

表1 脈波指数が50以上と50未満の被験者間での血圧、体脂肪率、血中コレステロールの差

	50未満	50以上
収縮期血圧 (mmHg)	115±3	128±8*
拡張期血圧 (mmHg)	70±3	77±5*
体脂肪率 (%)	19.5±2.4	26.2±5.5*
血中総コレステロール濃度 (mg/dl)	184±9	211±18*
動脈硬化指数	2.6±0.3	3.5±0.8*

*は両群間に有意差があることを示す。

D. 考察

＜中枢循環機能の評価＞

極めて簡便でかつ無侵襲な超音波エコー法を用いて測定された拡張末期の左心室容積と大動脈横断面積の値から、最高酸素摂取量の個人差の約60%が予測できることが実験1の結果から明らかとなった。また、体重当たりの最高酸素摂取量の個人差も約50%が予測できることも統計学的に明らかとなった。これらの知見は安静時における超音波診断装置を用いた左心室および大動脈形態の観察によって、最大運動負荷テストによって得られる最高酸素摂取量の値をかなりの精度で予測することが可能であることを示唆している。重回帰分析による標準回帰誤差の値から、体重当たりの最高酸素摂取量で一般に評価される全身持久力を、超音波エコー法を用いた本法によって約4-5段階に評価できると考えられる。

＜末梢循環機能の評価＞

脈波の周波数成分においても振幅成分においても、指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形がよく類似しているとの実験2の結果は、速度脈波がその人の末梢動脈の血流速度プロフィールを良く反映しており、脈波から得られる情報が末梢循環を評価する生理的な指標として妥当である可能性を示唆している。しかし、脈波波形を用いて末梢血流状態を評価する指標を作成する際には、脈波波形のどの部分が生理的に何を意味し、何を反映しているのかを明らかにする必要がある。脈波計では血流計のように血流速度や血流量が定量できるわけではないので、脈波の波形を分析するしか方法はないようである。

実験3で、末梢血管のコンダクタンスを減少させると出力波形の頂上付近に見られた波打ちが消滅した。このシミュレーションの結果を生体に置き換えてみると、出力波形頂上付近の波打ちは心臓の大動脈弁が閉じた後にも動脈系の弾性反動によって末梢に送られる血流を表しており、動脈系の弾性が高い場合には動脈系の弾性反動が末梢で観察されやすいが、動脈の弾性が低下し動脈硬化のような状態になると弾性反動が見られなくなるということを示唆している。さらに末梢血管のコンダクタンスを減少させると、波の最初の頂上に到達するまでの時間が延長した。これを生体に置き換えてみると、血管弾性が低下すると血管が血液の圧力によって膨張するのに時間がかかるということを示唆している。したがって、末梢循環血流の弾性反動と血管の膨張にかかる時間を調べることにより、動脈の弾性を知ることが可能であると推測される。循環機能に優れ、血管系の柔軟性も高いと推測される22才の長距離走者の脈波は末梢血管のコンダクタンスが大きい状態での出力波形と類似しており、比較的動脈硬化が進行していると推測される48才の非鍛練者の波形はコンダクタンスを減少させたときの出力波形に比較的類似していた。

加速度脈波の各波高から算出される佐野らの加速度脈波係数の変動度は本研究で考案された脈波指数よりも大きかった。

本研究で考案した脈波指数の臨床的応用への可能性では、脈波指数を50未満の群と50以上の群に大別した場合、血圧、体脂肪率、総コレステロール値、動脈硬化指数の各項目で有意な差が認められた。従来、指尖容積脈波と加齢、血圧、

総コレステロール値、血流速度等の動脈硬化に関連する各種項目との関係が指摘されているが、加速度脈波でも類似した項目での研究成果は、多数の報告が行なわれている。本研究で得られた一連の成果は、これらの先行研究を総合した知見とほぼ合致している。これらの結果から、本研究で考案された脈波指数の妥当性は概ね検証されたと推察でき、これらを臨床的応用に資することの可能性が示唆された。

図6に示したように、先行研究同様、年齢と脈波指数との間に有意な相関が観察された。さらに、脈波指数の偏差は加齢と共に拡大していった。この結果は、血管弾性や末梢循環状態の個人差が、高齢者ほど大きいことを示唆している。図6中の回帰直線よりも下方に位置する人は、比較的、血管弾性が大きくかつ末梢循環状態が良好であるのに対して、上方に位置する人は血管弾性に乏しく末梢循環が悪いと考えられる。加齢と共に脈波指数の偏差が大きくなる原因に関しては、本研究からは完全に明らかにすることは出来ないが、遺伝的要因に加えて長年の生活習慣の違いがこれに影響を及ぼしているものと推測される。実験3において長距離走者と非鍛練者の脈波波形の比較をおこなったが、18歳から39歳までの長距離走者の脈波には大きな差異が見られなかった。彼らは同じチームで同様の練習を行っている生活習慣の類似した集団であるので、脈波に個人差が見られなかったものと考えられる。すなわち、加齢に伴う脈波の変化が、持久的トレーニングの継続によって抑制されたのではないだろうか。

<測定の簡便性と妥当性>

超音波エコー法による胸部超音波診断には約10分必要である。被験者は仰臥位による安静を保つだけでよく、無侵襲である。最高酸素摂取量の測定には最大運動負荷試験を行うため、フロトコールにもよるがおよそ20~30分の時間を要する。また、最大強度での運動を遂行させることが障害児者に対して極めて困難である。これらを総合すると、胸部超音

波エコー法による左心室および大動脈形態の観察が、障害児者への中枢循環機能に及ぼす運動プログラムの効果を評価する方法として有用であると考えられる。ただし、前述した通り相応の推定誤差が生じ得ることは考慮しておく必要がある。

末梢循環機能の指標として、脈波波形の解析から得られた脈波指数を考案した。この測定は座位あるいは仰臥位安静で、光電式血管容積脈波プローブに指を入れるだけで、約1-2分で測定を完了することが可能である。動脈硬化の指標は一般的に血液中の中性脂肪やコレステロール濃度が用いられている。しかし当然これらの測定には採血を伴うため、年に1-2度の測定であればさほど被験者の負担にはならないが、運動プログラムの効果を評価する方法として、頻繁に測定するのは困難である。したがって、血液分析による末梢動脈の状態の把握に加えて、本法による脈波指数の頻繁な測定により、より正確な末梢循環機能の観察が可能となる考えられる。

<今後の展望>

本研究で用いた2つの方法により、心臓や大血管といった中枢循環機能および末梢動脈といった末梢循環機能を簡便に評価することがおおむね可能と考えられる。しかし、心臓や血管といった循環系はそれらの働きを自律神経系に支配されているため、自律神経系の評価が循環系の機能を評価する上で重要である。自律神経系の活動を評価するための無侵襲な方法として心拍変動スペクトル解析法が、侵襲的な方法としてマイクロニューログラフィ（微細神経電極法）が考案されている。我々は、これらのうちの心拍変動スペクトル解析法で測定した自律神経系活動と全身持久力の指標である最高酸素摂取量との関係あるいは安静時心拍数との関係についても検討中である。現在では60名あまりの被験者を用いてこれらの関係を検討中であるが、心臓自律神経系の副交感神経系活動と最高酸素摂取量との間には有意な正の相関が、副交感神経系活動と、安静時心拍数との間には有意な負の相関が観察され、全身持久力

が高く安静時の心拍数の低い人ほど、心臓副交感神経系活動が高いことが示唆されている。したがって、心拍変動スペクトル解析法が身体活動に伴う循環機能調節系の適応を評価する無侵襲で簡便な方法として活用できる可能性が考えられる。今後自律神経系活動を評価する方法に関して、いくつかの実験を追加誌、検討を深めたいと考えている。

本報告で紹介したいくつかの方法を有効に組み合わせて用いることで、循環器系の”総合的な”機能を評価することが可能になると推測される。その組み合わせについても今後検討すべき課題であると考えられる。

さらに、これらの方法を障害児者に適応するための配慮としてどのような点に留意が必要かも検討を重ねたい。現在、岡山県玉野市内の福祉施設と共同して、この点について検討を続けている。

E. 結論

本研究の結果から、運動負荷を要しない無侵襲な方法で中枢循環機能および末梢循環機能ともにある程度評価することが可能であることが示唆された。今後はさらにいくつかの評価方法について検討し、簡便な障害児者の呼吸循環機能評価法の開発を進めたい。

F. 研究発表

1. 論文発表

1) 宮地元彦、運動中の血液循環と酸素供給：末梢調節の意義、*体育の科学*、49:159-162, 1999

2) 斉藤剛、矢野博巳、宮地元彦、持久的トレーニングが発育期ラットのヒラメ筋中筋線維-毛細血管関門厚に及ぼす影響、*体力科学*、48:161-170, 1999

3) 宮地元彦、家光素行、超音波ドップラー法により定量した持久的競技者の上行大動脈の形態と血流動態、*体力科学*、48:301-314, 1999

4) 宮地元彦、奥津光晴、中原英博、斉藤剛、8週間の持久的トレーニングが人の下大静脈横断面積に及ぼす影響、*体力科学*、48:91-97, 1999

5) M. Miyachi, K. Katayama, Effects of

maximal endurance training on arterial oxygen desaturation and ventilation during heavy exercise, *Japanese Journal of Physiology*, 49:401-407, 1999

2. 学会発表

1) 高橋康輝、宮地元彦他、最高酸素摂取量と超音波エコー法で測定した心臓血管形態との関係、*体力科学*、48:879, 1999

2) 中原英博、宮地元彦他、幼児と成人の心臓血管系の形態および機能の差異、*体力科学*、48:879, 1999

3) 山本健太、宮地元彦他、持久的トレーニングによる安静時徐脈に心臓自律神経系活動の変化が寄与する割合、*体力科学*、48:885, 1999

G. 知的所有権の取得状況

なし