

心不全の温熱療法による心機能改善： 新しい Doppler index による評価

てい ちゅうわ ほりきり ゆたか た なかのぶゆき と やまよしふみ
鄭 忠和*, 堀切 豊*, 田中信行*, 外山芳史**

*鹿児島大学医学部 リハビリテーション科, **南風病院 循環器科

はじめに

筆者らはこれまで、適切な温水浴あるいはサウナ浴による温熱性血管拡張作用が慢性心不全患者の心・血行動態を有意に改善させることを報告してきた¹⁻⁶⁾。すなわち温熱性血管拡張作用により、心不全患者の末梢血管抵抗は有意に低下、心拍出量は有意に増加することを明らかにした。また浴中・浴後の左室駆出率は有意に増加し、心不全患者の左室収縮能の改善が示された。一方、拡張型心筋症や虚血性心疾患に伴う心不全患者では、一般に拡張不全が収縮不全に随伴していることが知られている。したがって、心不全の心機能を評価するには、収縮能および拡張能を別々に評価するだけでなく、両者を併せて総合的な心機能を評価することも重要と思われる。しかし心機能を総合的に評価する方法はこれまで確立されておらず、温熱療法の心機能に及ぼす影響はいまだ十分には解明されていない。

最近、筆者らは超音波ドプラー法を用いて、収縮能と拡張能を連合させて心機能を総合的に評価する新しい指標を報告してきた⁷⁻¹¹⁾。このドプラー指標の利点はまずルチンの超音波検査法を用いて非観血的に容易に測定することが可能で、したがって温浴中に測定することも可能である。またこの指標の測定値は再現性が高く、心拍数、血圧、心室の形態的变化などに影響されにくい⁸⁻¹⁰⁾。本

指標は心不全では健常者にくらべて明らかに高値を示し、その値は心不全の重症度により著しく異なるので、定量的評価に適している⁸⁾。またこの指標の多変量解析によって、このドプラー指標は慢性心不全の予後の評価に有用であることも明らかにされている^{9,10,12-14)}。

そこで今回の研究目的は、この新しいドプラー指標を用いて、慢性心不全の温熱療法、とくにサウナ浴による心機能の変化を総合的かつ定量的に検討することである。

対象と方法

対象は NYHA 機能分類Ⅲ～Ⅳ度の慢性心不全を有する拡張型心筋症26例(男20例、女6例)で、平均左室拡張末期径は73mm(61～82mm)、平均年齢は56±16歳である。なお心房細動と房室ブロックの患者は除外した。

サウナ浴はすでに報告しているように^{2,3)}、エコープローブ挿入用の小窓を有する乾式遠赤外線サウナ室を用いて、臥位レベルの高さでの室温を60℃に調整して、15分間仰臥位で施行した。サウナ浴後も被験者を30分間は安静臥位にして、その間は毛布で体を被い保温につとめた。

心エコー図はアロカ SSD870を用いて、サウナ前後を通じて検査中は心エコー装置の調節を一定にして記録した。超音波パルスドプラー法を用いてサウナ浴前・中・後の僧帽弁流入血流、大動脈駆

キーワード：心不全、温熱療法、サウナ浴、心機能、ドプラー指標

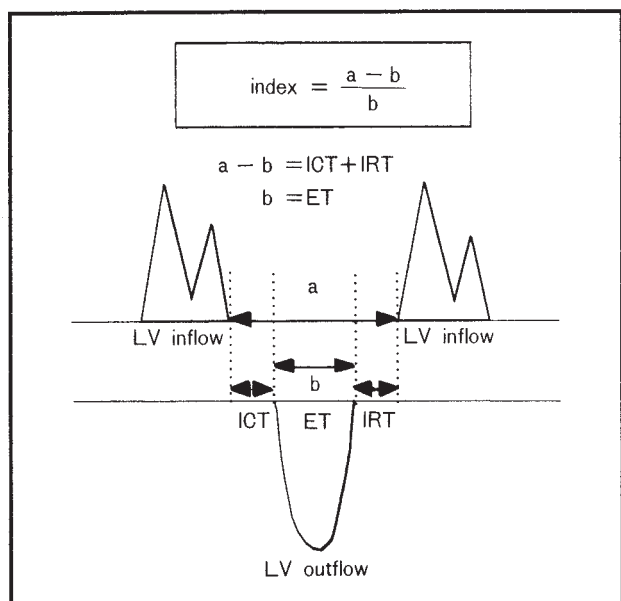


図1 新しい Doppler index の測定法を示すシェーマ
ICT=等容収縮期, IRT=等容拡張期, ET=駆出時間, LV=左室

出血流の速度波形を記録し、心不全患者のサウナ浴による左心機能の変化をこれらの血流速度波形を用いた心時相の分析から検討した⁸⁾。すなわち僧帽弁流入血流の終了から開始までの時間(a)と、大動脈駆出血流から駆出時間(b)を測定し、新しいドプラー指標³⁾： $(a - b) / b$ を算出した(図1)。a, bはそれぞれ連続5心拍を測定し、その平均値を用いてドプラー指標の値とした。また等容拡張期を、心電図R波から僧帽弁流入血流の開始までの時間(c)と、心電図R波から左室駆出血流の終了までの時間(d)の差(c - d)として測定した⁸⁾。等容収縮期は(a - b)と等容拡張期の差で測定した⁸⁾。これら等容収縮期・等容拡張期の値もそれぞれ連続5心拍の平均値で求めた。なおサウナ浴中の値は入浴15分後、サウナ出浴後の値は出浴30分後に測定した。

結 果

サウナ浴は全例でスムーズに何の問題もなく施行することができた。サウナ浴中、および浴後30分間の安静中の心電図モニターでも、有意な不整脈が新たに出現することはなかった。サウナ浴15分終了時には口腔内の舌下温度は平均 $1.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$

表1 サウナ前・中・後の心拍数と Doppler time intervals の変化

	サウナ前	サウナ中	サウナ後
心拍数 (/min)	81±14	95±15*	88±13*
"a" (msec)	439±65	392±55*	412±45*
"b" (msec)	225±39	226±36	230±38
a-b (msec)	214±54	162±47*	168±35*

*p<0.01vs サウナ前

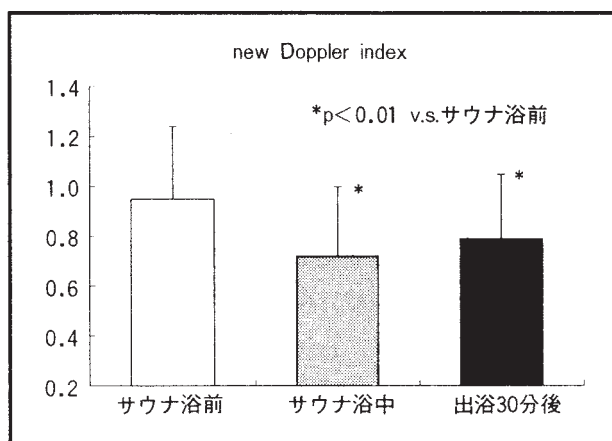


図2 サウナ浴前・中・後の Doppler index の変化

上昇し、サウナ浴30分後にもサウナ浴前に比べて約 $0.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ の上昇という、これまでの報告と同じ程度の体温上昇が得られた。心拍数はサウナ前にくらべてサウナ浴中に有意に増加し、出浴30分後もサウナ前にくらべて有意に増加していた(表1)。またサウナ前・中・後の超音波ドプラー図から測定されたドプラー時相の値a, bの変化も表1に示す。

図2は新しいドプラー指標のサウナ前後の変化を示す。サウナ浴前のドプラー指標の平均値は 0.95 ± 0.29 で、これまでの報告⁸⁾(健康者 0.39 ± 0.05 , 心臓移植例 1.06 ± 0.24)と比較すると、本研究の対象の大半が重症の心機能低下例であることが示された。このドプラー指標の値はサウナ浴中に有意に低下し(0.72 ± 0.28)、この改善は出浴30分後にも持続した(0.79 ± 0.26)。またサウナ浴前に著しく延長していた等容収縮期($119 \pm 40\text{msec}$)および等容拡張期($95 \pm 37\text{msec}$)はサウナ中に有意に短縮・改善した(図3, 4)。

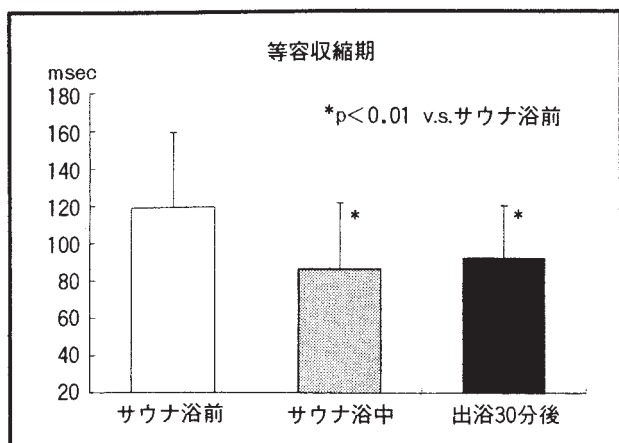


図3 サウナ浴前・中・後の等容収縮期の変化

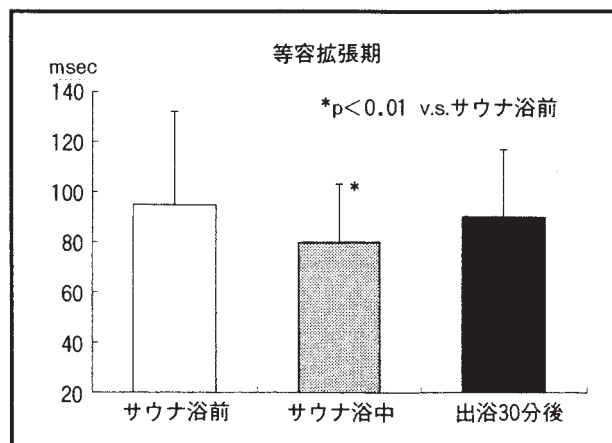


図4 サウナ浴前・中・後の等容拡張期の変化

図5 拡張型心筋症(60歳, 女性)のサウナ前・後の超音波ドプラー心エコー図の変化

左図: サウナ入浴前, 右図: サウナ浴15分後, 上段: 僧帽弁流入血流速度, 下段: 左室流出血流速度

サウナ前のDoppler indexは著しく高値で重症心不全が示される。しかしサウナ浴後にindexは劇的に低下し, 著明な心機能改善が示唆される。等容収縮期(ICT), 等容拡張期(IRT)もサウナ後に著明な改善を示す。また心拍数(HR)の軽度増加にかかわらず, 左室駆出時間(ET)および左室流入時間(FT)はサウナ後に有意な増加を示し, 一回拍出量, 心拍出量の増加を示唆する。

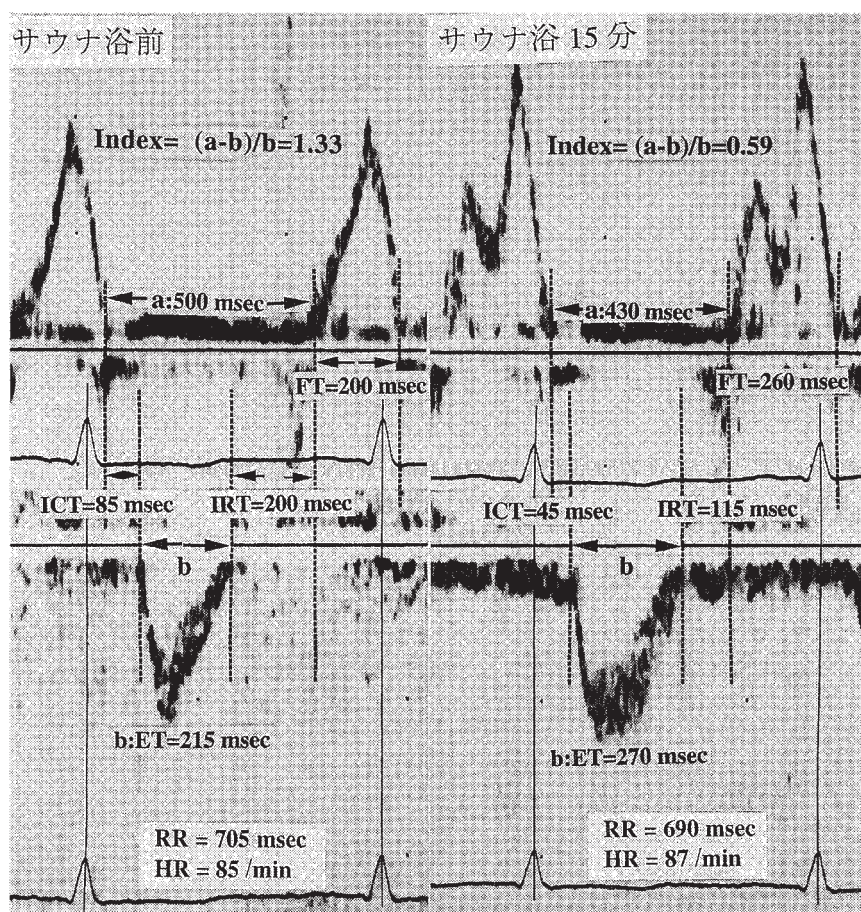


図5はNYHA IV度の症例のサウナ前後のドプラー心エコー図で(左図はサウナ浴前, 右図はサウナ浴15分後), 僧帽弁流入血流および大動脈駆出血流の著明な変化を示す。すなわちサウナ浴前の僧帽弁血流速度は拡張早期波と心房収縮波が重複し三角波を呈しているが, サウナ浴後には心拍数の軽度増加にもかかわらず拡張早期波と心房収縮

波は分離し, 流入時間の延長と平均流入速度の増加が明瞭である。また大動脈駆出血流速度波形もサウナ浴後, 心拍数の軽度増加にもかかわらず, 駆出時間の有意な延長と駆出血流速度波形の面積の増大がみられ, 一回拍出量の著明な増加を示している。これらの僧帽弁流入血流および大動脈駆出血流の変化は, サウナ浴後の心機能の著しい改

善を示唆する。実際に収縮能と拡張能を連合させたドプラー指標の値は大幅に低下し(1.33→0.59), サウナ浴後の総合的心機能の著明な改善が示された。

考 察

筆者らはこれまで心カテテル法を用いた検討で, サウナ浴による心不全患者の末梢血管抵抗の著しい低下, 心拍出量の著明な増加, 肺動脈楔入圧, 肺動脈圧, 右房圧の低下¹⁻³⁾および心筋灌流および心筋乳酸摂取率の増加など, 適切なサウナ浴は慢性心不全の血行動態や代謝を改善させることを報告してきた^{1-6,12)}。また断層・Mモード心エコー図を用いた検討でも, 心不全患者の入浴後の左室駆出率が有意に増加することをすでに報告してきた³⁾。しかし重症心不全患者では機能的僧帽弁逆流を合併することが多く, 機能的僧帽弁逆流はサウナ浴後に減少するので^{2,3)}, 逆流の変化を考慮しないとサウナ後の左室駆出率は過小評価される。しかも拡張型心筋症では局所的壁運動異常を呈する例が多く, 左室駆出率の正確な測定が困難な例も少なくない。この研究では, 重症心不全患者のサウナ浴後の心機能の変化を正確に評価するために, 新しい超音波ドプラー指標を測定し, 同時に等容収縮期, 等容拡張期, 駆出時間などの心時相の変化を検討した。

心時相分析は従来, 心音図・心機図を用いて測定され, とくに systolic time interval は心機能の評価法として一世を風靡していた時代もあった。しかし心エコー図を含めた画像診断の進歩は, 心音図・心機図による systolic time interval の測定を日常診療から遠ざけ, 最近ではルチンの検査としての心時相の測定は一般にほとんどなされないのが実状である。しかし, 超音波ドプラー法の確立により心時相の測定は心音図・心機図にくらべて非常に容易となった。今回の研究で用いた新しいドプラー指標は, 僧帽弁流入血流の終了から開始までの時間(a)と, 大動脈駆出血流から駆出時間(b)を測定するだけで, 求められる簡単な指標: $(a-b)/b$ であるが, この指標のもつ意味は心機

能の面からきわめて大きい。その理由は $(a-b)$ が等容収縮期と等容拡張期の和に等しいからである。等容収縮期は能動的収縮能の時相に一致して, $\text{peak}+dP/dt$ と高い相関があり, 等容拡張期は能動的拡張能の時相に一致して, $\text{peak}-dP/dt$ や time constant T と高い相関がある。その結果, 収縮不全では等容収縮期の延長が, 拡張不全では等容拡張期の延長がみられ, 一方駆出時間は収縮不全, 拡張不全のいずれでも短縮する。したがって心不全では心機能の低下が強いほど, 等容収縮期と等容拡張期の和は延長し駆出時間は短縮する⁸⁾。ただし重症収縮不全に伴う拡張不全では, とくに重症の機能性僧帽弁逆流を合併すると, 拡張不全が高度であるにもかかわらず等容拡張期の延長は軽度すぎないことがある。たとえば僧帽弁流入血流速度波形が偽正常化を示す時などである。しかしそのような例では, 等容収縮期は著しく延長し, 駆出時間は著しく短縮するので, 等容収縮期と等容拡張期の和を駆出時間で除した値は, やはり著明な高値を示す。言い換えれば新しいドプラー指標: $(a-b)/b$ は, 心不全が強くなるほど高値を示し, 心機能の定量的評価に有用である⁸⁾。

ここでこの新しいドプラー指標について一つ付記したいことがある。それは僧帽弁逆流が存在すると, 等容収縮期や等容拡張期といった時相は厳密には存在しないので, 逆流のある例では等容収縮期と等容拡張期の和を駆出時間で除した値とはいえず, ドプラー指標は単に $(a-b)/b$ として求めた値を指す。ただ便宜上, 僧帽弁逆流が存在しても“等容収縮期”や“等容拡張期”の言葉を用いているのである。

最近, 僧帽弁や大動脈弁を通過する血流速度波形と左室圧曲線の同時記録より, ドプラー指標と圧波形との相関を beat to beat で検討し, ドプラー指標は $\text{peak}+dP/dt$, $\text{peak}-dP/dt$, time constant T のいずれとも高い相関を示すことを確認している¹¹⁾。これはドプラー指標が収縮能と拡張能を連合した総合的な指標であるため, 収縮能, 拡張能いずれの指標にも相関することを裏づけるものである。したがって温熱療法による心不全の心機

能に及ばず影響を評価するのに、このドプラー指標は簡便で非常に有用であることが示唆される。

なおこの研究では新しいドプラー指標だけでなく、等容収縮期、駆出時間、等容拡張期などのおのおのの時相もサウナ前後で比較した。その結果、重症心不全例の等容収縮期および等容拡張期は、サウナ浴により短縮・改善することが確認された。一方、左室駆出時間はサウナ前後で有意な変化がみられなかった。しかしサウナ浴後に心拍数は有意に増加しており、駆出時間は心拍数の増加で短縮することを考えあわせると、サウナ前後で駆出時間に差がみられないことは、サウナ浴が心不全の心機能を改善させ心拍出量を増加させることを示唆するものである。以上よりサウナ浴は、心不全の心機能を収縮能、拡張能、総合的心機能のいずれの面から考慮しても改善させるものと思われた。

結 語

新しいドプラー指標：[(等容収縮期+等容拡張期)/駆出時間]を用いて、サウナ浴による温熱療法は、重症心不全の心機能を総合的に改善させることを明らかにした。この結果はこれまで報告された心不全に対する温熱療法の有用性を再確認するものである。

文 献

- 1) 鄭 忠和, 堀切 豊, Park JC 他: 慢性心不全患者に対する新しい治療法: 温浴による治療法. Therapeutic Research 12: 231-238, 1991
- 2) 鄭 忠和, 堀切 豊, 朴 鍾春 他: 温水浴およびサウナ浴の慢性心不全に対する効果: 温熱性血管拡張作用による急性の血行動態の改善. J Cardiology 24: 175-183, 1994
- 3) Tei C, Horikiri Y, Park JC et al: Acute hemodynamic improvement by thermal vasodilation in congestive heart failure. Circulation 91: 2582-2590, 1995
- 4) Tei C, Tanaka N: Thermal vasodilation as a treatment of congestive heart failure: A novel approach. J Cardiology 27: 29-30, 1996
- 5) 鄭 忠和, 田中信行: QOL の向上を重視した慢性心不全の治療: 温熱性血管拡張療法による臨床的検討. 日本内科学会雑誌 84: 1475-1482, 1996
- 6) Tei C, Tanaka N: Comprehensive therapy for congestive heart failure: a novel approach incorporating thermal vasodilation. Internal Medicine 35: 67-69, 1996
- 7) Tei C: New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. J Cardiology 26: 135-136, 1995
- 8) Tei C, Ling LH, Hodge DO et al: New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function: A Study in Normals and Dilated Cardiomyopathy. J Cardiology 26: 357-366, 1995
- 9) Tei C, Dujardin KS, Hodge DO et al: Doppler index combining systolic and diastolic myocardial performance: clinical value in cardiac amyloidosis. J Am Coll Cardiol 28: 658-664, 1996
- 10) Tei C, Dujardin KS, Hodge DO et al: Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. J Am Soc Echo 9: 838-847, 1996
- 11) Tei C, Nishimura RA, Seward JB, et al: Noninvasive Doppler derived myocardial performance index: correlation with simultaneous cardiac catheterization measurements. J Am Soc Echo 10: 169-178, 1997
- 12) Dujardin KS, Tei C, Yeo TH et al: Idiopathic dilated cardiomyopathy: performance value of a Doppler index combining systolic and diastolic performance. (submitted)
- 13) Yeo TH, Dujardin KS, Tei C et al: Primary pulmonary hypertension: prognostic value of a Doppler derived index combining systolic and diastolic time intervals. (submitted)
- 14) Poulsen SH, Jensen SE, Tei C et al: Use of the Doppler index of myocardial performance for outcome stratification in postinfarction patients. (submitted)