120 — 180 min., respectivamente.

Com relação ao aparecimento de acidose metabólica, convém notar (Quadro X) que 57,0% das perfusões com duração entre 60 e 120 min. e 68,4% das com duração superior a 120 min. já apresentavam o distúrbio na primeira hora.

QUADRO X

PERFUSÃO PROLONGADA: CORRELAÇÃO ENTRE A INCIDÊNCIA DE ACIDOSE NA PRIMEIRA HORA E A OCORRIDA NOS PERÍODOS SEGUINTE:

Duração da perfusão (min.)	Acidose (total de casos)	Acidose já na primeira hora
60 a 120	244	139(57%)
120 a 180	19	13(68,4%)
Total	263	(%8'19)251

G — CORRELAÇÃO ENTRE A ACIDOSE METABÓLICA OCORRIDA DURANTE A ANESTESIA E OS DISTÚRBIOS ENCONTRADOS DURANTE A PERFUSÃO (QUADRO XI).

Dos 1.000 pacientes estudados, 778 evoluíram sem apresentar acidose (leve ou moderada) durante o período de anestesia antes da perfusão. Nestes pacientes, durante a perfusão, ocorreram as seguintes alterações metabólicas: acidose leve 40,0%, acidose moderada 8,1% e alcalose (leve, moderada e grave) 23,0%. Os outros 222 pacientes que apresentaram acidose metabólica no referido período de anestesia tiveram durante a perfusão as seguintes alterações: acidose leve 57,2%, acidose moderada 32,0% e alcalose (leve, moderada e grave) 6,8%.

QUADRO XI

CORRELAÇÃO ENTRE ACIDOSES METABÓLICAS
PRÉ E TRANS-PERFUSIONAIS

Pré-perfusão	N.º de casos	P E R F U S A O			
		Normais	Leve	Moderada	Alcalose
Com acidose	222	9(4,0%)	127(57,2%)	71(32,0%)	15(6,8%)
Sem acidose	778	225(28,9%)	311(40,0%)	63(8,1%)	179(23,0%)
Total	1000	234(23,4%)	438(43,8%)	134(13,4%)	194(19,4%)

DISCUSSÃO

Tornou-se óbvia, durante o desenvolvimento da circulação extracorpórea, a importância da oxigenação e perfusão tecidual adequada para manutenção das condições metabólicas do organismo. Exemplo desse fato foram os resultados negativos obtidos por Cohen e Lillehei (⁹), em 1954, estudando perfusões com fluxo baixo (fluxo ázigos).

No entanto, com base na experiência descrita, pode-se notar que apesar dos progressos alcançados no controle hemodinâmico e metabólico dos pacientes submetidos à circulação extracorpórea, este procedimento ainda representa agressão ao funcionamento celular, pois dos 1.000 pacientes estudados apenas 234 (23,4%) evoluíram sem desvios ácido-básicos diagnosticáveis. Por outro lado, a incidência de acidose metabólica importante, ou seja, moderada, ocorreu em apenas 13,4% dos casos.

Amaral (¹) demonstrou que em cirurgia cardíaca os pacientes com acidose moderada ("B. E." entre - 2,6 e - 6,9) geralmente apresentam correção espontânea, não necessitando da administração de bicarbonato de sódio; este aspecto foi confirmado no presente estudo, à exceção daqueles pacientes que apresentaram problemas de recuperação cardíaca ou alterações pulmonares, nos quais notou-se progressão da acidose metabólica exigindo correção medicamentosa. Quanto à alcalose metabólica, seu tratamento foi instituído apenas para os desvios considerados graves ("B. E." acima de + 10,0) embora, mesmo nestes casos, não se tenha percebido clinicamente uma repercussão hemodinâmica negativa.

A incidência de acidose leve e moderada nos portadores de cardiopatias adquiridas (41,3 e 13,4%, respectivamente) foi praticamente igual à ocorrida nos portadores de doenças congênitas (48,8 e 13,6%, respectivamente). Entre estes, no entanto, os cianóticos mostraram maior tendência para acidose.

Estudos anteriores (4, 17) demonstraram maior incidência de alcalose metabólica nos portadores de cardiopatias adquiridas, fato atribuído à depleção de potássio por eles apresentada. Esse aspecto não foi confirmado neste trabalho podendo-se inclusive observar maior tendência para a alcalose nos portadores de cardiopatias congênitas, convindo entretanto ressaltar que todos os pacientes estudados sofreram reposição generosa das deficiências de potássio, conforme indicado pelo controle laboratorial repetido, antes, durante e após as perfusões.

Com os oxigenadores de discos, 30,2% das perfusões transcorreram sem alterações metabólicas diagnosticáveis, ao passo que com os de bolhas apenas 17,0% tiveram essa evolução. A diferença quanto à incidência de acidose moderada também foi significativa (discos: 5,3% — bolhas: 20,8), o mesmo ocorrendo com o aparecimento de alcalose, mais freqüente nos oxigenadores de discos. As seguintes explicações podem ser admitidas para esses resultados:

a — a neutralização do volume extracorpóreo foi feita sempre na proporção de 10 mEq de bicarbonato de sódio para cada litro de sangue utilizado; no oxigenador de discos, o maior volume de sangue pode ter favorecido a manutenção de maiores concentrações iniciais de bicarbonato de sódio;

b — o fluxo de perfusão apresentou-se mais freqüentemente diminuído nos oxigenadores de bolhas. Posteriormente adotou-se o critério de drenar independentemente as duas veias cavas em doentes com pesos superiores a 70 kg, obtendo-se fluxos mais estáveis e melhores resultados metabólicos.

Como oxigenação ideal, durante a circulação extracorpórea, tem-se proposto saturação arterial variável entre 95 e 100% (13, 18). Pela análise dos resultados já expostos verificou-se que o maior índice de acidose metabólica leve (43,8%), ocorreu nos pacientes que apresentaram a saturação arterial inferior a 90%: os valores obtidos com saturação da hemoglobina entre 90 — 95% e acima de 95% foram estatisticamente semelhantes, fato importante quando se tem em conta o traumatismo sangüíneo e os riscos de embolia aérea pela oxigenação artificial. A pequena incidência de acidose moderada nos três grupos, sem diferença de significação estatística ($X^2 = p < 0,05$) atesta a importância da manutenção de fluxos adequados de perfusão.

A hipocapnia tem sido considerada por alguns autores (11, 15) como causa determinante de acidose metabólica, contudo, Eldridge e Salzer (12) e Amaral (2) demonstraram que em pacientes humanos esse fenômeno não ocorre. Na presente investigação observou-se que a incidência de acidose moderada foi estatisticamente semelhante nos pacientes com PCO_2 arterial abaixo ou acima de 30 mmHg respectivamente, 12,9% e 11,3%); no entanto, os doentes com hipocapnia apresentaram índice de acidose leve (49,9%) significativamente maior que os demais (32,5%).

A análise das alterações metabólicas em função do fluxo de perfusão confirmam os conhecimentos clássicos, verificando-se que a maior incidência de acidose metabólica (43,4%) ocorreu nos casos de fluxo diminuído; a administração de fluxos superiores aos previamente estabelecidos não influenciou na melhoria dos resultados, tendo-se como índices de acidose metabólica, os valores de 31,5% e 30,9% para os casos com fluxos aumentados ou normais, respectivamente. A grande incidência de perfusões com fluxo diminuído, em doentes com mais de 70 kg, deve ser resultado da drenagem venosa por união dos cateteres das cavas com tubo único de 3/8" de diâmetro. Atualmente as veias cavas são drenadas independentemente, até o oxigenador e os resultados são mais satisfatórios.

A influência do tempo de perfusão no aparecimento da acidose metabólica não pareceu tão importante dentro dos períodos estudados, notando-se que o índice de acidose metabólica aumentou de 12,6% para 13,4% e 22,2%, à medida que a duração da perfusão aumentava de 60 minutos para 60 - 120 minutos e mais de 120 minutos, respectivamente sendo que essas diferenças não se mostraram estatisticamente significante. Tais variações tornam-se menos expressivas ainda, quando se verifica que 57% dos casos situados entre 60 - 120 minutos de duração de 68,4% daqueles com duração entre 120 e 180 minutos já apresentavam acidose na primeira hora de perfusão.

Aspecto interessante é o fato de que 28,9% das perfusões realizadas em pacientes sem acidose metabólica prévia transcorreram sem desvios metabólicos diagnosticáveis, ao passo que apenas 4,0% dos casos com acidose no período pré-perfusional tiveram essa evolução. Da mesma forma, a acidose metabólica moderada ocorreu em 32,0% dos casos que apresentavam acidose antes da perfusão e em apenas 8,1% dos demais.

Baseados no estudo apresentado e na experiência posteriormente adquirida, os seguintes fatores pareceram relevantes para a profilaxia dos distúrbios metabólicos causados pe-

la circulação extracorpórea: corrigir qualquer índice de acidose presente antes do início da perfusão; corrigir prontamente qualquer deficiência de potássio existente; empregar drenagem independente das veias cavas em doentes com mais de 70 kg; manter a saturação arterial da hemoglobina entre 90 e 95%; evitar as perfusões com fluxos inferiores aos estabelecidos (1.900 a 2.400 ml/m² de superfície corpórea); nas perfusões previstas para duração superior a 120 minutos, corrigir ainda na primeira hora qualquer índice de acidose presente e evitar a queda da pCO₂ abaixo de 30 mmHg; neutralizar adequadamente os desvios metabólicos do volume extracorpóreo.

SUMMARY

ACID-BASIC DISTURBANCES DURING EXTRACORPOREAL CIRCULATION — ANALYSIS OF ONE THOUSAND PERFUSIONS

The repercussion of the extracorporeal circulation in the acid-basic balance was studied in 1.000 patients submitted to cardiac surgery. The attained results showed that. There are no significant differences among the patients with congenital or aquired cardiopathies relating to the incidence of acid-basic disturbances. The artificial oxygenation, with hemoglobin arterial saturation maintained between 90-95%, was related with results as good as the other ones obtained with higher values of oxygenation. Hypocapnia (PCO₂ below 30 mmHg) during the extracorporeal circulation resulted only in a higher incidence of metabolic acidosis judged as a smooth one (ΔB.E. between 2.6 — 6.9). Metabolic acidosis occurred more frequently with patients submitted to flows of perfusion lower than the established ones previously (from 1.900 to 2.400 ml/m² of corporeal surface). Higher flows don't seem more effective. The time of perfusion didn't result important as a determining factor of metabolic acidosis, within the considered periods, having no more than 180 minutes. The presence of metabolic acidosis, of any intensity, before the beginning of the perfusions had as result a large increase of the incidence of disturbance during the extracorporeal circulation.

REFERÊNCIAS

1. Amaral R V G — Contribuição para o estudo do equilíbrio ácido-básico durante a anestesia para cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. Tese. Fac Med Univ São Paulo, São Paulo, 1965.
2. Amaral R V G — Contribuição para o estudo da alcalose respiratória em anestesia para cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. Tese. Fac Med Univ São Paulo, São Paulo, 1970.
3. Astrup P, Jorgensen K, Siggaard-Andersen O & Engel K — The acid-base metabolism. A new approach. *Lancet* 1:1035, 1960.
4. Barbero-Marcial M, Vedoya R C, Zerbini E J, Verginelli G, Bittencourt D & Amaral R V G — Potassium in cardiac surgery with extracorporeal circulation. *Amer J Cardiol* 23:400, 1969.
5. Bjork V O — Brain perfusion in dogs with artificially oxygenated blood. *Acta Chir Scandinav* 96:137, 1948.
6. Callaghan J C, Fraser R S, Dvorkin J & Stewart A G — The Acid-Base aspects of extracorporeal circulation. In Allen J G, editor, *Extracorporeal circulation*. Chales C Thomas Publisher, Springfield, 1958.

7. Carson S A A, Morris L E, Edmark K W, Jones T W, Logan G A, Sauvace L R & Thomas G I — Acid-base management for open-heart surgery. *Circulation*, 29:456, 1964.
8. Clowes G H A Jr — Physiological basis of cardiac surgery. In Norman, J C, editor, *Cardiac Surgery*. Meredith Publishing Company, New York, 1967.
9. Cohen M & Lillehei C W — Autogenous lung oxygenator with total cardiac bypass for intracardiac surgery. *Surg Forum* 4:34, 1954.
10. De Wall R A, Warden H E, Gott V L, Read R C, Varco R B & Lillehei C W — Total body perfusion for open cardiectomy utilizing the bubble oxygenator. *J Thorac Surg* 32:591, 1956.
11. Dobell A R C, Gutelius J R & Murphy D R — Acidosis following respiratory alkalosis in thoracic operations with and without heart-lung bypass. *J thorac Surg* 39:321, 1960.
12. Eldridge F & Salzer J — Effect of respiratory alkalosis on blood lactate and pyruvate in humans. *J appl Physiol* 22:461, 1967.
13. Galletti P M & Brecher G A — Heart-lung bypass. Principles and techniques of extracorporeal circulation. New York, Grune & Stratton, 1962.
14. Gomes O M — Oxigenador de bolhas de coluna variável. Tese. Fac Med Univ de São Paulo, São Paulo, 1971.
15. Hobsley M & Nunn J F — Discussion. In Woolmer R F ed. *A symposium on pH and gas measurement*. Churchill, London, 1959.
16. Kirklin J W, Donald D D, Hashbarger H E, Hetzel P S, Patrick R T, Swan H J & Wood E H — Studies in extracorporeal circulation. Applicability of Gibbon-type pump-oxygenator to human intracardiac surgery: 40 cases. *Ann Surg* 144:2, 1956.
17. Drohn B G, Magidson O, Lewis R R, Tsuji H K, Rddington J V & Kay J A — Prevention of metabolic alkalosis following heart surgery. *J thorac cardiovasc. Surg* 56:748, 1968.
18. Osborn J J — Perfusion techniques of cardiopulmonary bypass. In Norman, J C, editor, *Cardiac Surgery*. Meredith Publishing Company. New York, 1967.
19. Siggaard-Andersen O — Blood acid-base alignment nomogram. Scales for pH, pCO₂, Base Excess of Whole blood of different hemoglobin concentrations, plasma bicarbonate and plasma total CO₂. *Scand J Clin Lab Invest* 15:211, 1963.