

St. Luke's International University Repository

The Effect of Water Exercise with a Jet on the Circulation of the Frail Elderly.

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2007-12-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松井, 典子, 山本, 則子, 小西, 薫, 新橋, 良一, 周, 起煥, 熊田, 衛, 杉下, 知子 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10285/355

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



原 著

ジェット水流運動が虚弱高齢者の循環動態に及ぼす影響

松井 典子¹⁾ 山本 則子¹⁾ 小西 薫²⁾
 新橋 良一²⁾ 周 起煥³⁾ 熊田 衛⁴⁾
 杉下 知子¹⁾

要 旨

リハビリテーションの一環として行われている水中ジェット水流運動の短期効果を循環面に注目して検討した。83.5±5.5歳の虚弱高齢者11名にジェット水流運動を含む水中運動とジェット水流運動を含まない水中運動を行い、運動前後に加速度脈波計と血流計の測定を行った。末梢循環量に注目して検討を行ったところ、ジェット群と非ジェット群では、有意差は得られなかったものの、ジェット群の方が、やや循環動態が改善された。循環を支配する自律神経機能に注目してみると、運動による自律神経活動の亢進による変化が非ジェット群で有意であった。高齢者では自律神経活動の亢進がリスクとなることを考えると、ジェット水流は高齢者に対して望ましい運動であることが示唆された。

キーワーズ

虚弱高齢者, 水中運動, 自律神経活動

緒 言

現在、我が国の直面している切実な問題の一つに人口の高齢化が挙げられるが、その背景として衛生状態が改善されたこと、医療が飛躍的な進歩を遂げたこと、少子化の風潮が浸透したことなど⁴⁾がある。なかでも医療の進歩は急性疾患による死亡を減少させ、いわゆる疾病構造の転換をもたらした⁴⁾が、その一方では数の上で慢性疾患患者を増加させることとなり、その結果、障害を抱えたためにリハビリテーションを必要とする人も増加している。そのため、リハビリテーションは第三の医学としてその必要性が医学界のみならず、一般の社会においても認識されつつある。とはいえ、リハビリテーションは依然として模索の段階にあり、より大きな効果を得るためにさまざまな方法が考えられている。

このような状況の中で広く行われているリハビリテ-

ーションに、水中運動がある。水中での運動は浮力を利用するため、対象者の負担が軽減されるという利点があり、長期的な水中運動による効果は知られている^{1) 5)}ものの、水中とはいえ、能動的な運動が困難な場合もあり、その利用に限界がある。

このような水中運動に対して、現在試験的に行われている方法として、超音波流水浴（以下ジェット水流とする）がある。ジェット水流運動が依然として一般的に行われるには至っていない理由として、施設費、運営/管理等の維持費が高い、施設の確保が困難、保険点数上の問題などがあるが、なかでも臨床効果に関する科学的な研究が少ない、といった問題があることは否めない。そこで我々は、ジェット水流運動の効果の検討の第一歩として本研究を行った。本研究では、ジェット水流運動実施者の「血液めぐりが良くなった気がする」「暖かく感じられ、冷え症が軽減した」などといった主観的な感想に基づいて、虚弱高齢者に対して、ジェット水流を行うことの短期効果として血液循環の改善をその仮説とし、対象者の循環動態を観察し、さらに循環を支配する自律神経活動を検討した。

1) 東京大学大学院医学系研究科健康科学看護学専攻家族看護学分野（家族看護学）

2) ホロス老人保健施設

3) 東京大学大学院医学系研究科機能生物学（基礎生理）

4) 聖路加看護大学 教授（基礎医学）

表1 水中ジェット水流運動プロトコール

- 超音波/流水浴 レベル6 流速1.8m/sec12分間
- 水中平行棒内歩行: 50m
- Legswing: 前方キック/後方キック/サイドキック
- Stamping: 浮力4kg左右の足各12回
- Paddling: 浮力2kg左右の手各20回
- 腹筋: 12回
- 腹式呼吸: 胸式呼吸各6回
- Tapping: 肩3分, 膝3分
- Jacuzzi浴5分
- 水中正座位訓練6回

方法

1. 対象

本研究の対象はH老人保健施設入所者のうち、女性の水中ジェット水流運動実施者11名(平均年齢=83.5歳, SD=5.5)である。なお、対象者にはあらかじめ本研究について説明し、参加の同意が得られた対象者に対して行われた。本研究で使用したジェット水流運動とは水流発生装置を作動されたプール内で行う水中運動であり、本研究で使用した装置は多目的水中装置(エアロビプールジャパン社製Flow Machine)である。

2. 方法

対象者の通常行っている水中運動のプロトコールは表1の通りである。本研究では対象者に対して、同週の火曜日にはジェット水流運動を含めた通常行っている水中運動を、金曜日にはジェット水流運動を含めない水中運動を行い、ジェット群と非ジェット群を同一集団とした。加速度脈波や血流の測定の際には、値が安定するまで、10分程度の安静が必要⁸⁾なので、水中運動の前後に別室にて仰臥位で14分間安静後、表2のスケジュールに従って四肢の血流及び加速度脈波を測定した。なお血流データはプローブの接着部位により値が大きく変動するため、測定毎に測定部位が変わらないよう、体表温測定用断熱性シールを工夫し、第2回測定終了時まで接着したままとしておいた。測定に際して、フクダ電子製加速度脈波計FPT-321とアドバンス製ドップラー血流計ALF21Rを用いてタイムコンスタント0.1secで測定し、波形解析用ソフトAcqKnowledge v3.0/GENERALを用いて解析した。

3. 解析方法

(1) APG index

細動脈を中心とした血管の容積変化を、ヘモグロ

表2. 一日の測定スケジュール

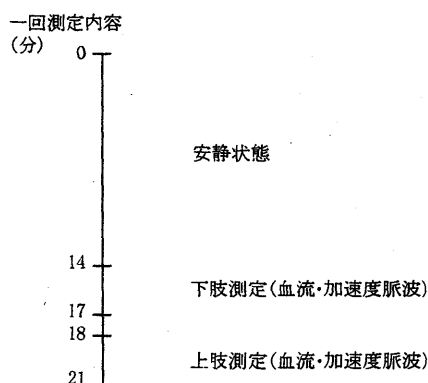
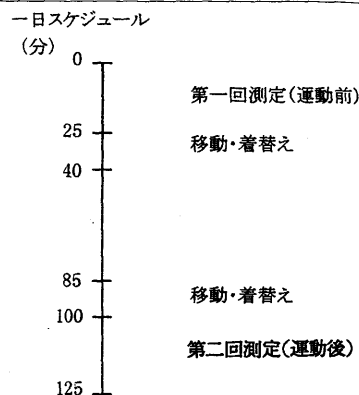


表3 運動前後におけるAPG INDEXの変化

被験者	ジェット群		非ジェット群	
	運動前	運動30分後	運動前	運動30分後
A	-0.15	-0.10	0.01	-0.14
B	-0.31	-0.45	-0.11	-0.27
C	-0.30	-0.44	-0.35	-0.48
D	-0.11	-0.17	-0.04	-0.04
E	-0.46	-0.40	-0.19	-0.25
F	-0.67	-0.50	-0.14	-0.92
G	-0.22	-0.49	-0.13	-0.22
H	-0.58	-0.42	-0.24	-0.48
I	-0.14	-0.60	-0.10	-0.56
J	-0.47	-0.15	-0.23	0.19
K	-0.18	-0.39	-0.47	-0.20
平均	-0.33	-0.37	-0.18	-0.31

ビン量の変動による吸光量変化を利用して測定したものが、指尖容積脈波 (PTG; plethysmogram) である。

これは、重要な循環系のパラメータが得られ

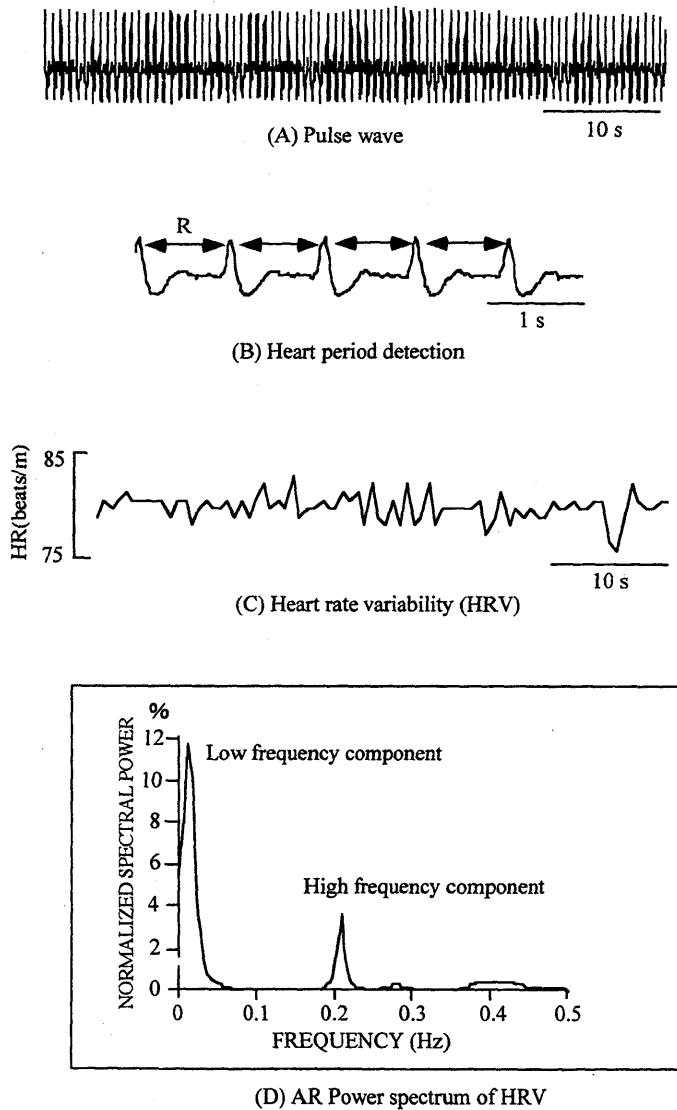


図1. 心拍変動解析. (A)加速度脈波から得られる生波形(B)RR間隔変動の検出(C)心拍変動(D)心拍変動のAR model (モデル次数=15)を心拍変動に適用して得られたスペクトル解析

る¹³⁾が、波形の分類や変曲点の認識が難しく、専門医によっても解釈が統一されていない。これに対して、変曲点の認識を容易にしようという発想から生まれたものが、指尖容積脈波の微分波 (VPG; velocity plethysmogram) であり、さらに波形パターンを明確にしたものが二次微分波である加速度脈波 (APG; acceleration plethysmogram) である¹⁰⁾。本研究では、より簡便で、しかも正確に脈波の評価が可能である加速度脈波を用いた。測定した加速度脈波から得られるAPG INDEXは循環動態の指標とされている³⁾。本研究では使用した装置がリアルタイムで自動的に5 secの波形から

測定する値に従ったが、一回の自動計測による値は信頼性が低いと考えられるため、連続して5回測定し、その平均値を用いた。なお、用いた測定部位は上肢の原則として利き手であり、利き手が患側の場合には健側とした。

(2) 血流量

循環動態を観察するには、一定期間中に組織に流れる血液量を比較することがもっとも妥当な解析と考えられる。従来用いられていた組織血流測定法はXeや水素を用いたクリアランス法が主なものであった。この方法は組織中に注入した物質の血液による拡散速度から血流量を求めるものであるが、時間的

表4. ジェット群における運動前後の血流量の変化

測定部位		RH	RH	RH		RH	RH	LH	RH	RH	LH	LH	
被験者		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動前		15.02	74.85	75.10	-	78.78	78.19	54.72	133.92	67.77	44.55	74.56	69.75
運動後		75.77	97.64	87.83	-	75.35	78.59	81.85	79.08	81.09	29.71	118.65	80.56
変化量		RH	RH	RH		RH	RH	LH	RH	RH	LH	LH	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動後-運動前		60.75	22.79	12.72	-	-3.42	0.40	27.12	-54.84	13.31	-14.85	44.09	10.81

測定部位		RF	RF	RF	RF	RF	RF	LF	RF	RF	LF	LF	
被験者		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動前		39.34	40.70	12.37	44.28	12.65	18.56	22.74	26.99	27.27	24.97	60.82	30.06
運動後		28.65	47.87	16.61	20.96	2.58	33.62	32.37	31.01	35.81	41.76	54.65	31.44
変化量		RF	RF	RF	RF	RF	RF	LF	RF	RF	LF	LF	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動後-運動前		-10.69	7.17	4.24	-23.33	-10.07	15.06	9.63	4.02	8.54	16.79	-6.16	1.38

測定部位 RF ; 右下肢 RH ; 右上肢
LF ; 左下肢 LH ; 左上肢

表5. 非ジェット群における運動前後の血流量の変化

測定部位		RH	RH	RH	RH	RH	RH	LH	RH	RH	LH	LH	
被験者		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動前		-	32.10	47.56	98.92	103.87	30.97	137.38	95.79	71.93	22.77	97.21	73.85
運動後		-	74.97	115.47	102.89	85.20	55.74	93.34	101.71	88.76	11.30	99.96	82.93
変化量		RH	RH	RH	RH	RH	RH	LH	RH	RH	LH	LH	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動後-運動前		-	42.87	67.91	3.98	-18.68	24.77	-44.04	5.92	16.83	-11.47	2.75	9.08

測定部位		RF	RF	RF	RF	RF	RF	LF	RF	RF	LF	LF	
被験者		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動前		24.86	15.47	-	19.61	27.73	5.83	20.12	31.94	23.34	10.23	37.32	21.65
運動後		30.69	81.19	-	15.02	16.92	20.34	37.28	60.57	27.69	16.89	43.01	34.96
変化量		RF	RF	RF	RF	RF	RF	LF	RF	RF	LF	LF	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
運動後-運動前		5.83	65.71	-	-4.59	-10.81	14.52	17.16	28.63	4.35	6.65	5.69	13.31

測定部位 RF ; 右下肢 RH ; 右上肢
LF ; 左下肢 LH ; 左上肢

な連続測定が不可能で、また組織にガスを注入することで微小循環動態を変化させてしまう可能性がある⁶⁾。これに比べ、近年開発されたレーザー組織血流計は、①無侵襲測定、②実時間連続測定、③低流量(流速)測定が可能で取り扱いが楽であるなどの利点を有する。そこで本研究では、レーザー組織血流計を用いて血流量を測定した。具体的には、移動している血液にレーザー光を照射すれば、その速度に応じてドップラーシフトを受け、周波数が変化

する。ドップラーシフトを受けた光の変調分は血液の速度(VELOCITY)に相当し、その光の強度は移動している血液の量(MASS)に相当する。これらのパラメータの積で組織血液量(FLOW)が求められる。血流には、さまざまな周期性があることを考えれば、可能な限り長い時間の血流量を比較すると良いとされている。本研究は3分間の測定を行っているが、実際に分析可能な最大計測時間は150secであり、また測定開始時点よりも終了時のほ

うがより値が安定していると予想されるので、測定終了時間からさかのぼり150secを分析対象時間とし、比較した。

(3) 心拍変動解析

心拍は呼吸、血圧などのような心循環器系の要素の生理学的な変化に対して恒常性を維持するために経時的な揺らぎを持っているが、この揺らぎは一般に心拍変動と称される。このような心拍の揺らぎは自律神経系（交感神経と副交感神経）が洞房結節に及ぼす影響を反映しているといわれており、病的または生理的な状態下における心循環系の制御への自律神経系の役割を解明するために研究されてきた。最近、心拍に対する自律神経系の調節はかなり周期性を持つということから心拍変動の分析法としてパワースペクトル解析が幅広く用いられている。

心拍変動に関する情報を得るためには、まず記録した加速度脈波（図1A）のピーク値を検出して、時系列R-R間隔データ {R_i} を形成する（図1B）。ここで得られた {R_i} から心拍（HR=60/R_i）を求めるとR-R間隔データの持つ揺らぎが心拍変動として現われる²⁾（図1C）。しかし、このデータは心臓の拍動とともに生じ、等間隔の時系列データではないので、既存の時系列分析やパワースペクトル解析などのデジタル信号処理アルゴリズムを直接適用することはできない⁹⁾。したがって、心拍変動の定量的な分析を行うためには、既存の信号処理アルゴリズムを適用できる新しい形態の等間隔の時系列信号に変換する必要がある。本研究では、得られた時系列データのスペクトル解析法として自己回帰モデルに基づいたアルゴリズム（AR model）を自己回帰モデル次数15で適用し、スペクトル解析を行った。得られた結果には、低周波数成分（LF, Low frequency component, 0.04~0.15Hz）と高周波数成分（HF, High frequency component, 0.15~0.45Hz）と呼ばれる周波数の異なる成分が含まれ、これらの成分はスペクトル上で別々のピークとして観察される（図1D）。ここで得られたピークはそれぞれ交感神経活動、副交感神経活動を示し、その活動を表現する方法としてスペクトルpowerの積分値を用いる。具体的には0.04~0.15Hzで交感神経活動を、0.15~0.50Hzで副交感神経活動を評価し、それぞれLFP（Low frequency power）、HFP（High frequency power）と呼ばれている。

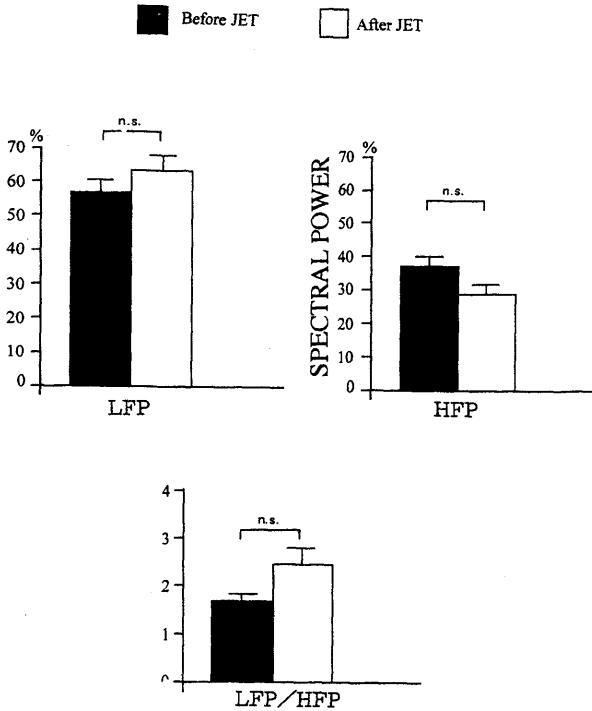


図2. ジェット群におけるLFP, LFP, LFP/HFPの比較

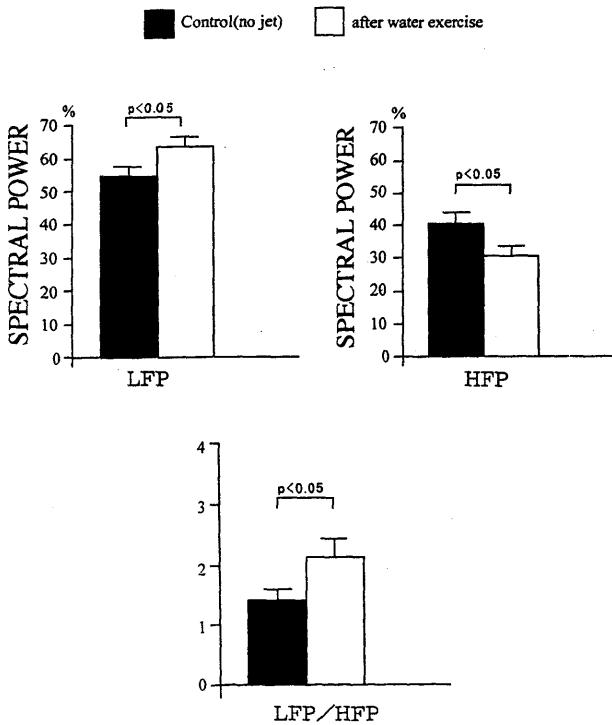


図3. 非ジェット群におけるLFP, LFP, LFP/HFPの比較

結果

(1) APG index

APG indexの運動前後の変化を表3を示す。ジェット群では、運動前後のAPG indexの平均値に統計的に有意な差は認められなかったものの、運動直後の上昇する傾向が見られ、若干循環動態が良くなる傾向を示唆した。非ジェット群でも、同様の結果が見られた。

(2) 血流量

150secあたりの血流量の運動前後の変化は表4および表5に示すとおりである。血流量とは150secあたりに組織100gに流れた血液量を指し、運動前後の差を血流変化量として表現した。なお一部測定不可能な値があったため、一部の値に欠損値が生じた。ここでも統計的に有意差はみられなかったが、ジェット群の方が、非ジェット群と比較して、循環の改善が維持されている傾向がみられた。

(3) 心拍変動解析

11名の心拍計測の結果、著しい不整脈の者2名は解析が出来ないため除外、超高齢者(95歳)は、変動の動きが残り対象者と著しく異なったため分析から除外し、残る8名を解析の対象とした。加速度脈波から得られる心拍振動を、自己回帰モデルに基づいたアルゴリズムを用いて周波数解析を行い、検討した結果を図2、図3に示す。交感神経活動をあらわすLFPは、ジェット群では運動前後では有意な差は見られなかった(図2)。一方、非ジェット群では、運動直後に有意に上昇した(図3)。LFP/HFP比も交感神経活動の指標であるが、同様な変化が見られた(図2、図3)。副交感神経活動の指標であるHFPは、ジェット群で運動直後の低下($37.27 \pm 8.70\% \rightarrow 28.79 \pm 7.17\%$)には有意差が見られなかった(図2)。一方、非ジェット群では、運動直後の低下($40.66 \pm 8.81\% \rightarrow 30.70 \pm 5.40\%$)に有意差が見られた(図3)。

考察

(1) APG index

循環動態の指標として用いられるこの指標は、加速度脈波が測定が簡便なため、今後医療の現場での実用化が期待される^{11) 12)}が、今回この指標を用いた限りでは、連続して5回測定した値にかなりばらつきが見られた。実際、加速度脈波に限らず、生体内のあらゆるリズム(波)は環境の変化を受けやすく、測定に大いに注意を要している。現段階で医療

の現場で用いられている心電図や脳波の検査を考えれば、加速度脈波にも同様の注意が必要なことは明らかだろう。今回の測定では、5secの波形からAPG indexを求めているが、照明や環境音等を整えることのできる場合を除いて、現場での使用は現段階では適当とは言い難い。

今後測定方法や測定機器の改善が期待されるが、今回はジェット水流の効果の検討にはAPG indexは用いないこととした。

(2) 血流量

血流については、血流計が血流量を反映しているか諸説があるが、少なくとも血流の変化は見る事ができると考え、本研究で血流の絶対量の変化を見た。すでに述べたような血流測定の工夫によって、プローブの位置を固定するかわりにプローブと皮膚の位置関係にばらつきが生じ、プローブの皮膚に対する接着程度に差が生じたことが考えられる。したがってたとえ位置を変えない工夫をしたとしてもプローブが同じ条件で皮膚に接着していたとは考えにくく、血流の積分値である150secあたりの血流量が妥当に評価できるものか疑問の余地が残るところである。

(3) R-R間隔データ解析

ジェット水流運動を行うと自律神経活動は運動前と比較して運動後に有意差は生じなかった。一方、ジェット水流を行わない水中運動では、運動後に運動の影響が顕著に行われ、自律神経活動が活発になる結果が今回得られたが、これは老人にとっては望ましい状態とは言い難い。従来、水中運動は浮力の小さい点から推奨されてきたが、本研究で見限りは、高齢者にとって交感神経活動が活発になり、副交感神経活動は低下する現象が見られ、老人のリハビリテーションとしての妥当性に、今後の検討を要することを示唆している。逆にジェット水流運動で運動後に起こる自律神経活動の変化は、運動による当然の傾向であるものの有意な上昇は見られなかった。運動前と比較しても、有意差は出なかったが、改善される傾向が見られた。高齢者では交感神経活動が活発で、副交感神経活動が抑制される傾向にある⁷⁾中でこのような変化は望ましいといえよう。この観点から本研究の結果を考察すると、ジェット水流を含む水中運動が、含まない水中運動よりも望ましいことが示唆されたと考えられる。

結論と今後の研究課題

ジェット水流運動の効果を測定するために加速度脈波

計とレーザー血流計を用いて循環動態の解明を試みた結果は下記のようにまとめられる。

- (1) 加速度脈波は計測が簡便であるために今後臨床の場面で積極的に取り入れようとする動きがあるが、実際には測定に際して安静を10分程度保たなければならぬこと、測定結果は環境的要因に作用される部分が大きくまた得られた値にばらつきが見られること、などを考えると、臨床の場面で使用するならば、心電図や脳波のようにかなり環境の整ったところで、一定時間の波形から判断しなければならないと思われる。
- (2) レーザー血流計は非侵襲的に皮膚血流を計測できるが、実際には測定部位やプローブの接着程度に値が大きく依存する以上、連続的計測は可能だが、血流量の断続的な比較の検討には用いることは不適當であるかもしれない。
- (3) 心拍変動の周波数解析は今回試みた指標のうちでは最も妥当であると思われた。今後もあらゆる看護場面で有効な指標として用いられることが期待される。
- (4) ジェット水流運動の効果を自律神経機能という観点から見ると、運動直後の一過性の反応が抑制されるという点でジェット水流を用いない水中運動よりも望ましい運動であること示唆している。
- (5) 本研究では、水中ジェット水流運動の効果を検証することがその目的であったが、研究期間の都合や施設側の事情によって、短期効果を検証することしかできなかった。本来ならリハビリテーションとしての運動の効果を検証するためには、長期的な効果が検討されてゆく必要があろう。本研究が、ジェット水流運動の今後の研究につながることを期待する。

謝 辞

本研究にあたり測定にご協力頂いたH老人保健施設入所者の皆様方に心より御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 赤嶺卓哉, 田口信教, 酒勾崇: 腰痛に対する水中運

- 動の及ぼす影響 - 背筋水中動作筋電図観察を含めて-, 日整会誌 (J. Jpn. Orthop. Assoc.) 67(2)(3), 1993
- 2) 早野順一郎: 心拍のゆらぎと自律神経 セラピューティックリサーチ, 17(1)165-235, 1996
 - 3) 伊藤綾子, 竹宮敏子, 山口晴子他: 自律神経失調症に関する研究- 自覚症状, 指先容積脈波, および加速度脈波による診断の検討-, 東女医大誌, 59(6), 620-627, 1988
 - 4) 三浦文夫編 図解 高齢者白書, 32-123, 全国社会福祉協議会, 1996
 - 5) 皆吉正博, 石黒久雄, 上田浩之他: 長期的な水中運動が整形外科患者のADL 得点に及ぼす影響について, 南大阪医学, 41(1), 1993
 - 6) 難波進, 久保宇市, 豊田浩一他: 先端レーザーテクノロジー, レーザー学会, 日経技術図書株式会社
 - 7) 小澤利男: 高齢者循環機能調節と自律神経, 呼吸と循環, 40(8), 1992
 - 8) 佐野祐司, 片岡幸雄, 生山匡他: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, 61(3), 129-143, 1985
 - 9) 申健洙, 南谷晴之, 周起煥他: 心拍変動パワースペクトル分析のための等間隔心拍変動信号を求める方法に関する研究, 信学技報
 - 10) 高沢謙二, 伊吹山千晴: 加速度脈波, 現代医療, 20, 948-955, 1988
 - 11) 高沢謙二, 伊吹山千晴: 加速度脈波の有用性, 臨床検査, 33(7), 858-862, 1989
 - 12) 高沢謙二: 循環系モニターとしての加速度脈波の有用性, ICUとCCU, 17(4), 347-355, 1993
 - 13) 吉村正治: 脈波判読の実際 5版, 中外医学社, 東京, 22-100, 1979

本研究は杉下, 山本に対する平成9年度文部省科学研究費補助金萌芽的研究「障害・虚弱高齢者の運動機能改善法としての水中療法の試みとその評価」により行われた。また, 本論文の要旨は第50回日本自律神経学会総会(1997年11月, 横浜)にて報告した。

The Effect of Water Exercise with a Jet on the Circulation of the Frail Elderly

Noriko Matsui¹⁾, Noriko Yamamoto¹⁾, Kaoru Konishi, Ryoichi Shinbashi,
Kihwan JU²⁾, Mamoru Kumada³⁾, Chieko Sugishita¹⁾

Abstract

We investigated how the circulation of the frail elderly is influenced by water exercise with a jet. Blood flow and acceleration plethysmogram were recorded for 11 frail elderly subjects (83.5 ± 5.5 years old) before and after water exercise with a jet (jet group) and without a jet (no jet group). In order to evaluate the autonomic nervous activity for each subject during water exercise, autoregressive power spectrum was processed for R-R interval variability obtained from the plethysmogram and the following specific frequency components were estimated: the low frequency band (LF: 0.01–0.15 Hz), high frequency band (HF: 0.15–0.50 Hz), and the ratio of two frequencies (LF/HF) as an index of the autonomic nervous activity. We compared APG index, blood flow and the autonomic nervous activity of the jet group to the no jet group. APG index and blood flow were not changed significantly ($p < 0.05$) by the jet. On the other hand in the no jet group after water exercise, each component decreased significantly ($p < 0.05$), but in jet group water exercise did not change the autonomic nervous activity.

Our results suggest that water exercise with a jet can provide a significant benefit for the frail elderly who need to increase their weakened vagal tone.

Key words:

frail elderly, water exercise, autonomic nerve activity

1) Department of Family Nursing, Faculty of Medicine, The University of Tokyo

2) Department of Physiology, Faculty of Medicine, The University of Tokyo

3) St. Luke's college of Nursing