CAPD 患者の下大静脈径の検討

増 永 義 則 安 藤 康 宏 大 野 修 一 手 塚 俊 文
浅 野 泰

自治医科大学腎臓内科

key words : inferior vena cava, ultrasonography, continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD), amount of body fluid

〈要旨〉

超音波断層法で描出される下大静脈 (IVC) の安静呼気時最大径 (IVCe), 安静吸気時最小径 (IVCi) および collapsibility index (CI) [(IVCe-IVCi)/IVCe] は中心静脈圧, 右心機能を反映することが知られている。我々はすでに血液透析中, 除水による体液量の減少に伴い IVCe, IVCi が減少, CI が増加し, 特に IVCe と循環血液量の間には有意の一次正相関があることを報告している。血液透析に比し除水が緩徐で, 循環血液量の変化が少ない CAPD では, IVC 径も安定していることが予想される反面, 腹腔内の液貯留が IVC の形態に影響を及ぼす可能性がある。今回我々は安定維持期 CAPD 患者 (n=13) の IVC の形態を検討し, 以下の結論を得た。

1) 安定維持期 CAPD 患者では, IVCe (mean±SE) はヘマトクリット値とともに, 透析液交換中有意な変化はなく (排液前 12.2 ± 0.8 , 排液後 11.9 ± 0.7 , 注液直後 11.5 ± 0.8 mm), 循環血液量の安定を裏付けるとともに, 2/程度の腹腔内液貯留は IVCe には影響しないと考えられた。2) 一方 IVCi, CI は排液前 8.6 ± 0.8 mm および 0.30 ± 0.04 に対し, 排液後はそれぞれ 7.2 ± 0.7 mm および 0.39 ± 0.05 と有意に変化したことから, 腹腔内液貯留が吸気時の IVC の虚脱を抑制すると考えられた。3) 排液後あるいは注液後の IVCe と CTR との間に有意な一次正相関 (いずれも $r=0.57$, $n=13$, $p<0.05$) がみられたことから, IVCe 値が HD 患者同様 CAPD 患者においても体液量の指標となる可能性が示唆された。

Ultrasonographic evaluation of the diameter of inferior vena cava in CAPD patients

Yoshinori Masunaga, Yasuhiro Ando, Shuichi Oono, Toshifumi Tetsuka, Yasushi Asano
Division of Nephrology, Jichi Medical School

The maximal diameter of the inferior vena cava (IVC) during quiet expiration (IVCe), and the minimal diameter during quiet inspiration (IVCi), as measured by ultrasonography, as well as the collapsibility index (CI) [(IVCe-IVCi)/IVCe], are considered parameters of central venous pressure and right-sided cardiac function. We have previously reported that IVCe and IVCi decrease while CI increases as body fluid is removed during hemodialysis (HD), and that IVCe significantly correlates with the amount of body fluid, especially the circulating blood volume (CBV). In continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD), however, the configuration of IVC could be different, since the amount of body fluid changes much more slowly than in HD and intraperitoneal fluid retention may affect IVC configuration. Thus, in the present study, we measured the IVC diameter in 13 CAPD patients. The following results were obtained. 1) IVCe (mean±SE), as well as hematocrit value, were stable throughout dialysate exchange (IVCe before and after dialysate drainage, and after dialysate infusion were 12.2 ± 0.8 , 11.9 ± 0.7 , and 11.5 ± 0.8 mm, respectively). This argued for the stability of CBV and suggested that approximately 2l of intraperitoneal fluid did not affect IVCe considerably. 2) In contrast, drainage of dialysate decreased IVCi and increased CI significantly (IVCi/CI before and after drainage were 8.6 ± 0.8 mm/ 0.30 ± 0.04 and 7.2 ± 0.7 mm/

0.39±0.05, respectively). Thus, intraperitoneal fluid retention appeared to suppress the inspiratory collapse of IVC. 3) There was a significant correlation between cardiothoracic ratio and IVCe after drainage or infusion of new dialysate ($r=0.57$, $n=13$, $p<0.05$ in both cases). Thus, IVCe may reflect the amount of body fluid in CAPD patients as well as in HD patients.

図1 Measurement of the IVC diameters

緒言

静脈造影やカテーテル検査でとらえられた下大静脈 (IVC) の形態や内圧は右心機能を反映することが知られている¹⁻³⁾。近年の超音波断層法の普及により IVC を非侵襲的に描出することが可能となり、その内径や内径の呼吸性変動が中心静脈圧^{4,5)}、右心機能⁶⁾の指標となることが報告されている。我々はこれまでに血液透析患者の透析中の体液量、特に循環血液量の変化が、IVC の内径およびその呼吸性変動の程度 (collapsibility index, CI) と相関することを報告した^{7,8)}。

一方、CAPD 患者では除水が緩徐で、循環血液量の変化が少ないため IVC 径も正常範囲で安定していることが予想される反面、腹腔内の大量液貯留が腹腔腔内圧や呼吸に影響し、正常と異なった IVC の形態を呈する可能性があるため、今回検討を行った。

対象と方法

対象は当科に通院および入院する 13 名の CAPD の患者で、詳細は表 1 の通りである。このうち、2 例 (表 1 中 * 印) は僧帽弁狭窄兼閉鎖不全による NYHAI 度の心不全がある。1 回に交換する透析液量は、11 名は 2 l、2 名は 1.5 l で、ブドウ糖濃度は 1.5% または 2.5% を使用している。貯液時の胸部 X 線像より求めた心胸比

*; $p<0.01$, **; $p<0.0005$ vs. preceeding value

図2 Changes in IVC diameters during dialysate exchange

(CTR) は平均 $49.3 \pm 1.7\%$ であり、理学的所見、水分出納と併せて、各症例とも妥当な dry weight が維持されていると判断された。IVC 径の計測はコンベックス型電子スキャン超音波断層装置 (SSA650CL, Aloka) を用い、図 1 のごとく仰臥位にて剣状突起下で IVC 矢状断面を描出し、肝静脈合流部遠位の安静時呼吸最大径 (IVCe) および安静吸気時最小径 (IVCi) を計測した。また IVC 径の呼吸性変動の指標として安静呼吸時最大径に対する安静吸気時最小径の減少率、すなわち collapsibility index (CI)^{4,5,7)} を図 1 に示すごとく算出した。

表 1 Patient profile

Case	Sex	Age (y)	Height (m)	Body weight (kg)	Etiology of CRF**	Duration on CAPD (Mo)	CTR (%)
	M	45	1.65	64.0	CGN	84	44.5
	M	38	1.59	58.5	CGN	84	42.6
	M	66	1.72	66.6	DM	24	45.9
	M	45	1.68	57.6	CGN	72	41.0
	M	42	1.63	54.7	CGN	5	49.6
	F	59	1.52	51.5	CGN	19	57.0
	M	39	1.73	64.3	CGN	48	52.5
	F	54	1.68	60.5	CGN	18	48.0
	F	65	1.50	50.0	DM	9	63.9
	M	65	1.61	67.0	DM	72	44.0
	M	62	1.73	79.0	CGN	72	52.4
	M	69	1.63	63.2	DM	7	49.7
	M	46	1.55	48.3	CGN	3	49.5

表 2 Changes of IVC diameters and other parameters during dialysate exchange

	Before drainage	After drainage	After infusion of new dialysate
IVCe (mm)	12.2±0.8	11.9±0.7	11.5±0.8
IVCi (mm)	8.6±0.8	7.2±0.7*	7.5±0.7
CI	0.30±0.04	0.39±0.05*	0.35±0.05
Ht (%)†	27.4±1.3	27.4±1.3	27.4±1.3
Body weight (kg)	62.3±2.3	60.1±2.3	62.0±2.3
Systolic blood pressure (mmHg)	149.9±8.0	150.4±9.2	148.2±6.9
Diastolic blood pressure (mmHg)	83.1±3.6	82.7±3.5	82.0±2.7

n=13, †; measured only in case 4, 6, 8, 9

*: p<0.01 vs. before drainage

表 3 IVC diameters of normal adults

n	Age (y)	Body weight (kg)	Height (m)	IVCe (mm)	IVCi (mm)	CI
Male 15	33.2±1.0	66.7±2.3	1.70±0.01	16.9±0.6	7.2±0.6	0.57±0.03
Female 10	27.4±1.4	52.0±1.2	1.60±0.02	16.6±1.4	7.2±1.4	0.59±0.06
Total 25	30.9±1.0	60.8±2.1	1.66±0.01	16.8±0.7	7.2±0.6	0.58±0.03

計測は透析液の排液直前、直後、および新たな透析液の注液直後に行い、同時に血圧と脈拍を、また一部の症例では静脈血ヘマトクリット (Ht) 値も測定した。これに加え腹膜炎やカテーテルの入れ替えのために入院した CAPD 患者 3 名において、注液後の IVC 径を次の液交換時まで 1 時間毎に測定した。

また健常男性 15 名、女性 10 名の IVC 径を比較のために測定した。これら 25 名の身長、体重は対象 CAPD 患者群と有意差はなかったが年齢は明らかに低いため (表 1, 2), 対照群とはせず、参考値とした。

データは平均値±標準誤差で示し、有意差検定には Student's t-test を用いた。

結果

1. 透析液の注排液による IVC 径の変化 (表 2, 3, 図 2)

約 2 l (除水量 205±40 ml) の透析液交換前後において IVCe は 12 mm 前後に留まり、有意な変化を示さなかった。これらの液交換時の IVCe 値は表 3 に示す健常者の値より小さかった (いずれも $p<0.0005$)。排液前の IVCi は健常者の IVCi 値よりやや大きいが無意差はなく、CI は 0.30±0.04 と健常者より有意に ($p<0.0005$) 小さかった。これら IVCi, CI 値は排液直後にはそれぞれ 7.2±0.7 mm, 0.39±0.05 と有意に減少および増加し、注液直後には再び排液前のレベルに近づいた (表 2)。なお

表 4 Changes in IVC diameter after dialysate exchange

	Before drainage	After drainage	hrs. after infusion of new dialysate				
			0	1	2	3	4
IVCe (mm)	10.4±0.6	12.2±1.0	10.4±0.6*	9.4±0.7*	9.2±0.7	10.2±0.8	10.4±0.5
IVCi (mm)	6.0±0.6	5.6±1.0	6.0±1.0	5.0±0.9**	5.2±0.5	5.2±0.7	6.4±0.6*
CI	0.43±0.04	0.56±0.05**	0.44±0.06*	0.48±0.07	0.44±0.03	0.50±0.03**	0.39±0.04

n=3, *; p<0.05, **; p<0.025 vs. preceding value

排液前、排液直後、注液直後の血圧および Ht 値は安定しており、液交換による有意な変化を認めなかった（表 2）。

2. IVC 径の経時的変化（表 4）

次に、より長期間での IVC 径の変動の有無をみるため、入院中の CAPD 患者 3 名に対し計 5 回（症例 2：3 回、症例 8, 13：各 1 回）にわたって透析液の排液前から次の排液前まで 4 時間にわたり IVC 径を経時的に計測した（表 4）。液交換時の変化は、IVCe が注液直後にわずかに有意に低下した以外は前述（表 2、図 2）の変化とほぼ同様であった。排液後から次の排液までに飲食はなく、188±85 ml の除水が行われているが、IVCe は貯液 1 時間目までわずかに減少し、以後はほぼ一定していた。

IVCi は液交換時において、排液後に減少する傾向は前述（表 2、図 2）と同様にみられたが、程度は小さく有意ではなかった。また貯液中は 1 時間目に低下、4 時間目に増加したがいずれの変化も小さなものだった。CI は排液後に増加注液後に再び低下という、前述（表 2、図 2）と同様の変化を示した。貯液中は貯液 3 時間目に上昇がみられたが、それ以外はほぼ一定していた。

3. CTR と IVCe との関係（図 3）

透析液交換前の立位胸部 X 線写真正面像から CTR を求め、IVC 径と CTR の関係を検討した。図 3 に示すごとく CTR と排液直後の IVCe との間には有意な一次正相関が認められた。この相関は IVCe を身長で補正すると（すなわち IVCe/身長）、さらに強くなった。また、注液直後の IVCe あるいは IVCe/身長と CTR の間にも同程度の相関がみられた（ $r=0.57$ および 0.67 、いずれも $p<0.05$ ）。しかし、排液前の IVCe と CTR との相関は有意ではなく、また IVCi や CI と CTR の間にも有意な相関関係は見出せなかった。

考察

IVC の内圧（すなわち中心静脈圧）測定は以前より右心不全の診断、体液量管理に繁用されてきたが、侵襲的操作が必要なことから、適応症例は限られている。近年超音波断層装置の普及により IVC の非侵襲的観察が容易となり、IVC の形態面からの検討がなされ、まず循環

図 3 Relationship between IVCe after drainage and CTR

動態と IVC 径の変化の関係として、右心不全時には IVC が拡張すること⁹⁾、IVC 内径は呼吸、心拍動により明瞭かつ容易に変動すること¹⁰⁾が報告された。また、玉城、名取ら^{4,5)}は超音波断層法を用いて IVC 内径の呼吸性変動について検討し、中心静脈圧と IVC の呼吸性変動（すなわち CI）との間に逆相関が認められることを報告した。さらに右心房内圧と IVC 内径、CI との間にも強い相関が認められている¹¹⁾。

我々はすでに血液透析患者において、透析中の除水に伴って IVCe、IVCi が減少し、CI が増加することを観察し、特に IVCe と循環血液量（CBV）との間に有意な一次相関を認めたことから、血液透析患者の CBV の推定や除水量の設定における IVC 径の測定の有用性を呈示した^{7,8,12)}。

今回の安定維持期 CAPD 患者における IVC 径の検討では、血液透析患者の透析前後の著明な IVC 径の変化^{7,8)}と対照的に、IVCe は排液、注液時、液貯留中にほとんど変化せず安定していた。それゆえ、2 l 程度の腹腔内液貯留は呼吸時の IVC 径にあまり影響しないものと考えられた。また、この変化の少なさは、ヘマトクリットが安定していたこと（表 2）と併せ、従来いわれているごとく^{13,14)} CAPD 患者における循環血液量の安定性に合致する所見と思われる。

今回検討した CAPD 患者ではこれら IVCe が健常人よりわずかに低値であった。このことから今回検討した CAPD 症例では循環血流量が過剰となることなくむしろやや少なめに維持されていることが示唆される。しかし、この点については、方法の項で述べたごとく CAPD 症例と健常人とで年齢層が異なっており、かつこれまでの我々の経験から IVCe 値が年齢が進むほど小さくなる印象があるため、同年齢層の健常人の IVCe 値と比較した上で考察する必要があると考えている。

また今回の検討で CAPD 患者では透析液貯留時に IVC の吸気時の虚脱が小さいこと（すなわち CI 低値）が見出された。IVCi および CI は排液直後には健常人に近い値まで減少および増加していることから、腹腔内の液貯留が IVC の吸気時の虚脱を阻害するものと思われる。腹腔内の液貯留は下大静脈を直接圧迫し、吸気時の虚脱はむしろ強くなることが予想されたが実際には逆であった。この液貯留による逆説的な IVC の吸気時虚脱制限の機序として、透析液注入による腹腔内圧の上昇が横隔膜を挙上させ、肺を圧迫し吸気を制限すること^{15,16)}、また恐らく胸腔内圧上昇のため右心系負荷が増大し静脈還流が妨げられる^{17,18)}ことが想定される。動物実験でも Ivankovich ら¹⁹⁾は麻酔犬の腹腔内に二酸化炭素や笑気を注入して腹腔内圧を上げると、胸腔内圧が上昇し、右房圧も上昇したと報告し、また Kashtan ら²⁰⁾も麻酔犬の腹腔内に生食を注入して腹腔内圧を上昇させると、右房内圧は上昇すると報告し、今回の CAPD 患者での所見と矛盾しない。

CI 高値については、このような腹腔内液貯留の直接的影響以外に、呼吸様式そのものが CAPD 患者では健常者と異なっており、IVC の虚脱を少なくしている可能性も否定できない。例えば慢性的な腹腔内液貯留が一回換気量を減少させる、あるいは腹式—胸式呼吸の割合を変える可能性などが考えられるが、今回はこれらの点については検討できなかった。

次に液交換後、貯液中の IVC 径の変化をみると、結果に述べたごとくいくつか統計的に有意な変化はあるものの、液交換時の CI の増加以外はいずれも微小な動きであり、全体としては血液透析中の急速な除水に伴う変化の大きさ^{7,8)}とは対照的であった。このことは CAPD では、前述の液交換時のみならず貯液中も循環血流量の変化が少ないことを裏付けるものと思われる。貯液 1 時間目の IVCe、IVCi の減少、3 時間目の CI の増加、4 時間目の IVCi の増加は、この間の腹腔内への体液の移動に伴う循環血流量、腹腔内圧などの変化による可能性はあるが、今後さらに検討をすすめる必要があると思われる。

最後に注目すべき所見として、CTR と排液直後あるい

は注液直後の IVCe との間にみられた有意な一次正相関が挙げられる(図 3)。これは血液透析患者同様 CAPD 患者においても、IVC 径測定が体液量の指標となる可能性を示唆する。この相関は IVCe 値を身長で補正することによって強まったが、これまでの我々の検討では身長と IVCe 値に有意な相関は認められておらず、身長補正で相関が強まることの理由はわからない。しかし CAPD 患者では体液量の定量的指標に乏しいので、もし IVCe や IVCe/身長が体液量の指標となるのであれば、この測定が非侵襲的、簡便、かつ即時的に行えるという、他の検査法にはない長所があることと併せ、DW 設定の上で極めて有用と思われる。今後この点についてはさらに症例を重ねて検討したい。

結論

1. 安定維持期 CAPD 患者では IVCe 値は透析液交換時にも安定しており、2 l 程度の腹腔内液貯留は IVCe には影響しないと思われた。

2. 一方 IVC の吸気時の虚脱は腹腔内液貯留によって阻害された。

3. CTR と排液直後、注液直後の IVCe の間に有意な一次正相関がみられた。

なお本論文の要旨は第 36 回日本透析療法学会で発表した。

文献

- 1) Echt M, Düweling J, Ganer OH, Lange L : Effective compliance of the total vascular bed and the intrathoracic compartment derived from changes in man. *Circulation Research* 34 : 61-68, 1974
- 2) Wexler L, Bergel DH, Gabe IT, Makin GS, Mills CJ : Velocity of blood flow in normal human venae. *Circulation Research* 23 : 349-359, 1968
- 3) Nakhjavan FK, Palmer H, McGregor M : Influence of respiration on venous return in pulmonary emphysema. *Circulation* 33 : 8-16, 1966
- 4) 玉城 繁, 壇原 高, 富永 滋, 名取 博, 荒井達夫, 吉良枝郎 : 超音波診断法による非観血的な上下大静脈の映像化とその形態変化の臨床的評価. *日本胸部疾患会誌* 16 (Suppl) : 68, 1978
- 5) Natori H, Tamaki S, Kira S : Ultrasonographic evaluation of ventilatory effect on inferior vena caval configuration. *American Review of Respiratory Disease* 120 : 421-427, 1979
- 6) 椎名 明 : 心エコー図による右心機能評価. *医学のあゆみ* 131 : E 223-E 237, 1979
- 7) 安藤康宏, 田部井薫, 椎名 明, 浅野 泰, 細田瑛

- 一：超音波断層法による血液透析中の下大静脈内径変化の検討—特に除水量との関係について—。透析会誌 18 : 173-179, 1985
- 8) 安藤康宏：血液透析患者の下大静脈エコー—dry weight 設定の一指標として—。医学のあゆみ 154 : 118, 1990
- 9) Weill F, Maurat P : The sign of the vena cava : Echotomographic illustration of right cardiac insufficiency. *Journal of Clinical Ultrasound* 2 : 27-32, 1974
- 10) Taylor KJ : Ultrasonographic investigation of inferior vena-caval obstruction. *British Journal of Radiology* 48 : 1024-1026, 1975
- 11) Mintz GS, Kotler MN, Parry WR, Iskandrian AS, Kane SA : Real-time inferior vena caval ultrasonography. Normal and abnormal findings and its use in assessing right-heart function. *Circulation* 64 : 1018, 1981
- 12) 赤井洋一, 草野英二, 安藤康宏, 浅野 泰：透析患者の ANP は体液貯留の指標となりうるか？ 透析会誌 24 : 1143-1148, 1991
- 13) 廣瀬 悟, 磯田和雄：循環動態への影響。腎と透析 28 : 1067-1072, 1990
- 14) Vandenbogaerde J, Matthys E, Everaert J, Colardyn F, Lameire N : The influence of dialysate exchange on cardiac output in CAPD patients. *Peritoneal Dialysis Bulletin* 7 : 242-244, 1987
- 15) Pacifico AD, Lasker N, Frank MJ, Levinson GE : Cardiovascular function in peritoneal dialysis. *Trans Am Soc Artif Int Organs* 11 : 86, 1965
- 16) Swartz C, Onesti G, Mailloux L, Neff M, Ramirez O, Germon P, Kazem I, Brady LW : The acute hemodynamic and pulmonary perfusion effects of peritoneal dialysis. *Trans Am Soc Artif Int Organs* 15 : 367, 1969
- 17) 広瀬 悟, 杉本健一, 御手洗哲也, 今村典嗣, 本田英比古, 長澤龍司, 磯田和雄, 保田浩平：CAPD の心機能に及ぼす影響に関する検討。透析会誌 21 : 486, 1988
- 18) Franklin JO, Alpert MA, Twardowski ZJ, Khanna R, Nolph KD, Morgan RJ, Kelly DL : Effect of increasing intraabdominal pressure and volume on left ventricular function in continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD). *Am J Kidney Dis* 12 : 291-298, 1988
- 19) Ivanckovich AD, Miletich DJ, Albrecht RF, Heyman HJ, Bonnet RF : Cardiovascular effects of intraperitoneal insufflation with carbon dioxide and nitrous oxide in the dog. *Anesthesiology* 42(c) : 281-287, 1975
- 20) Kashtan J, Green JF, Parsons EQ, Holcroft JW : Hemodynamic effects of increased abdominal pressure. *J of Surgical Research* 30 : 249-255, 1981