

岡山スポーツ医科学研究会
平成7年度講演抄録集

平成8年10月26日

岡山スポーツ医科学研究会

平成7年度研究会の記録

第13回 岡山スポーツ医科学研究会

期日：平成7年10月7日(土)午後4時30分より

場所：岡山大学医学部図書館3階講堂

I 一般発表

1) 一過性の運動が肝循環及び肝機能に及ぼす影響

岡山大学医学部公衆衛生 矢野里佐

2) 運動強度と腎機能

岡山大学教育学部 鈴木久雄

3) スウェーデンにおける腎不全患者の運動療法

—ルーベンストムスカ病院の実践—

岡山大学医学部第三内科 大田祥子

II 招待講演

慢性疾患と運動

奈良県健康づくりセンター 石川兵衛 先生

第14回 岡山スポーツ医科学研究会

期日：平成8年3月9日(土)午後4時30分より

場所：岡山大学医学部図書館3階講堂

I 講演

1) 女子長距離選手のシンスプリントについて

岡山大学医学部整形外科 矢形幸久

2) 日本人の換気性閾値—健康づくりの運動処方指標として—

岡山大学教育学部 三浦孝仁

II 会長あいさつ

岡山大学医学部第3内科教授 太田善介 先生

III 総会

運動が肝血流および肝機能検査値に及ぼす影響

岡山大学医学部公衆衛生学教室 矢野里佐 武田和久
川崎医療福祉大学医療技術学部健康体育学科 矢野博己

[目的]

運動が肝機能に及ぼす影響については、マスター二段階法、トレッドミル法、エルゴメーター法、歩行などを利用して報告されているが、報告によって運動負荷量に差があり同一基準での評価は困難である。運動が肝機能障害を及ぼすと考えられてきた背景として、運動時の活動筋への血液供給の増大が、肝臓への血流量を著しく低下させることが挙げられてきた。低強度の運動では肝機能検査に特に問題もなく慢性の肝疾患患者にも負荷しうろという積極論が近年報告されている。このような運動積極論においては運動強度や時間が明確なものではなく、多くが臨床例での経験が根拠となっている。これらのことから、運動が肝に及ぼす影響を明らかにすることで、QOLの向上としての運動に対する期待や肝機能の維持や向上に対する予防医学的認識が高まると思われる。ごく最近では、超音波ドップラー法を用いて体表面から容易、かつ直接的に血流動態をとらえる技術が開発され、超音波ドップラー計を用いた門脈血流量の定量が可能となった。また、動物を用いて門脈管へ直接電磁血流計を埋め込み、門脈血流量の測定を行う技術が報告されている。本研究では、これらの方法によって人およびラットを用いて強度のことなる運動がどのように肝血流を変化させ、肝機能検査成績に影響するのかということを検討した。

第一実験

[方法] 被験者は健康な男子大学生5名であった。自転車エルゴメーターによって決定した最大酸素摂取量の測定を基に、30%、60%、80% VO₂max強度を決定し、自転車エルゴメーターを用いた座位運動を負荷した。運動は、12時間

以上の絶食後、早朝空腹時より実施し、安静状態の肝門脈血流量を測定後、各運動強度における肝門脈血流量を10分間の運動中、及び、運動終了後回復相15分間経時的に測定した。門脈血流量の測定にはアロカ社製2次元超音波血流映像装置(超音波ドップラー血流計SSD-870型およびSSD-2000型)を使用した。プローベにはコンベックス型プローベを使用し、心窩部から上腹部矢状操作によりBモードで門脈本幹中央部を長軸に写した。ドップラービームの入射角度は血管走行に対して測定誤差の少ない60度以下とし、門脈血流速度をドップラーズペクトルより求め、同時に血管断面の楕円の短軸の直径より血管断面積を算出した。

[結果および考察] 図1に運動時の各運動強度における門脈血流量について示した。安静時の門脈血流量は603 ml・min⁻¹、運動中の門脈血流量は、30%、60%、80% VO₂max強度の運動で安静時との有意な差を認め、門脈血流量は運動強度の増加にともなって顕著に低下した。

図2に各運動強度における運動中及び回復期の血流動態の結果を示した。運動中は運動強度に伴った門脈血流減少が認められたが、門脈血流量の回復は高強度運動において著しく遅延した。運動後の回復期15分ではどの強度の運動でも心拍数は安静値の範囲に回復したにもかかわらず80% VO₂max強度の運動では門脈血流量の継続的な低下を認めた。

第二実験

[方法]

体重380-430gのS-D系雄性ラットを用い、ラットを麻酔下で可及的無菌的に開腹し、胃十二指腸静脈結合部の上流の門脈本幹に電磁血流計のセン

サー（スカラー社Electromagnetic blood flow and velocity meter MDL 1401, センサー径 1.6-1.7mm）を装着し、半恒久的電磁血流計埋入ラットを作成した。電磁血流計の流量を同時記録し、実験は、術後4日以上経過後、実験動物の摂食量、排泄量、体重ともに安定した時点で行った。実験は、1日1試技とし午前9時30分より行い、実験動物は運動3時間前から絶食とした。運動はトレッドミルによる走運動を行い、運動中の門脈血流量及び酸素摂取量を経時的に測定した。運動は、それぞれ5, 10, 15, 20, 25m/min（15%傾斜）の5試技を20分間行った。

一方、門脈血流量の著明に減少した高強度運動による肝実質細胞及び、肝類洞内皮細胞への影響の有無を検討するため従来の肝機能検査に加え、肝実質細胞の障害を示すとされている血中逸脱酵素グアナーゼと、肝類洞内皮細胞の障害を示すとされているヒアルロン酸の分析を行い血流動態との比較検討を行った。

[結果と考察]

1) 電磁血流計による門脈血流量の測定

電磁血流計センサー装着後の門脈血流量の変化について、電磁血流計の埋め込み直後は門脈血流量は 22 ± 6 ml/minであったが術後3日目には 28 ± 5 ml/minと増加し、体重は術後2日目より増加傾向を示した。

図3に各運動強度における門脈血流動態を示した。運動時の門脈血流量は安静時と比較して、20及び25m/minの速度で有意に減少し、さらに25m/minでは運動後15分を経過しても門脈血流量は回復を認めなかった。さらに25m/minの走運動後、3匹に関して1時間経過後の門脈血流量を測定した結果、運動前値への回復は認めなかった。運動後の酸素摂取量は回復期10分でほぼ安静時レベルに回復している(表1)ことから、運動による骨格筋への血流増大が門脈血流量を決定しているとも言い切れず高強度運動時に起こる門脈血流量の減少の機構について明らかではない。

一方、走速度と酸素摂取量との間の直線関係を確認した上で、試技中の体重あたりの酸素摂取量と門脈血流量の前値に対する変化量を図4に示した。その結果、運動強度の増加に対してPVFが急峻に低下する点が見られた。すなわち低強度では門脈血流量の減少は比較的緩徐であったが、酸素摂取量が60ml/min/kgを越え約80%VO₂maxにあたる高強度運動になると門脈血流量の著しい減少を認めた。

2) 肝機能検査成績

血清GOT, GPT活性はともに高強度運動群が対照群に比して有意に上昇した(図5)。血清GOT, GPT活性が急性の運動後に一時的に認められることがいくつか報告されているが、これらの血中逸脱酵素は病的障害以外にも運動負荷によって筋肉組織から逸脱し血中に遊出する可能性が示唆されているが、図6に示したCPKの有意な上昇からGOT, GPTが筋組織より遊出している可能性は否定できない。そこで筋には存在せず肝に特異性の高い血清guanase活性を測定した結果、高強度運動後に有意な上昇を認め、肝実質細胞に何らかの障害が生じていることが示唆された(図7)。また、肝類洞内皮細胞への影響を検討するために血清HY濃度を測定した結果、門脈域の血清HY濃度と肝下大静脈で得られた血清HY濃度の差は運動直後に減少していることから肝でのHY分解能が低下していると示唆された(図8)。

[結論]

人及び動物実験によって、肝に及ぼす運動の影響を検討した結果、肝血流の80%を占める門脈血流量は、運動時には運動強度に伴って減少することが確認された。門脈血流量が著明に減少する高強度運動では肝実質細胞及び肝類洞細胞の障害が起こりうる可能性が示唆された。また、高強度運動での著しい血流量の減少は、回復も非常に悪いことから、活動筋への血流配分の増大以外の他の要因によって肝への血流が抑制される可能性があることが示唆された。

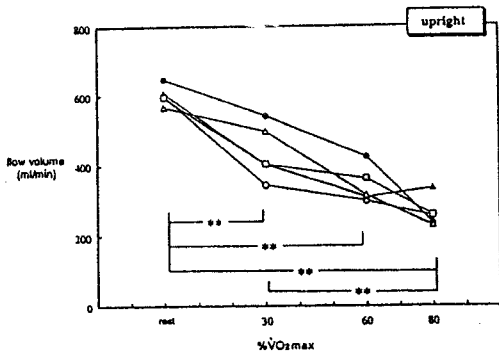


図1 運動時の各運動強度における門脈血流量

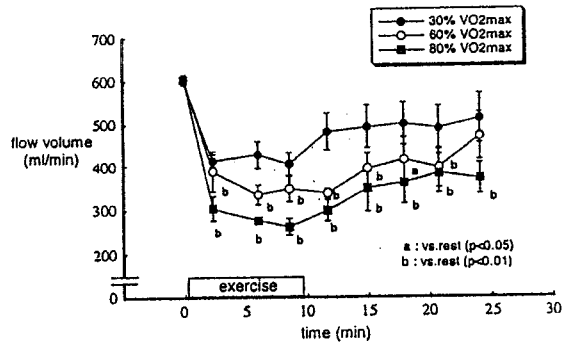


図2 各運動強度における運動中及び回復期の血流動態

TABLE I. $\dot{V}O_2$ responses during and 15 min after exercise of different intensities

	basal	5m/min	10m/min	15m/min	20m/min	25m/min
$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) exercise	6.4 ± 2.0	$12.6 \pm 0.4^*$	$23.0 \pm 0.9^{**}$	$37.0 \pm 3.3^{**}$	$53.4 \pm 5.0^{**}$	$69.8 \pm 1.3^{**}$
$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) recovery		6.3 ± 0.3	5.9 ± 0.4	7.1 ± 0.4	6.8 ± 0.2	7.0 ± 0.16

*P < 0.05, **P < 0.01 vs. basal value.

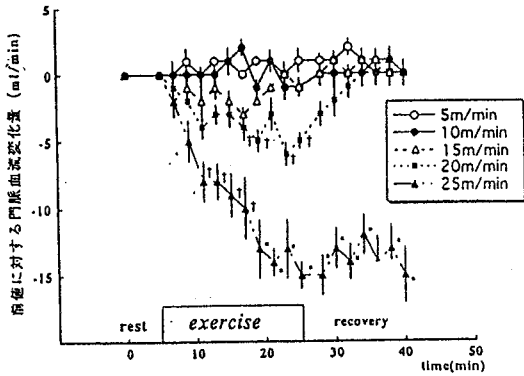


図3 運動負荷による門脈血流量の経時的変化。
n=4~5, †p<0.05, *p<0.01; 安静時との有意差

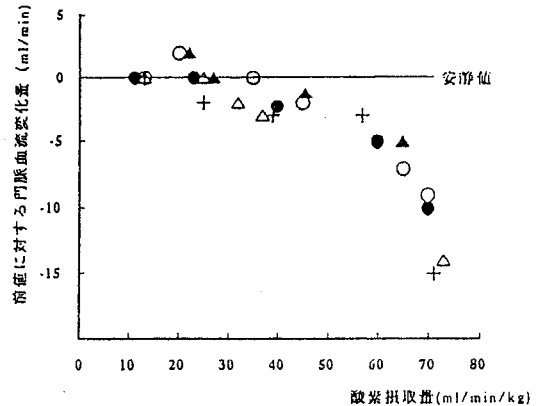


図4 運動による酸素摂取量の増加と運動前値に対する門脈血流の変化量の関係; ○, ●, △, ▲, 及び+ はそれぞれ対応する同一ラットを示す。

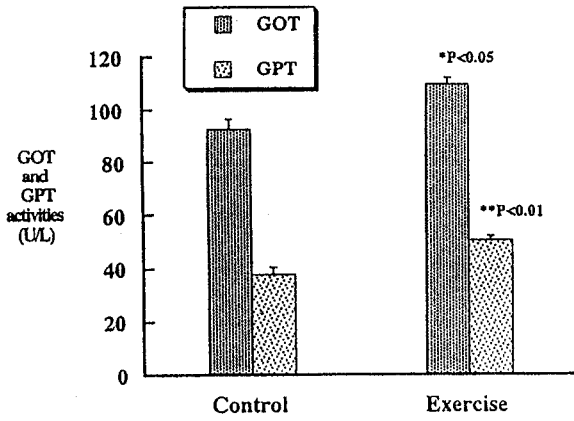


図5 血清GOT、血清GPT活性に及ぼす高強度運動の影響

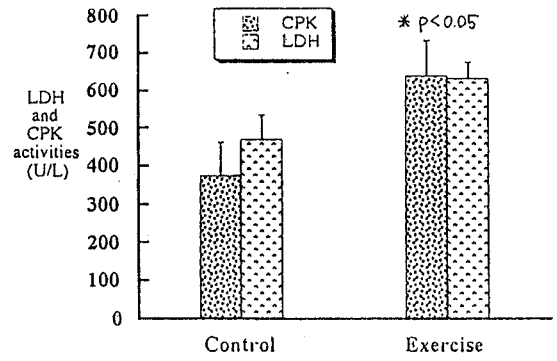


図6 血清LDH、血清CPK活性に及ぼす高強度運動の影響

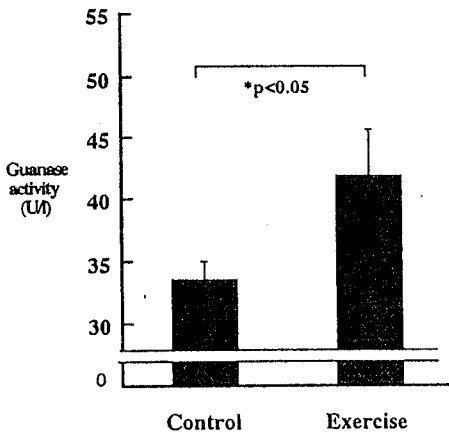


図7 血清グアナナーゼ活性に及ぼす高強度運動の影響

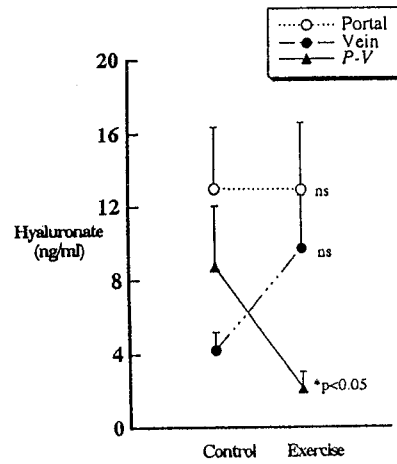


図8 血清ヒアルロン酸濃度に及ぼす高強度運動の影響

運動強度と腎機能

岡山大学教育学部保健体育 鈴木久雄

岡山大学教育学部養護教育 高橋香代

岡山大学医学部第三内科 太田善介

緒言

運動負荷時の心拍出量は、運動強度に比例して直線的に増加し、その増加した血流量のほとんどが活動筋へ再配分される。腎血漿流量は運動強度の増加に伴い、直線的に減少すると報告され、糸球体濾過値は高強度での減少は認められるものの一定した見解はない。これまでの報告の多くは、被検者の体力差を補正しないままで絶対運動強度を指標に用いたり、高い運動強度に限定している。また、相対的運動強度を用いた研究では腎機能の測定に精度の高い点滴静注法を用いた研究は稀である。

そこで本研究は最大運動負荷テストを実施し、相対的運動強度の指標である最大酸素摂取量と換気性閾値を測定した。さらに負荷する運動強度を安静を含めた低い強度から15分間持続可能な最高強度までの最大限の範囲とし、点滴静注法による腎血漿流量と糸球体濾過値を求め、運動強度と腎機能の変動についてホルモンの影響も加えて検討した。

方法

被検者は健常成人男子3名で、体格、体力ともほぼ同程度である。

最大酸素摂取量、換気性閾値を算出するため、自転車エルゴメーターを用いたランプ負荷法にて最大運動負荷テストを行った。呼気ガスはセンサーメディクス社製MMC4400tcを用いて、一呼吸ごとに分析した。

運動負荷時の腎機能の変化を検討するために、15分間一定仕事量における運動負荷テストを実施した。各種測定値は運動負荷前の安静期間と運動期間を比較した。運動強度の指標は、最大酸素摂取量の相対値($\%V_{O_2max}$)と換気性閾値の相対値($\%VT$)にした。腎血漿流量の指標はパラアミノ馬尿酸クリアランス、糸球体濾過値の指標をイヌリンクリアランスとし、いずれも点滴静注法にて測定した。ホルモンは血漿ノルエピネフリン濃度、血漿エピネフリン濃度、血漿レニン活性濃度を各期間ごとに測定した。

腎機能と運動強度の関連については、赤池の情報量基準にあてはめ最適回帰式を求め、その他重回帰分析、共分散分析を行った。

結果

被検者3名の最大酸素摂取量は 46.6 ± 1.8 (mean \pm SD) ml/min/kg、換気性閾値は 21.9 ± 1.1 ml/min/kgであった。

腎機能と運動強度の関連については、運動強度が $6\%V_{O_2max}$ から $86\%V_{O_2max}$ の範囲で検討し、腎血漿流量、糸球体濾過値と $\%V_{O_2max}$ の間には1次から4次回帰式まですべてに有意な相関を認めた。これらの回帰式から赤池の情報量基準より求めた最適回帰式は、腎血漿流量と $\%V_{O_2max}$ の関連が3次回帰式、糸球体濾過値とは2次回帰式であった。また、腎血漿流量、糸球体濾過値と $\%VT$ の関連も同様であった。

上記の回帰式より、腎血漿流量、糸球体濾過値が安静範囲より有意に減少する運動強度を算出すると、腎血漿流量は $35\%V_{O_2max}$ 、糸球体濾過値は $49\%V_{O_2max}$ であった。また、

濾過率は49% $\dot{V}O_2$ maxより増加した。その値を%VTで算出すると、腎血漿流量は75%VT、糸球体濾過値は105%VT、濾過率は106%VTであった。

運動負荷時の腎血漿流量、糸球体濾過値の変動に対する各種ホルモンの影響をみるため、重回帰分析を行った。その結果、腎血漿流量に対する血漿ノルエピネフリン、血漿エピネフリン、血漿レニン活性の寄与率は87%、糸球体濾過値においては81%であった。個別の寄与率については腎血漿流量に対して血漿ノルエピネフリンが最も高く、次で血漿レニン活性であった。糸球体濾過値には血漿ノルエピネフリンのみ寄与していた。

腎血漿流量と糸球体濾過値それぞれと上記のホルモンの関連は、いずれも負の相関（1次回帰式）を認めた。また、各ホルモンと腎血漿流量の回帰式と糸球体濾過値との回帰式は、共分散分析により回帰式間に有意の差を認め、運動負荷時の腎血漿流量と糸球体濾過値の変動は異なる反応であることが示された。

考察

今回の運動強度と腎機能を詳細に検討するため、運動強度には相対的運動強度を用い、可能な限り広範囲の運動強度とし、腎機能の測定には点滴静注法を用いて腎血漿流量、糸球体濾過値の測定精度を高めた。

腎血漿流量と運動強度の関連について回帰モデルを作成すると、これまでの研究と同様に1次回帰式に近似したが、赤池の情報量基準を用いることにより最適回帰モデルは逆S字型の3次回帰式であることが証明できた。このことは低い運動強度では腎血漿流量が減少しない範囲があり、さらに高い強度になってはじめて減少することを示すといえる。血流の再配分量以上に心拍出量が増加する低い運動強度では、腎血漿流量が減少せず、さらに運動強度が増加し高強度になってくると、活動筋への再配分量が増し腎血漿流量が減少すると考えられる。

腎血漿流量の変動の機序については、片腎神経切除による実験から腎交感神経が決定的な役割を果たし、ノルエピネフリンが直接作用していると報告されている。本研究においても、運動負荷時の腎血漿流量の変動に対しホルモンの影響を重回帰分析を用いて検討したところ、ノルエピネフリンが最も寄与しており、ノルエピネフリンが腎血漿流量の変動をもたらすと考えられた。もちろん今回測定したノルエピネフリンは前腕の静脈血を用いており、腎局所の交感神経活動を直ちに代弁しているとはいえない。しかしながら運動負荷時に限っていえば、循環血漿中ノルエピネフリンは腎静脈血とほぼ同様の变化を示し、腎交感神経活動を反映するといわれていることから、循環血漿中ノルエピネフリンの変動は腎交感神経活動を反映しているものと考えられる。

糸球体濾過値は運動強度の増加に伴い山型の2次回帰式に近似し、有酸素運動の範囲では減少しないことが示された。濾過率も同様に有酸素運動の範囲では増加しなかった。また、腎血漿流量と糸球体濾過値の変動には、いずれもノルエピネフリンの影響を強く受けているが、減少を開始する運動強度には13% $\dot{V}O_2$ maxも差があり、糸球体濾過値がより高い運動強度から減少を始める。これはホルモンを加えた共分散分析においても有意な差が認められている。運動強度の増加に対する腎血漿流量と糸球体濾過値の反応が異なることに関して、運動時の腎血漿流量は直接的に運動強度の影響を受けて変動するが、糸球体濾過値は腎の輸入細動脈に比べ輸出細動脈がより強く収縮することで、ある程度保たれると考えられる。

これまで運動すれば直ちに腎機能が減少するといわれたのは、高い運動強度での測定結果からの憶測によると思われる。これらの結果は、腎障害をもつ患者に対して運動を制限する根拠となってきた。運動は腎障害の発症急性期には増悪因子となると考えられるが、慢性期においてはむしろ運動した方がよい可能性がある。今回の健常者における運動時の腎機能の変化は、少なくとも有酸素運動の範囲では糸球体濾過値の減少は起こらず、濾過率も増加しなかった。軽い運動強度では腎機能が変動しないことは、今後腎障害者の運動処方を考える上で重要な視点と考える。

結論

本研究は、相対的運動強度が腎機能に与える影響について、統計学的解析を用いて検討した。

- 1) 運動強度の増加に伴う腎機能の変動は、赤池の情報量基準によって腎血漿流量は3次回帰式、糸球体濾過値については2次回帰式が最適モデルと認められた。
- 2) 腎血漿流量、糸球体濾過値、濾過率が安静範囲より変動する運動強度は、順に35、49、49% $\dot{V}O_{2max}$ であった。運動強度を%VTとすると、順に75、105、106%VTであり、糸球体濾過値および濾過率は有酸素運動の範囲では変動しないことが示唆された。
- 3) 重回帰分析より、腎血漿流量と糸球体濾過値の変動に対する血漿ノルエピネフリン、血漿エピネフリン、血漿レニン活性の寄与率は、順に87%、81%であり、腎機能へは血漿ノルエピネフリンが最も影響を与えることが示唆された。
- 4) 腎血漿流量、糸球体濾過値と血漿ノルエピネフリン、血漿エピネフリン、血漿レニン活性はいずれも負の相関(1次回帰式)を認めた。また、各ホルモンと腎血漿流量の回帰式と糸球体濾過値の回帰式は、共分散分析により回帰式間に有意な差を認め、運動負荷時の腎血漿流量と糸球体濾過値は異なる反応であることが示された。

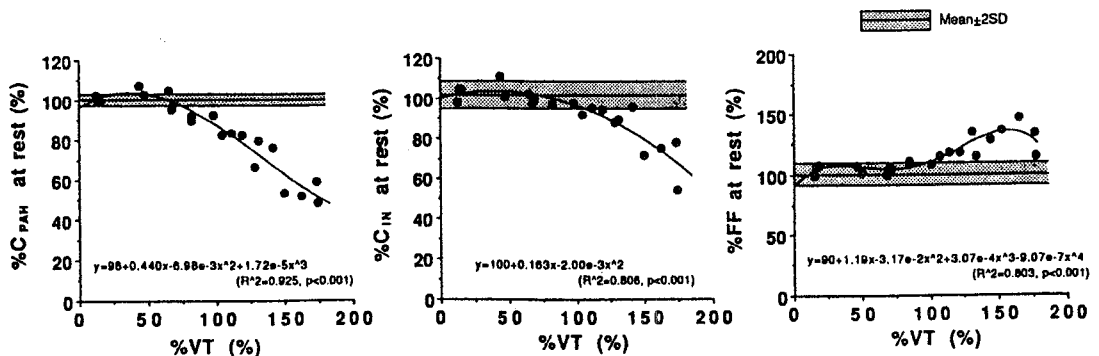


図1. AICを用いて決定した運動強度(%VT)と腎機能の回帰モデル

スウェーデンにおける腎不全患者の運動療法
—ルーベンストロムスカ病院の実践—

岡山大学第3内科 大田祥子

1995年8月私は、スウェーデンに行く機会があり、ルーベンストロムスカ病院の透析患者に対する運動療法を見学できたので報告する。

私たちは、昨年もこの会で発表したように、1991年から慢性透析患者に運動療法を行い、その効果について検討してきた。そのために文献を検索したところ、スウェーデンのストックホルムにあるカロリンスカ研究所から発表された論文に、慢性腎不全に対する運動療法の効果を発表したものがあった。発表者は、Drクライネで、現在彼女はスウェーデンのストックホルム郊外のルーベンストロムスカ病院で透析患者の運動療法を行っていることがわかり、見学を申し込んだのである。

ルーベンストロムスカ病院の透析病棟には、透析ベッドが8ベッドあり、非常に余裕のあるつくりとなっていた。病棟内には観葉植物や、水槽もあり、患者が気持ちよく透析を受けられるように配慮しており、無機質な私たちの透析施設とはかなり違う印象を持った。また最も違うと感じたのは、患者のプライバシーが守られ、一人一人が大切にされているところである。例えば、透析ベッドの種類がいくつかそろえてあり、希望によって透析を座って受けることができる。また、個室の利用も、私たちの病院では重症患者に限られるが、ここでは患者の希望にあわせて利用されていた。

運動療法の実際は、透析前の軽いストレッチ、透析中のサイクリング、非透析日のトレーニングマシンによる運動の中から患者が好みのものを選ぶことになっていた。特徴的なのは、透析中のサイクリングで、これはベッドに取り付けられたペダルを透析中に200回程度踏む運動である。ペダルに全く負荷がかかっておらず、高齢者でも可能である。ペダルを踏む間は、運動療法士がそばにいて会話もはずむせいか、高齢患者にとって楽しみになっているようであった。運動の効果についてはこの病院で運動療法を始めてから間もないため、検討中とのことであった。しかし、楽しく運動を続けることで、患者の意欲が増し、より元気に日常生活を送り、気持ちよく透析を受けることができるようになったとのことで、方法は違うものの私たちの運動療法と共通する考えであった。

運動療法そのものだけでなく、患者個人に対する接し方の面ですいぶん学ぶことが多かった。ストックホルムの整然とした美しい町並みもあわせて、心に残る見学となった。

陸上選手、特に中、長距離ランナーやバレーボール、バスケットボールなど、ジャンプの頻度の多いスポーツ選手に多くみられる、シンスプリントと呼ばれる障害について、その原因と予防法、治療について述べる。

シンスプリントは下腿に生じる、比較的頻度の高いoveruse syndromeの一つで、運動中や運動後に下腿の中下1/3の脛骨内側部に生じる慢性的な疼痛や圧痛を特徴とする症候群と定義される。病態はヒラメ筋や長指屈筋の過用によって、筋の脛骨への付着部にストレスがかかるために生じる骨膜炎と考えられる。

シンスプリントの発生を助長する因子として、内在因子、環境因子、活動因子の3つがあげられる。内在因子としては、筋・腱の柔軟性の低下や扁平足、踵部の内反や外反、下腿の内反、足関節の不安定性など、下腿及び足部の骨・関節のアライメントの不全や機能以上が挙げられる。環境因子として、ランニングする場所の地面の性状が強く関係している。また、不的確な靴の選択も重要な要因である。活動因子として、質的、あるいは量的に誤ったスポーツ活動は、重大な危険因子である。実際にシンスプリントが生じたときは、まず練習量を制限する。さらに練習前のストレッチングと、練習後のicingを徹底する。消炎鎮痛剤の内服あるいは外用も行うが、ドーピングの問題もあり、使用には十分な注意を要する。シンスプリントは慢性的になり、治療に難渋することがあり、この様なときには足底板を靴に入れることで症状が軽快する例をよく経験する。このため適応を拡大した使用を検討している。以上のような治療で、効果が芳しくない症例や、試合を間近に控えている場合には、副腎皮質ステロイド剤の局所注入を行う。Arthro-Kinematic Approachは一種の徒手的な関節受動術で、関節可動域を改善したり、痛みを軽減したりするもので、即時的な効果があり、大変好評を得ており、スポーツ外来を受診した患者の多くにこれを行っている。

シンスプリントは様々な要因が重なって生じる障害ではあるが、大切なのは治療よりむしろ予防である。その際に、我々が最も重要な原因と考えるのは、やはりoveruse、過用であり、計画性を持ったトレーニングを心がける習慣を持つこと、足底板を継続的に使用する事が最も有効なのではないかと考えている。

日本人の換気性閾値

—健康づくりの運動処方指標として—

○三浦孝仁（岡山大学第3内科研究生）、鈴木久雄（岡山大学教育学部）
高橋香代（岡山大学教育学部）、太田善介（岡山大学第3内科）

【はじめに】

『成人病』の予防策としては、有酸素運動が有効であるとされている。従来有酸素運動の強度の指標としては、最大酸素摂取量が用いられてき。しかし、一般人の健康づくりの運動処方に用いるには直接法は最大努力を課すためリスクが高く、被健者の意欲に左右され正確な値が得られにくい。また、間接法では誤差が大きいといった欠点が指摘されている。

一方、換気性閾値は、最大下運動で測定可能な有酸素能力の直接的指標と言われている。しかしながら、換気性閾値の測定は高価なガス分析機等を必要とし有酸素能力を評価するための一般的な基準値は報告されていない。また、運動処方に応用するための換気性閾値に関連する諸変量も報告されていない。

そこで本研究では、健康づくりのための適切な運動強度と有酸素能力の評価基準値を得るために、換気性閾値を測定し、日本人健常者の性・年齢別平均値を求めることとした。さらに、換気性閾値が有酸素能力を表わすことは知られているが、日常生活の活動量を反映しているかどうかということについての報告はなされていない。そこで、換気性閾値と日常生活活動量との関連をあわせて検討することとした。

【研究方法】

被検者は、男性が20歳から86歳までの一般健常者305人。女性は20歳から83歳までの305人（合計610人）である。平均年齢は男性が45.1歳で、女性が44.3歳であった。男性も女性も各年代の身長、体重はともに平均的な日本人の値であった。

換気性閾値測定のための運動負荷試験には、電気制御式の自転車エルゴメーターを用いた。運動負荷は、3分間の無負荷ペダリングの後に、直線的に負荷を増加させるランプ負荷法により行なった。自転車の回転数は、先行研究にしたがって男性が60回転、女性が50回転とした。

運動中は、心電図、心拍数を連続的に、血圧を3分毎に測定した。運動中の呼気量は、センサーメディクス社製MMC4400tcを用いて一呼吸毎に分析した。また、被検者の自覚的疲労度を知るために主観的運動強度を1分毎に計測しました。

換気性閾値の判定は、酸素摂取量の増加に対し、二酸化炭素排泄量や換気量が非直線的に増加しはじめる点、また、酸素摂取量の換気当量の上昇点、呼気

終末期酸素分圧の上昇点などから総合的に判定した。

【結果】

1) 換気性閾値測定の再現性

換気性閾値測定方法の信頼性については、平均年齢23.8歳の被検者10名について3回の測定を行なった。3回の測定値間には1%水準で有意な相関が認められた。しかし、二元配置分散分析と平均値の差の検定の結果では有意な差が認められず、変動係数は、酸素摂取量では平均3.6%、WRでは6.8%と高い信頼性を得た。

2) ランプ傾斜の影響

実験では、被検者の性、年齢、体重によって、相対負荷量が同じになるようにランプ傾斜を変えて負荷した。そこで、同一被検者に対し、ランダムに4種類のランプ傾斜による運動負荷を課し、ランプ傾斜の違いが換気性閾値に与える影響について調べた。

換気性閾値時の酸素摂取量と仕事率は、ランプ傾斜が増すにつれ大きくなる傾向を示したが、二元配置分散分析と平均値の差の検定の結果では、仕事率の40Wの傾斜のみ有意な差を認めた。これはこれまでの報告と一致し、実験で用いられた10Wから30Wまでのランプ傾斜では、換気性閾値に影響がないことが確認された。

3) 換気性閾値における酸素摂取量

換気性閾値の運動強度は酸素摂取量により代表される。図1は、一般健常者の換気性閾値における酸素摂取量についての関係結果を示している。男性と女性の換気性閾値における酸素摂取水準は加齢により低下した。

男女の換気性閾値と年齢の関係を共分散分析により回帰式の差の検定を行なった結果では、男性が有意に高いことが認められた($F = 89.50, p < 0.01$)。

4) 換気性閾値における仕事率

仕事率は、換気性閾値時点の負荷強度を表すので、脚筋力や筋量と関係すると思われる。仕事率と酸素摂取量は比例するので、酸素摂取量の場合と同様な傾向を示し、男女ともに加齢により低下した(図2)。

男女の換気性閾値の仕事率と年齢の関係を共分散分析による回帰式の差の検定の結果では、男性が有意に高い値を示した($F = 254.71, r < 0.01$)。また、体重当たりの値で表わした場合も同様に5%水準で性差が認められた。

5) 換気性閾値における心拍数

換気性閾値の心拍数は、酸素摂取量や仕事率ほどばらつきは見られないが男女ともに年齢とともに低下した(図3と4)。しかしながら、共分散分析による回帰式の差の検定の結果では、男性と女性に差は認められなかった。

6) 換気性閾値における主観的運動強度

図5は、各年代毎に主観的運動強度の平均値と標準偏差を示している。一元配置分散分析の結果では、換気性閾値における主観的運動強度には、性・年齢

差が認められず平均でRPE 尺度13、日本語の「ややきつい」程度であった。

7) 換気性閾値と日常生活活動量の関連

換気性閾値を測定した被検者のうち21才から62才までの女性60人に日常生活活動量を定量化するため、万歩計と記録用紙を配布し、1週間の活動計測をおこなった。分析にあたっては1日の平均歩数を算出し、換気性閾値との関連について検討した。

換気性閾値と1日の平均歩数には1%水準で有意な正の相関が認められ、 $Y = 11.6 + 0.00030X$ ($r = 0.347, p < 0.01$) の関係式を得た。これは、日頃よく歩く人ほど換気性閾値が高い水準にあることを示しており換気性閾値が日常生活を反映するといえる。さらに、換気性閾値は加齢の影響を受けていたので、被検者の年齢差を消去し、結果で得られた換気性閾値と年齢の関係式から、同一年齢の平均値に対する百分率を用いて表わすと、 $Y = 77.1 + 0.0023X$ ($r = 0.453, p < 0.001$) の回帰式が示され、%VTと一日の平均歩数にはより高い相関が得られた。

【考案】

本研究結果をもとに換気性閾値を指標とした健康づくりの運動処方について検討した。表1は、心拍数によるこれまでの健康づくりの指標との比較を行なったものである。

本研究結果から得られた換気性閾値の心拍数値は、体育科学センターの報告では、最大酸素摂取量の45%に、進藤・橋本や池上らの報告では40%強度の水準に相当する。厚生省保健医療局が推薦している「健康のための運動所要量」には、「健康を維持するには40%から70%の運動強度が望ましい」とされている。本研究で得られた心拍数は、これまでの範囲の最低に近い水準に相当している。これまでの報告は、推定値された最大値を基準とし、個人の体力差を考慮して幅広く設定されているが、中高年者が健康づくりのために安全に運動を始める時の強度としては、実測された換気性閾値時の心拍水準は有効であると思われる。

【まとめ】

以上のことから、換気性閾値時の酸素摂取量と仕事率には、性・年齢差が認められ、これらを指標として、換気性閾値を評価する場合には性・年齢別に行なう必要があるといえた。また、換気性閾値における心拍数には、年齢差はあるが性差は認められなかったことから、換気性閾値における心拍数は、年齢別に男女共通の指標として用いることが可能であると考えられる。さらに、換気性閾値における主観的運動強度では、性・年齢に関わらずRPE13程度であり対象者全員が使用できる指標であることが示された。換気性閾値と1日の平均歩数には有意な正の相関が認められることから、換気性閾値は日常生活の活動量を反映することが示唆された。

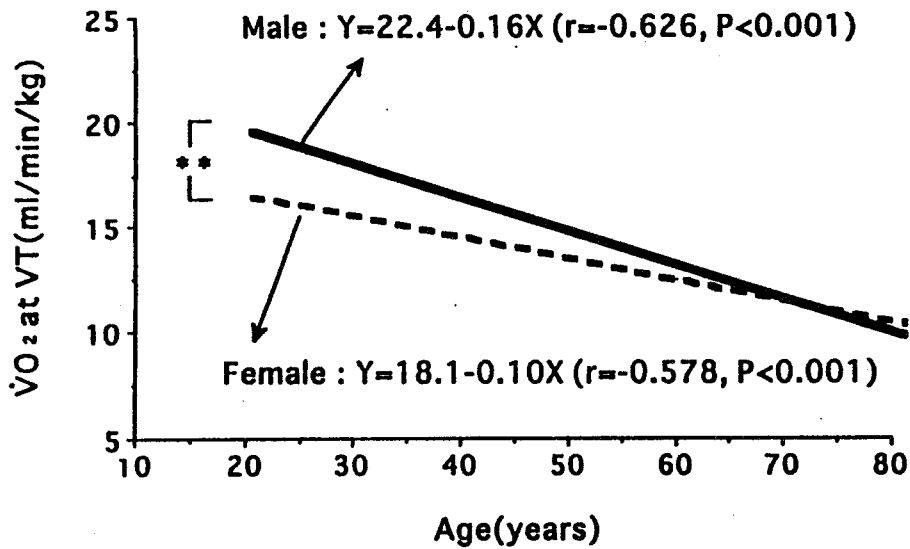


図1 換気性閾値における酸素摂取量
共分散分析 ($F=89.50$, $**p < 0.001$)

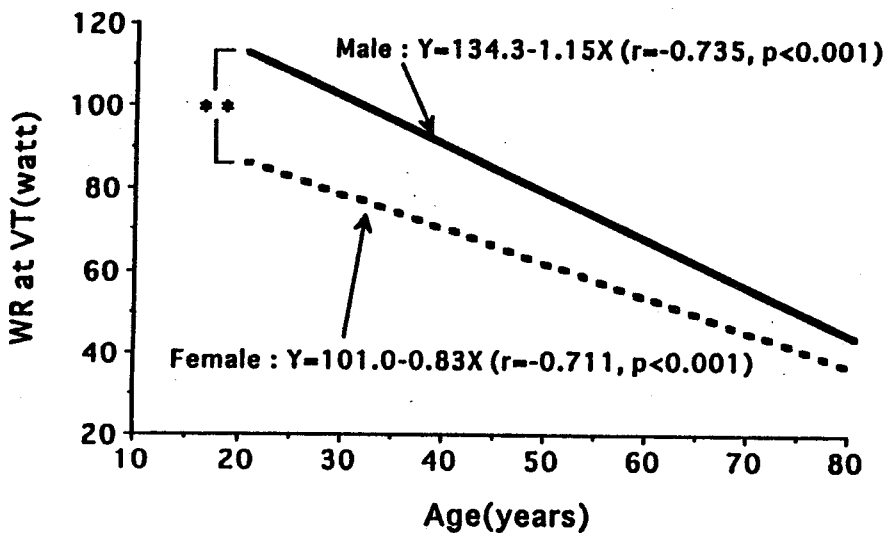


図2 換気性閾値における仕事率
共分散分析 ($F=254.71$, $**p < 0.01$)

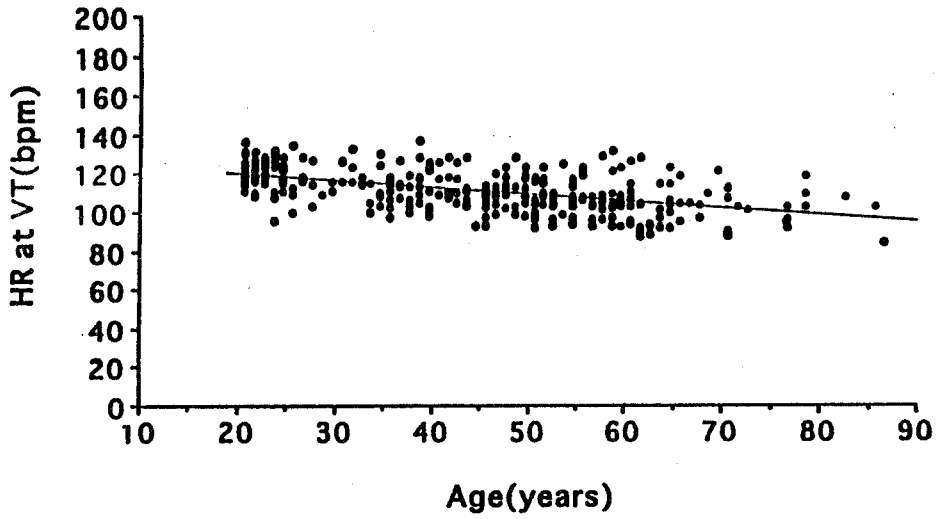


図3 換気性閾値における心拍数

男性 : $Y = 124 - 0.36 X$ ($r = -0.519, p < 0.001$)

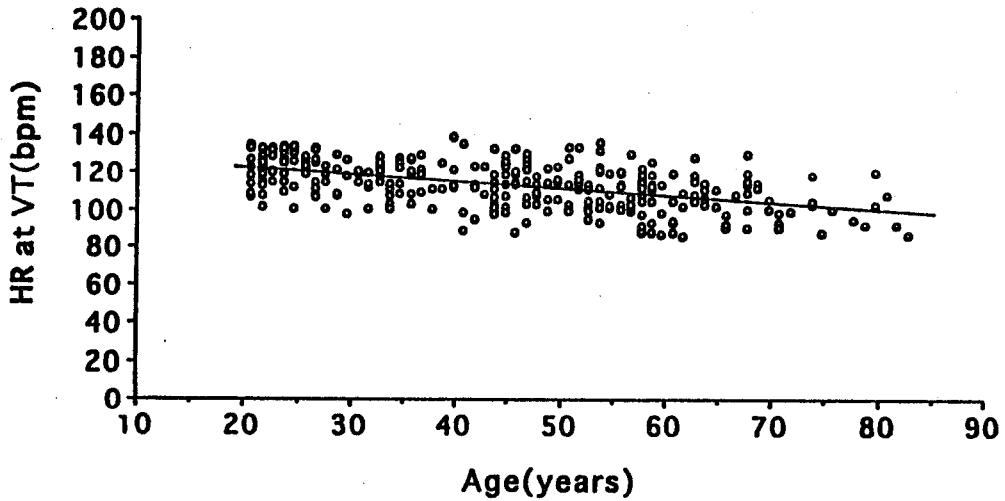


図2 換気性閾値における心拍数

女性 : $Y = 126 - 0.36 X$ ($r = -0.492, p < 0.001$)

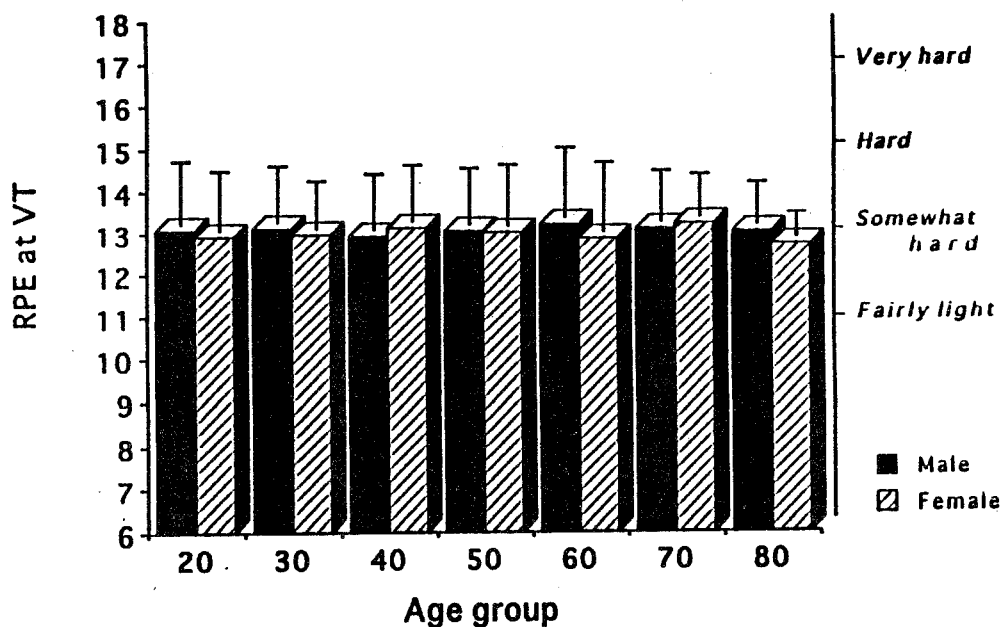


図5 換気性閾値における主観的運動強度

表1 ■■これまでの健康づくりの指標との比較■■

年齢	三浦 1996	体育科学センター 1983	進藤・橋本 1989	池上 1990
	HR at VT	40% -50% $\dot{V}O_2$ max	40% -50% $\dot{V}O_2$ max	40%-50% $\dot{V}O_2$ max
30-39	115	110-120	115-125	115-128
40-49	110	105-115	110-120	111-123
50-59	105	100-110	105-115	107-118
60-69	100	100-110	100-110	103-113

岡山スポーツ医科学研究会
平成7年度講演抄録集

発行 平成8年10月26日

発行者 岡山スポーツ医科学研究会事務局

岡山市鹿田町2丁目5の1

岡山大学医学部整形外科

TEL. 086-223-7151
