

原 著

輸液負荷後における右心房変化に関する実験的研究

福 富 悌* 高 折 益 彦* 大 隅 昭 幸*
 福 井 明* 松 本 信 夫*

要 旨

NLA 麻酔下に、24時間水分制限を行った雑種成犬21頭を各7頭づつ以下の3群に分けた。I群では麻酔導入後体液補正を行なわなかった。II群では15 ml/kg・30 minの輸液を行い、III群では30 ml/kg・60 minの輸液を行った。これらの群間の平均右房圧 (mRAP) に差を認めなかった。そしてこれら全例に6 ml/kg・5 minの輸液負荷を行ったが mRAP 上昇の程度に群間差を認めなかった。上昇した右房圧が負荷前値までに低下する時間は、I群128、II群53、III群7分と推定された。心係数はI群でのみ 3.55 ± 1.82 から 4.15 ± 1.83 l/min/m²へと上昇した。中心血流量は3群とも差を認めず、輸液負荷による変化も示さなかった。

体液バランス、とくに体内水分量動態はmRAP 絶対値のみでは判定できず、その後の低下状態、とくに低下速度により、概要が推測されることが認められた。

はじめに

体液バランスを表示する因子は少ない。ECFの測定、体内水分量測定には数時間を要し実地臨床においては実際に利用されていない。したがって、多くの臨床家は何をもって体液バランスを確実に把握するかきわめて困難な問題に立たされている。

中心静脈圧は一般に循環血流量を推定するため

に用いられているが、かつてこれをもって体液バランスの指標とすることもすでに試みられた¹⁾²⁾。しかし、中心静脈圧から体水分量を推定することに関しては、幾多の問題点が指摘されている。すなわち、心臓のポンプ作用、胸腔内圧、末梢血管、とくに静脈系のコンプライアンスなどが中心静脈圧変化に影響を及ぼしているからである。

われわれはすでに一般臨床手術症例での研究において、中心静脈圧の絶対値は特殊な状態を除いて体液バランスの指標として用いられないが、輸液負荷後の中心静脈圧変化を観察することによって、ある程度の体水分バランスを推定することができることを報告した³⁾。そこで今回は研究条件をより十分管理しうる動物実験において、かつ臨床では容易に測りえない生理学的諸因子も追加測定し、輸液負荷後の中心静脈圧の上昇、そしてその後の下降の様相をよりの確に観察する目的で以下の研究を行った。

対象・方法

実験には体重8~14 kgの雑種成犬21頭を用い、これらに対し実験前24時間の飲料水、飼料の投与を中止し急性性脱水を導入した。実験当日、これらの犬は15~20 mg/kgのペントバルビタールナトリウムの静脈内投与による麻酔後、気管内挿管され、笑気5 l/min、酸素2 l/minの混合ガスにてアイカ社製非再呼吸式ピストン型呼吸器 (R50S) による調節呼吸下におかれた。動物の右頸部に小切開を加え、頸静脈より右心房に、また別に頸動脈から大動脈弁直上にポリエチレンカテーテル (φ 2.5 mm) を挿入し、それぞれ圧測定、

*川崎医科大学麻酔科学教室

輸液注入, 血液サンプル採取に用いた. また経尿道的にカテーテルを膀胱内に挿入し留置した. これら実験動物はそれぞれ7頭づつ無作為的に以下の3群に分けられた. すなわちI群は麻酔導入後, 挿入したカテーテル内に血栓を生じない程度の生理食塩水の注入に留めた. II群は麻酔導入後 15 ml/kg の輸液 (KN3A[®]註) を30分間で行い, III群は 30 ml/kg の輸液 (KN3A[®]註) を60分間で行った. これら各群の体重は, I群11.1±1.6, II群10.4±1.9, III群 11.2±1.6 kg で群間に有意差を認めなかった. そしてこれら全例に5分間で 6 ml/kg の輸液負荷 (乳酸リンゲル液) を行った. そして麻酔導入直後, 輸液負荷直前, 輸液負荷1分, 10分, 20分, 30分, 40分, 60分後に以下の測定を行った.

すなわち動脈圧, 右心房平均圧 (mRAP) は日本光電社製 strain gauge transducer (MPU 0.5 290-0-III) を介して日本光電社製記録計 (RM45) に記録した. 心拍出量はインドシアニンググリーン (0.63 mg) を右心房内に注入し大動脈弁直上に留置したカテーテルより吸引装置 (日本光電社製

TL430S) を用い 30 ml/min の速度で吸引し densitometer (日本光電社製 TL430S) で測定し, 心拍出量計 (日本光電社製 MLC4200) 上に色素希釈曲線を記録した. さらに, 動物の体表面積 (m²) を, 0.112×体重 (kg)^{2/3} なる式から求め, これにより心拍出量を除して心係数 (C. I.) とした. 右心房から大動脈基始部までの中心血液量 (CBV) は Stewart-Hamilton の式⁴⁾⁵⁾ により計算した. 動脈血 pH, Paco₂, PaO₂ は Radiometer 社製血液ガス分析装置 (BMS-3K21, PMM-72 MK2) により測定した. 血清・尿中 Na, K は焰光光度計 (Corning 435) により, Cl は Radiometer 社製 CMT 10 chlorid titrator にて測定した. 尿量はメスシリンダーにて, 尿比重は屈折法にて測定した.

また輸液負荷後の mRAP 値変化は $Y = ae^{-bt} + b$ なる single compartment 式で近似した. 指数関数中のパラメーターの推定は非線形最適化法 (Nelder Mead's simplex 法⁶⁾) を用いた.

これらの成績の推計学的検討は paired t および student t test により行い, p<0.05 を有意変化と認めた.

表1 容量負荷にともなう循環動態変化

	体液補正		6 ml/kg 容量負荷							
	前	後	直前	直後	10分後	20分後	30分後	40分後	60分後	
心 拍 数 beat/min	I		179±28	173±35	171±31	174±32	183±26	186±20	174±17	
	II	142±41	160±26	176±51	173±39	181±33	184±35	164±50	181±31	179±26
	III	147±33	170±41	172±40	170±45	166±34	164±29	163±27	164±21	168±24
動 脈 平 均 圧 mmHg	I		137±21	138±16	131±13	130±12	130±11	128±13	131±18	
	II	137±34	135±26	132±27	134±30	132±29	131±28	130±34	127±23	130±27
	III	128±28	134±31	134±30	137±18	138±17	134±14	133±14	131±15	134±10
右 心 房 平 均 圧 mmHg	I		2.1±2.1	3.9±1.3	4.1±1.3	3.8±1.4	3.3±1.2	3.2±1.5	3.0±1.3	
	II	3.9±0.9	2.4±1.2	2.5±1.2	5.1±1.7	4.4±3.1	3.3±1.6	3.0±1.7	2.1±1.4	3.3±1.8
	III	6.8±5.6	6.6±5.9	5.1±4.2	7.1±4.5	4.0±3.7	3.9±3.7	3.5±3.8	3.1±4.0	2.6±3.6
心 係 数 l/min/m ²	I		3.55±1.82	4.15±1.83*			4.07±2.69		3.81±1.73	
	II	3.39±1.72	4.47±1.55*	4.46±0.87	4.97±2.11		4.19±1.18		3.89±1.15	
	III	3.66±1.33	5.51±2.61	4.93±2.59	5.95±3.65		4.83±2.34		3.94±1.69	
中 心 血 液 量 ml/m ²	I		430±147	451±139			431±164		412±117	
	II	445±154	503±168	504±133	464±86		456±132		385±119	
	III	505±179	589±232	556±247	620±306		581±226		531±207	

I: I群, II: II群, III: III群

*0.01 < p < 0.05 mean ± S. D.

註) KN3A[®]; Na: 60 mEq/l, K: 10 mEq/l, Cl: 50 mEq/l, 乳酸: 20 mEq/l, ブドウ糖: 2.5%, の組成を有する.

成績

心拍数は 6 ml/kg の負荷前, I 群で179±28, II 群で176±51, III 群で 172±40/min であって負荷後 I 群で173±25, II 群で173±39, III 群で170±45/min と各群とも有意な変化を示さず, 各群間にも差を認めなかった。

平均動脈血圧は負荷前 I 群で137±21, II 群で132±27, III 群で 134±30 mmHg であって, 負荷直後も I 群で138±16, II 群で134±30, III 群で138±18 mmHg で各群とも有意な変動を認めず, かつまた絶対値, および変動値においても各群間に差を認めなかった。

輸液負荷前の mRAP は表1のごとく, I 群 2.1±2.1, II 群2.5±1.2, III 群 5.1±4.2 mmHg であって 3 群間に有意な差を認めなかった。輸液負荷後は I 群で3.9±1.3, II 群で5.1±1.7, III 群で 7.1±4.5 mmHg と各群とも有意に上昇した (p<0.01)。またその上昇度も I 群で1.6±1.1, II 群で2.6±1.1, III 群で 2.0±1.6 mmHg で 3 群間

に有意差を認めなかった。

一方負荷後の mRAP 変化を単純指数関数で近似したところ, 図1のごとく変化した。この式より負荷前値まで mRAP が低下する時間を推測すると I 群128, II 群53, III 群7分であった。また負荷前値の50%までの低下時間は I 群48, II 群20, III 群3分であった。

輸液負荷後, C.I. は I 群で3.55±1.82 から 4.15 ± 1.83 l/min・m² と増加した (0.01<p<0.05)。II 群では4.46±0.87から4.97±2.11, III 群では4.93±2.59から5.93±3.63 l/min・m² と変化が認められなかった。

CBV は輸液負荷前後で I 群で430±147から451±139へ, II 群では504±133から468±86へ, III 群では556±247から 620±306 ml/m² へと変化が認められなかった。また mRAP の変化と CBV 変化との間にも相関性を認めなかった (図2)。

輸液負荷前動脈血 pH, Paco₂, Pao₂ の全平均はそれぞれ pH 7.41±0.094, Paco₂ 29.6±95 mmHg, Pao₂ 228±39 mmHg で輸液負荷による変化を示さなかった。

輸液負荷前血清 Na は I 群143±3, II 群141±9, III 群 140±4 mEq/l で, 血清Kは I 群3.5±0.3, II 群3.7±0.4, III 群 3.4±0.5 mEq/l, 血清 Cl は I 群104±10, II 群106±5, III 群 108±5 mEq/l であって, 血清 Na, K, Cl いずれも各群間に差を認めず, 輸液負荷によっても変化を認めなかった。

尿排泄量は負荷後60分間に I 群で24±14, II 群 71±35, III 群 88±71 ml であって, I 群に比し II, III 群で多く, I - II 群間でとくに著しい差を

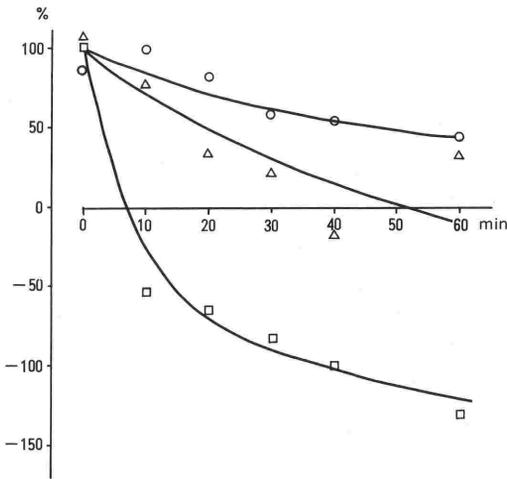


図1 右房圧変化

$Y = ae^{-\lambda t} + b$ なる式にて近似した場合の a, b, λ の各値は以下のごとくであって

	a	b	λ
I	2.11	2.0	-0.013
II	3.77	1.1	-0.019
III	4.09	2.9	-0.093

その近似式における0分時値を100として各曲線を得た。そして計算値に対する実測値の各百分率を同時に ○— I 群, △— II 群, □— III 群 にて表示した。

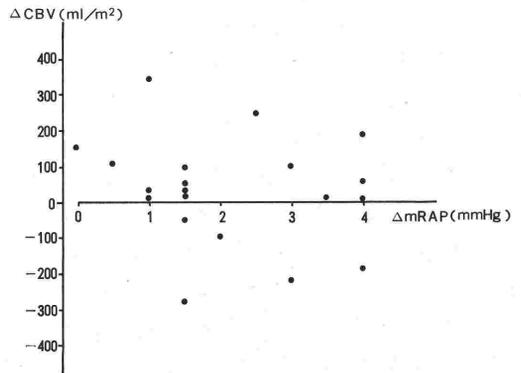


図2 平均右房圧変化 (ΔmRAP) と中心血液量変化 (ΔCBV) の相関性

表2 輸液負荷後尿量, 尿比重, 尿中電解質排泄量

		0-30分	30-60分	合計
尿量 (ml)	I	16±16	8±3	24±14
	II	39±17	32±12	71±25*
	III	61±61	26±13	88±71
尿比重	I	1.025±0.011	1.036±0.008	
	II	1.018±0.012	1.013±0.008**	
	III	1.023±0.012	1.020±0.013	
尿中 Na 排泄量 (mEq)	I	2.3±3.7	0.8±0.7	3.0±4.0
	II	6.3±5.8	5.5±3.9	11.8±8.9
	III	6.0±5.9	2.5±3.1	8.6±8.7*
尿中 K (mEq)	I	1.1±0.9	0.7±0.4	1.7±0.7
	II	2.1±2.2	1.4±0.5	3.5±2.0
	III	4.3±6.2	1.2±0.5	5.5±6.6
尿中 Cl (mEq)	I	1.2±1.6	0.7±0.5	1.9±1.6
	II	3.5±3.4	4.2±3.1	9.4±7.1
	III	5.4±4.7	2.3±2.3	7.8±6.6

I: I群, II: II群, III: III群

* $p < 0.01$, ** $0.01 < p < 0.05$ mean±S. D.

認めた ($0.01 < p < 0.05$). 尿比重は輸液負荷60分後のI群のそれに比しII, III群では低下し, I-II群間ではとくに著しい差を認めた ($p < 0.01$) (表2).

電解質の尿中排泄量は負荷後60分間に, NaはI群 2.3 ± 3.7 , II群 11.8 ± 8.9 , III群 8.6 ± 8.7 mEqであって, I-II群間に差を認めた ($0.01 < p < 0.05$). KはI群で 1.7 ± 0.7 , II群で 3.5 ± 2.0 , III群で 5.5 ± 6.6 mEqであった. ClはI群で 1.9 ± 1.6 , II群で 9.4 ± 7.1 , III群で 7.8 ± 6.6 mEqであってI-II群間で差を認めた ($0.01 < p < 0.05$).

考 察

中心静脈圧 (CVP) は1959年に Hughes ら⁷⁾ によって循環動態の指標として導入されて以来, 広く一般診療に用いられている. すなわち右心系への負荷, preload の指標として一般に用いられている. しかしその測定値の評価に関してはなお問題を残している. すなわち正常値の幅も広く¹⁾, 測定用のカテーテルの先端の位置によって異なる値をうる. したがって本研究においてはカテーテル先端を右心房内におき右心房平均圧をもって中心静脈圧の代用とした¹⁾. また CVP は循環血液量と必ずしも相関性が認められていない⁸⁾. すなわち CVP は心機能, 交感神経系機能などを含め

た多変数関数であり, 種々の条件を決定しない限り, 正常値を規定することは困難である. 今回の研究においても, 異なる水分バランス状態での CVP 値に差を認めず, さらに輸液負荷後の上昇の程度についても差を認めず, 体液バランスを CVP の絶対値のみから評価することができないことが認められた.

一方 CVP 測定値の評価については, その絶対値より変動が重要であると言われている. Henry⁸⁾ によると $-15 \sim +15\%$ の血液変化で, CVP は10%の血液量変化に対して, ほぼ $2 \text{ cmH}_2\text{O}$ の割合で, 変動するといわれる. また Sykes⁹⁾ は血液増加状態において $100 \sim 200 \text{ ml}$ の輸血により, CVP の上昇は大きく, その持続も長いと述べている. しかし血液量の増加と体内水分量増加にともなう CVP 変化とは本質的に異なるものであり, 今回の結果と, Sykes らが認めた事実と全く異なるものとなっていて不思議であるとも思われない. 今回われわれは 6 ml/kg の輸液負荷を行い CVP の上昇は脱水の程度に差を認めないものの, その上昇時間が脱水が強い場合では128分と長く, 脱水が十分補われている場合は7分とその持続が短いものであった. われわれが臨床で行った研究では³⁾, 脱水が強い場合輸液負荷による CVP 上昇の程度にも差があったものの, その後の低下状態は今回の動物実験の成績と異なるものでなかった. このような CVP の変化には, CVP を介する抗利尿ホルモン (ADH) や心房性ナトリウム利尿ペプチド (ANP) の分泌調節, 静脈系のコンプライアンスによる緩衝性などが影響していることが考えられる¹⁰⁾. とくに血液量の70%を含む静脈系のコンプライアンスは体液量および血液量の調節に重要な役割をもっていると言われている¹¹⁾. 血管壁の弾性 (E) は伸展性 (D) の逆数であり, 血圧 (P) と容量 (V) との関係から

$$E = \frac{1}{D} = \frac{P}{V} \text{ dynes/cm}^{-5}$$

と示される¹²⁾. さらに Gyton ら¹³⁾ は stress relaxation なる概念を導入し, 脈管系, とくに静脈系では血流量の増加にともない, 脈管が伸展すれば, それだけその脈管系のコンプライアンスが増加することを認めている. 次に血液量, CVP の変化は胸腔内圧受容体を主とする低圧系受容体を刺激し, ADH の分泌を減少させ利尿を起し¹⁴⁾¹⁵⁾ さ

らに心房を伸展させることによって ANP を分泌させ¹⁶⁾¹⁷⁾ Na 排出を増加させ、これまた体水分量の減少を導入する。したがって輸液負荷後の CVP 変化はこれらの体液調節機構がすでに始動していたか、あるいは始動していなかったかという状態の差によって修飾され変動したものと解釈された。

今回行った24時間の水分制限は、Painter¹⁸⁾, Haines ら¹⁹⁾ が脱水の急性期は細胞外液の減少が著しいと報告しているように、細胞外液を中心とした脱水があったと思われた。黒田ら²⁰⁾²¹⁾ は脱水状態に輸液を行った場合、初期には細胞外液量のみを増加させると報告している。したがって今回の研究の場合でもⅡ・Ⅲ群では 6 ml/kg の輸液負荷前の動物の細胞外液量は増加していて、これに 6 ml/kg の負荷が行われた場合同じく細胞外液量、なかんずく循環血液量が主として増量したと考えられる。犬の1日必要水分量と細胞外液量を、人間のそれと同様に対比するならば、Ⅱ群で行った 15 ml/kg の輸液は脱水を1/3補う量であり、Ⅲ群で行った 30 ml/kg の輸液は脱水の2/3を補う量であったと思われる。これらを細胞外液のみの変化として考えるならば、輸液負荷前Ⅰ群25、Ⅱ群17、Ⅲ群10%の細胞外液の不足が推測された。われわれが臨床で行った研究では、細胞外液量の約10%の脱水群と十分脱水を補正した群とでは 6 ml/kg 輸液負荷による CVP の上昇に差を認めた³⁾。しかし今回の研究では3群ともに脱水の状態にあって、輸液負荷による CVP 上昇の程度には差を認めなかったと思われる。

CI はⅠ群でのみ輸液負荷後に増加した。Ⅰ群では他の2群に比し脱水が強く、循環血液の centralization が起こっていたためと考えられた。これに対してⅡ、Ⅲ群では、負荷前に行われた輸液によってある程度 peripherization が進み、輸液負荷初期には右心系に集中したとも思われるものの、再分配が早期におこり、C.I. の上昇がなかったものと考えられた。

今回の研究において preload に関与する因子としての他の因子、CBV についてみると、mRAP との間には、脱水の強さにかかわらず両者間に相関性を認められなかった。このことは脈管系のコンプライアンス、循環血液の体内分布、組織間液圧、さらには尿量などの多くの因子が mRAP に

関与しているためと考えられた。Oakeley ら²²⁾ は 600~1300 ml の生理食塩水を負荷し、CBV と肺血流量、ならびに心拍出量との間に相関性があることを認めた。大隅ら²³⁾ は犬に 100~200 ml/kg の輸液負荷を行っても CBV にわずかな変動しか認めないことを報告している。われわれの実験例でも 6 ml/kg の輸液負荷によって脱水の程度にかかわらず CBV に変化を認めなかった。これは 6 ml/kg の輸液量が CBV に対し十分な量でなかったこと²⁴⁾ が考えられた。したがって 6 ml/kg の輸液負荷は、CBV の増加による肺実質内への細胞外液の移動、すなわち肺水腫を来すことなく安全に用いることができると思われた。

Ⅱ・Ⅲ群では輸液負荷前からすでに利尿作用が働いていて、6 ml/kg の負荷により、さらに尿量の増加、尿比重の低下、尿中への電解質排泄が増加したと考えられた。

以上のことより脱水が強い状態では、脈管系、とくに静脈系のコンプライアンスが低く、しかも血液の centralization が生じているため、輸液負荷により CBV を変化させることなく mRAP が上昇し、しかもその上昇は長く、維持され、さらに C.I. も大となることが認められた。次にある程度脱水が補われている状態では静脈系のコンプライアンスも上昇していて、血液の peripherization が進み、さらに尿排泄量も増加し、mRAP の速やかな低下を示すものと思われた。すなわち 6 ml/kg・5 min の負荷後20分を経過しても mRAP、もしくは CVP が負荷上昇度の50%にまで低下しない場合には 20 ml/kg 程度の脱水を有するものと推定される。

文 献

- 1) 中山夏太郎：静脈確保と中心静脈圧，診断と治療，73：396~398，1985.
- 2) 福田俊郎：麻酔中における中心静脈圧の検討，麻酔，18：34~46，1966.
- 3) 福富 悌，高折益彦，矢野博文：体液バランス評価，第33回日本麻酔学会総会（京都）抄録集 p. 312，1986.
- 4) Hamilton, W. F., Moore, J. W., Kinsman, J. M.: Studies on the circulation. Further analysis of the injection method and of changes in hemodynamics under physiological and pathological conditions, Amer. J. Physiol. 99:534~551, 1932.
- 5) Keys, J. R., Hetzel, P. S., Wood, E. H: Revised

- equations for calculation of blood flow and central blood volume from indicator-dilution curves, *J. appl. Physiol.* 2:385~389, 1957.
- 6) Nelder, J. A., Mead, R.: A simpler method for function minimization, *Comp. J.*, 7:308~313, 1965.
 - 7) Hughes, R. E., Magovern, G. J.: The relationship between right atrial pressure and blood volume, *Arch. Surg.*, 79:238~243, 1959.
 - 8) Henry, J. P., Meehan, J. P.: 循環の低圧系; 静脈血の心房への還流および起立について, 堀原一, 循環生理の基礎と臨床, p. 73~88, 医学書院, 東京, 1974.
 - 9) Sykes, M. K.: Venous pressure as a clinical indication of adequacy of transfusion, *Ann. Roy. Coll. Surg. Eng.* 33:185~197, 1963.
 - 10) Nose, H., Yawata, T., Morimoto, T.: Osmotic factors in restitution from thermal dehydration in rats, *Amer. J. Physiol.* 249:R166~R171, 1985.
 - 11) 森本武利: 体循環のコンプライアンスと血液量, 脈管学, 26: 305~309, 1986.
 - 12) Henry, J. P., Meehan, J. P.: 循環の一般的性質. 堀原一, 循環生理の基礎と臨床, p. 1~8, 医学書院, 東京, 1974.
 - 13) Prather, J. W., Taylor, A. E., Gyton, A. C.: Effect of blood volume, mean circulatory pressure, and stress relaxation on cardiac output, *Amer. J. Physiol.* 216:467~472, 1969.
 - 14) Navar, L. G., Gyton, A. C.: Internal mechanisms for regulating body fluid volume, *Circulatory physiology II*; W. B. Saunders Co., USA, 1975, p. 243~261.
 - 15) Share, L., Claybaugh, J. R.: Regulation of body fluids, *Ann. Rev. Physiol.* 34:235~260, 1972.
 - 16) 松尾壽之: Atrial natriuretic peptides (ANP), 循環制御, 6: 435~440, 1985.
 - 17) 斎藤晴比古, 西内 健, 斎藤史郎: 心房性ナトリウム利尿ペプチド, 循環制御, 7: 615~624, 1986.
 - 18) Painter, E. E., Holmes, J. H., Gregersen, M. I.: Exchange and distribution of fluid in dehydration in the dog, *Amer. J. Physiol.*, 152:66~76, 1948.
 - 19) Haines, H., McKenna, T. M., Melton, J. E.: Body fluid distribution in wild *Mus musculus* acclimated to water restriction, *Amer. J. Physiol.* 235:R237~R242, 1978.
 - 20) 黒田 諭, 酒井資之, 高折益彦: 脱水および輸液後の臓器水分分布, 麻酔, 29: 129~134, 1980.
 - 21) 高折益彦, 黒田 諭, 大隅昭幸: 脱水に対する輸液とその水分体内分布に関する研究(II), 麻酔, 30: 1202~1208, 1981.
 - 22) Oakley, C., Glick, G., Laria, M. N.: Some regulatory mechanisms of the human pulmonary vascular bed, *Circulation*, 26:917~930, 1962.
 - 23) 大隅昭幸, 高折益彦: 輸液と静脈還流, 麻酔, 33: S128, 1984.
 - 24) Marshall, R. J., Wang, Y., Shepherd, J. T.: Components of the "central" blood volume in the dog, *Circ. Res.*, 8:93~99, 1960.

Changes in right atrial pressure following fluid loading in dehydrated and hydrated dogs

Osamu Fukutomi, Masuhiko Takaori, Akiyuki Ohsumi
Akira Fukui and Nobuo Matsumot

Department of Anesthesiology Kawasaki Medical School

Twenty-one adult mongrel dogs subjected to water restriction for 24 hours under NLA anesthesia were divided into 3 groups. In Group I, no adjustment of body fluid was performed. In Group II, 15 ml/kg fluid was supplemented over a period of 30 minutes. In Group III, 30 ml/kg fluid was supplemented over a period of 60 minutes. No difference was noted in the mean right atrial pressure (mRAP) among these 3 groups. On fluid loading of 6 ml/kg over a period of 5 minutes, no difference in the degree of rise of mRAP was noted between these groups. The time required for the mRAP to return to the preloading level was

estimated to be 131 minutes in Group I, 50 minutes in Group II and 9 minutes in Group III. Cardiac index rose from 3.55 ± 1.82 to 4.15 ± 1.83 l/min only in Group I. Central blood volume showed no difference among the 3 groups, and no change was noted in response to fluid loading.

Body fluid balance specially the dynamics of water in the body cannot be adequately assessed based on the absolute value of mRAP alone. The mode of subsequent fall especially the speed of decrease appears to be useful for the assessment of the outline of the fluid balance.

- Key words:** ① fluid load
② right atrial pressure
③ fluid distribution
④ venous compliance
⑤ dehydration