

まとめ

規則的な日常活動性の維持により虚血性心疾患の発症を抑制できる事が示されている。運動で期待されている脂質代謝改善作用でもっとも大きいものは、HDL-Cの増加作用とトリグリセライドの減少作用である。また、高脂血症は、糖尿病、高血圧、肥満、高インスリン血症とともにインスリン抵抗性を共通の基盤とする症候群として認められている。インスリン抵抗性の原因としては、運動不足は過食、加齢、遺伝的素因などと共に主要な因子と考えられている。従って、運動はインスリン抵抗性を改善し、脂質代謝のみならず高血圧、糖代謝なども同時に改善し、虚血性心疾患の予防につながものと考えられる。また、運動はストレス解消、体力の向上など利点もある。

しかし、現在のところリポ蛋白代謝異常に焦点を絞った運動療法の系統的研究はなされておらず、その意義は十分には明らかでない。運動処方としては持続的で律動的な有酸素運動が好ましい。低体力者や疾患者を対象とした健康づくりや運動療法を進めていく際には、同じ有酸素的能力を高められる運動処方であっても、安全面に加えてその効果面から、どちらかといえば強度は弱めにして時間を長く延ばして、エネルギー消費量を増やすことが望ましい。従って最大酸素摂取量の約50%または血中乳酸濃度閾値に相当する強度を目安にする。

1回の運動持続時間は身体が有酸素運動として反応するための時間を考慮すると、少なくとも10～20分以上の継続した運動であることが必要である。1日のトレーニングは30分～1時間を目標にする。1時間継続すれば200～400Kcalのエネルギー消費量になるので体脂肪の燃焼にも有効である。運動は1日に数回に分けてもよい。頻度は基本的には週に3回以上を目標とする。運動を習慣化する意味では毎日行うことが望ましいが、週に1～2日の休息日を設け、気分転換を図ることも重要である。しかし、リポ蛋白異常症患者の中には無症状の虚血性心疾患患者が含まれている可能性があるため、運動療法を始めるにあたっては事前のメディカルチェックが必要である。

I.運動療法

日常活動性の高い者ほど虚血性心血管系疾患を始めとするあらゆる疾患による死亡が少ない事が前向き長期追跡試験により示されている。この事実は体力不足により近年増加傾向にある生活習慣病が増えている事を示している。高脂血症治療の目標は動脈硬化性疾患の予防にあり、高脂血症患者を対象とした運動処方では動脈硬化性疾患の危険因子軽減を目標としてとらえる必要がある。

1.運動と血清リポ蛋白

運動により血清脂質代謝が改善する。例えば表1に示すようにマラソン選手のリポ蛋白プロフィールは、性、年齢のマッチした福岡大学の医学部学生と比べ、HDLコレステロールが20mg/dl高く、分画ではHDL₂コレステロールの増加を認めた。さらに、マラソン選手ではトリグリセライドが低く、アポA-Iが高値であった。LDLコレステロール、アポBはマラソン選手でやや低値であったが有意ではなかった。マラソン選手は最強度の有酸素パワーを持っている代表であり、この値が運動で動く脂質の最大値を示していると考えられる。

また、地方公務員約2800人の体力と血清脂質の関係を調べると、総コレステロールとトリグリセライドは体力と負の相関を認めた。また、HDLコレステロールは体力と正相関が認められた(図1)。

運動によるリポ蛋白代謝改善効果の機序は、HDLに関してはHDL₂の増加、HDL₃の低下が一般的に認められ、この変動はリポ蛋白リパーゼ

(LPL)活性の亢進によるTG rich lipoproteinの水解の亢進、および肝性リパーゼ活性低下によるHDL₂からHDL₃への転換低下がメカニズムとして考えられている。また、LCAT活性の亢進、CETPの低下の関与も考えられている。VLDLの低下に関してはLPL活性の亢進が考えられている。また、これらの運動による脂質代謝改善には、運動によるインスリン感受性の改善が考えられている。

運動不足は末梢組織におけるインスリン抵抗性、高インスリン血症、遊離脂肪酸の増加、耐糖能異常、高血圧、VLDL、トリグリセライドの増加、小型高比重LDLの増加、HDLコレステロールの減少を来し動脈硬化を促進する方向になる。したがって、運動することにより、これらの代

謝異常をある程度改善出来る事が示されている。

2.運動処方

運動処方にあたっては運動強度、量・頻度、方法を定める必要がある。運動強度の決定には被検者の体力の最大能力つまり最大酸素摂取量を推定する必要があり、また、狭心症、不整脈など潜在性の疾患の発見のためにも出来るだけ運動負荷試験を実施する必要がある。

最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) の測定に一般的に多段階運動負荷試験が用いられる。負荷の増加に伴い血中乳酸、血圧、心拍数、酸素摂取量が増えていき、最大酸素摂取量レベルの運動では、乳酸が増加し、約10分程度しか持続出来ない。低体力の者、心血管系疾患などでは、 $\dot{V}O_2\max$ の約50%の軽い有酸素運動がすすめられる。50% $\dot{V}O_2\max$ 付近で血中乳酸が増え始める強度では心拍数は110-130/分ぐらいであり、この強度は乳酸がたまず、カテコラミンの増加も血圧の上昇も比較的軽度である。従って、心血管系疾患及び高脂血症、糖尿病などの疾患を対象とした際の運動強度としては50%最大酸素摂取量の強度の有酸素運動が最適と考えられる。

有酸素運動は主に大筋群を使う、リズムカルで持続的に行われる運動である。この運動は疲労物質である乳酸がたまず、エネルギー源としては糖質と脂質が同じ割合で使われる。また効果はHDL-Cの増加、TGの減少、血圧の低下、体脂肪の減少、遅筋（赤筋）の増加がえられ最大酸素摂取量も増加する。

しかし、酸素摂取量の測定には特殊な器具、設備が必要で一般的ではないため実際の現場では簡便法が用いられている。簡便法として心拍数による方法がある。適正心拍数、つまり50% $\dot{V}O_2\max$ 程度に相当の心拍数の算出式は、 $138 - \text{年齢} / 2$ で得られる。運動中の心拍数の測定は運動を中止した直後15秒間の脈拍数をはかりそれに10を足す。10を足す意味は運動中止による心拍の低下分である。心拍数による方法の問題点は心拍数に個人間のばらつきが大きい事、気温、湿度の影響を受けること、さらに β 遮断薬など服用中の者では負荷強度が強くなりすぎる危険がある。この様な場合は主観的強度による方法を併用する。Borgのスケールを日本語に表示したものを使用する（表2）。50% $\dot{V}O_2\max$ は

1 1-1 3 ぐらいになる。

わが国で実施されている高脂血症、高血圧、虚血性心臓病、糖尿病をはじめとする生活習慣に起因する疾患の予防・治療を目的とした運動処方例を表3に示した。運動処方には運動の強度、量、種類が必要であるが、強度は、日本医師会ではカルボナーネンの50%heart rate (HR) reserveで最大酸素摂取量の50%に相当する。福井医科大学と防衛医科大学で実施されている処方例は、最大心拍数の70-80%の強度で50%最大酸素摂取量に相当する。したがってこの挙げている5つの処方はいずれも約50%VO₂maxの強度の有酸素運動ということになる。運動の量、頻度をまとめると1回20～60分で、週2～3回以上、週180分以上の範囲に入る。この運動処方では総コレステロール、トリグリセライドの低下、HDLコレステロール、HDL2コレステロールの増加が認められている。わが国に実施されている運動処方をまとめると(表4)、有酸素運動で具体的には50%最大酸素摂取量の強度、1回30～60分、週3回以上、週180分以上を目標とし、運動の種類としては大筋群を使う速歩、ジョギング、水泳などの運動を各個人の好みにあわせ単独又は組み合わせて行うべきと考えられる。

運動療法を始めるに当たってはメデイカルチェックが必要で、胸痛、不整脈の有無、心臓病の家族歴、血圧、血清脂質、胸写、心電図なかでも負荷心電図は必須である(表5)。

運動時の注意事項としては、運動療法開始および開始後も定期的な医師のチェックが必要である。それから運動前後に準備運動、クールダウンを行う事、自分のペースで運動すること、運動が過度とならないよう注意する事が必要である。

運動の意義は生活習慣病の予防および治療のみならず、ストレス解消、スタミナの向上、更年期障害改善、骨粗鬆症予防、QOL向上なども確立されている。

参考文献

1. Paffenbarger, R. S. Jr. et al. : Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Eng. J. Med.* 314 : 605-613, 1986.
2. Blair, S. N. et al. : Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study on healthy men and women. *JAMA* 262 : 2395-2401, 1989.
3. Despres, J. P. et al. : Low-intensity endurance exercise training, Plasma lipoproteins and the risk of coronary heart disease (review). *J. Int. Med.* 236 : 7-22, 1994.
4. 佐々木 淳ら : 運動療法およびライフスタイルの改善. *現代医療* 23 : 1727-1732, 1991.
5. Sasaki, J. et al. : Elevated levels of HDL2-cholesterol and apo A-I in national class Japanese male marathon runners. *Atherosclerosis* 70 : 175-177, 1988.
6. American College of Sports Medicine : *Guideline for Exercise Testing and Prescription*. 4th Ed, Lea & Febiger, Philadelphia, 1991 ; 日本体力医学会 体力科学編集委員会 : *運動処方*の指針, 南江堂, 東京, 1993.
7. 橋本勲ほか : *新エスカ21運動生理学*. 栄養学・食品学・健康教育研究会 編集, 同文書院, 東京, 1987.

表 1

男子マラソン選手の血清脂質, アポ蛋白, リ
ポ蛋白濃度 (平均±SD)

		マラソン選手	コントロール	p 値
TC	mg/dl	202±31	206±41	NS
LDL-C	mg/dl	118±27	126±34	NS
HDL-C	mg/dl	75.5±16.7	56.3±11.4	<0.01
HDL ₂ -C	mg/dl	39.9±16.7	21.9±9.5	<0.01
HDL ₃ -C	mg/dl	35.6±7.4	34.3±7.9	NS
TG	mg/dl	75±9	102±34	<0.01
VLDL-TG	mg/dl	28±13	60±33	<0.01
アポ A-I	mg/dl	193±29	145±21	<0.01
アポ A-II	mg/dl	34±4	35±6	NS
アポ B	mg/dl	74±16	83±24	NS
アポ C-II	mg/dl	2.68±1.01	3.92±1.41	<0.01
アポ C-III	mg/dl	9.91±2.68	8.91±3.10	NS
アポ E	mg/dl	3.99±0.78	4.50±1.36	NS
アポ B/A-I	ratio	0.39±0.10	0.57±0.14	<0.01

表2
ボルグ・スケール
(自覚的運動強度)

6	
7	非常に楽である
8	
9	かなり楽である
10	
11	楽である
12	
13	ややきつい
14	
15	きつい
16	
17	かなりきつい
18	
19	非常にきつい
20	

表3 運動処方例

	1	2	3	4	5
強度 :	50% HRreserve	70-80% HRmax	75% HRmax	50% VO ₂ max	50% VO ₂ max
量 :	20-60分/日 1万歩/日 2回以上/週	30-60分/日 1万歩/日 2回以上/週	20km/週 1万歩/日	30分以上/日 180分以上/週	20分以上/日 180以上/週

種類 : 歩行・ジョギング・水泳・サイクリングなど

1 : 日本医師会 2 : 福井医科大学 3 : 防衛医科大学校
4 : 福岡大学 5 : 厚生省

表4 運動療法指針

強度：最大酸素摂取量の約50%※

量：1回30分以上を毎日（または60分ずつ週3回以上）
週180分以上

種類：速歩・ジョギング・水泳・サイクリングなど

※簡易法：心拍数=138-年齢/2（拍/分）

表5 心血管系の診断を目的としたメデイカルチェック

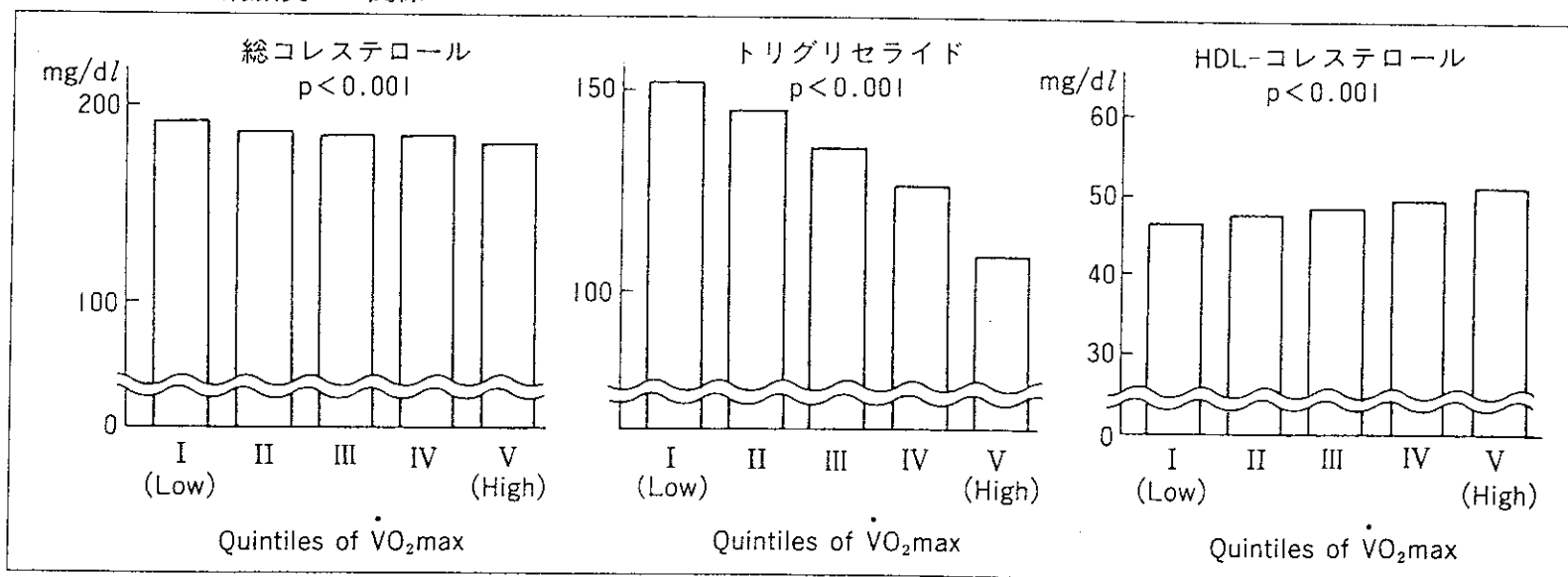
問診： ・腰痛、不整脈の有無
・運動歴、喫煙歴
・心臓病の家族歴

診察： ・血圧
・不整脈
・過剰心音、心雑音
・肥満度

検査： ・血糖
・総コレステロール
・HDL コレステロール
・トリグリセライド
・胸部 X線
・負荷心電図
・心臓超音波
・運動負荷心筋シンチグラム
・頸動脈超音波検査

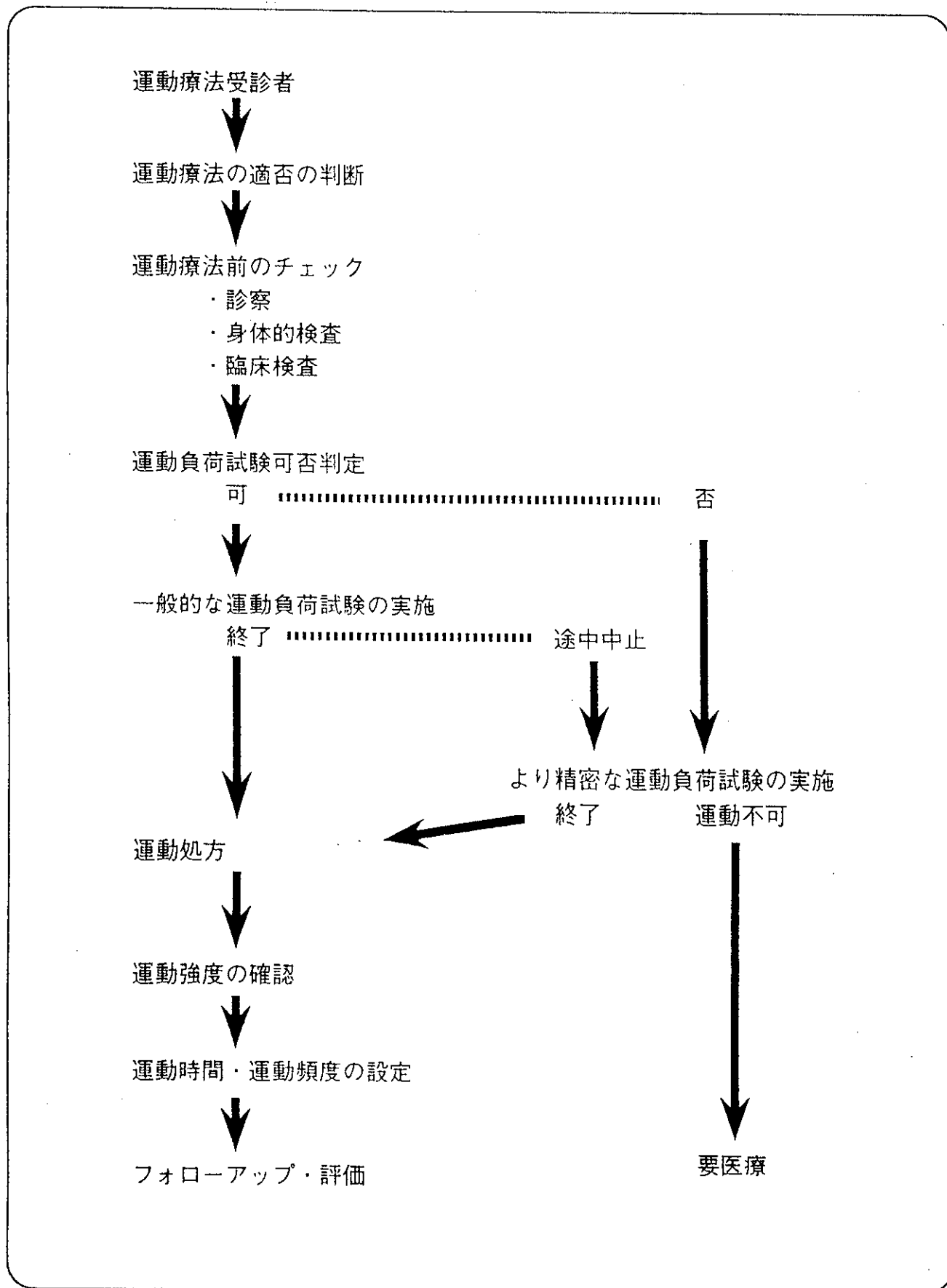
▽ |

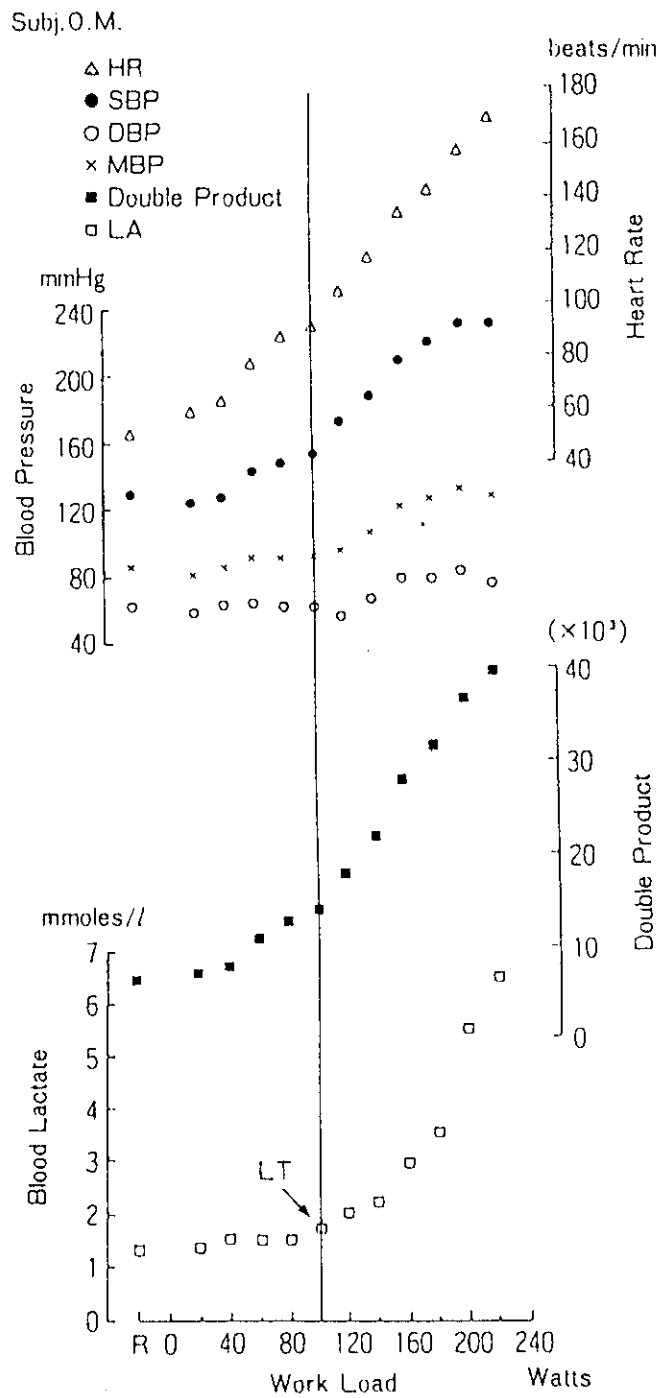
体力と血清脂質との関係



地方公務員・男性 2,891 年齢, 体脂肪率で補正.

運動療法実施のフローチャート





多段階運動負荷試験時の心拍数、血圧、二重積、血中乳酸濃度の変化の典型例
 LTは乳酸閾値強度を示す

50%強度の脈拍数の目安

年 齢	運動直後15秒間の 脈拍数 (目標)	運動中1分間の 脈拍数 (目標)
13 ~ 20歳	30	132 ~ 128
21 ~ 28歳	29	128 ~ 124
29 ~ 36歳	28	124 ~ 120
37 ~ 44歳	27	120 ~ 116
45 ~ 52歳	26	116 ~ 112
53 ~ 60歳	25	112 ~ 108
61 ~ 68歳	24	108 ~ 104
69 ~ 76歳	23	104 ~ 100
77 ~ 84歳	22	100 ~ 96
85 ~ 92歳	21	96 ~ 92
93 ~ 100歳	20	92 ~ 88

運動負荷試験の禁忌

1. 心筋梗塞あるいは他の急性心臓性事故を疑わせる安静時心電図の有意所見
 2. 最近生じた合併症を伴った心筋梗塞症
 3. 不安定狭心症
 4. 未治療の心室性不整脈
 5. 心機能を障害する未治療の心房性不整脈
 6. 第III度房室ブロック
 7. 急性うっ血性心不全
 8. 重症大動脈弁狭窄症
 9. 解離性動脈瘤あるいはその疑い
 10. 活動性心筋炎あるいは心膜炎あるいはそれらの疑い
 11. 血栓性静脈炎あるいは心内血栓
 12. 最近生じた体循環あるいは肺塞栓
 13. 急性感染症
 14. 著しい情緒異常（精神異常）
-

運動負荷試験の比較的禁忌

1. 安静時拡張期血圧120mmHg以上、あるいは安静時収縮期血圧200mmHg以上
 2. 中等度の心弁膜症
 3. 電解質異常（低カリウム血症、低マグネシウム血症）
 4. 固定頻度の人工ペースメーカー
 5. 頻発性あるいは複雑な心室性不整脈
 6. 心室瘤
 7. 肥大型心筋症を含む心筋症
 8. コントロールされていない代謝疾患（糖尿病、甲状腺中毒症、粘液水腫など）
 9. 慢性感染症（単核球症、肝炎、エイズ）
 10. 運動によって悪化する神経筋、筋骨格系あるいはリウマチ様障害
 11. 妊娠末期あるいは妊娠合併症
-

(American College of Sports Medicine, 1991¹⁾ より引用)

運動負荷試験を停止する基準

1. 狭心痛が増悪するとき（表1-4に示す3度あるいはそれより早く中止する）
 2. 心室性頻拍
 3. 収縮期血圧の有意な下降（20mmHg）あるいは負荷量の増加に伴う収縮期血圧の上昇不全
 4. ふらつき、錯乱、運動失調、蒼白、チアノーゼ、嘔気、あるいは重篤な末梢循環不全の徴候
 5. 早期出現（4mm以上）の水平型あるいは下向きST降下あるいは上昇
 6. IIあるいはIII度房室ブロックの出現
 7. 心室性異所性収縮、多源性心室性期外収縮あるいは心室性期外収縮のR on Tの増加
 8. 血圧の過度の上昇（収縮期血圧250mmHg以上、拡張期血圧120mmHg以上）
 9. 異常な徐拍（年齢別推定正常値（ β -遮断薬を服用していない状態）以下で25beats/min以下の心拍数増加）
 10. 持続性上室性頻拍
 11. 運動による左脚ブロック
 12. 被検者が中止を要求するとき
 13. モニターが作動しないとき
-

（American College of Sports Medicine, 1991¹⁾ より引用）

運動負荷中の生理的な正常反応と異常反応

	正 常	異 常
血 圧	<ul style="list-style-type: none"> ・収縮期血圧が運動強度が増すにしたがって増加する。 ・最大血圧は250mmHg以上に達することもある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・収縮期血圧が最大下作業で低下する。 ・運動強度が増加しても、収縮期血圧の上昇がみられない。 →心臓ポンプの不応
心 拍 数	<ul style="list-style-type: none"> ・心拍数は運動強度に比例して増加する。 ・増加の程度は体力水準に強く影響を受ける。 ・最大心拍数は年齢が高くなるにつれて減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・低い運動強度で著しく心拍数が上昇する。 ・完全房室ブロックの洞調節異常により除脈が起こる。
心 電 図	<ul style="list-style-type: none"> ・PR、QT間隔の短縮でJ接合部降下とTP基線の上昇が起こることがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・虚血性ST降下。 80msec以上持続する0.1mV以上のST降下 (水平の下行性) ・上室性不整脈。 ・心室性期外収縮。 ・心室頻拍。
症 状	<ul style="list-style-type: none"> ・最大作業では、病気した状態で悪心、めまいが起こることがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・胸中不快感。 ・重症呼吸困難。 ・失神または跛行の発現

運動と関係のある心血管系の異常症状

	基礎的原因	症候と症状	緊急時の手順
I 心拍停止	A. 心室細動	心肺蘇生術と救急心処置のための基準をみよ ・ Supplement to JAMA 227, 833-868 Feb. 18, 1974. Revised Circulation 61:1980.	除細動
	B. 心停止 (心室無収縮)		除細動
II 低心拍出量状態	A. 静脈環流不全	頻脈、低血圧、蒼白、めまい	・ 下肢を上向きに上げた仰臥位 ・ 等尺性または軽度の動的運動 ・ (昇圧剤) の静注または内服
	B. 不整脈 1. 頻脈	心電図による診断が必要	・ 運動中止、仰臥位安静 ・ 血圧を厳重に観察 ・ 静脈内への薬物投与 ・ 適応があればDCカウンターショックまたは除細動
	2. 除脈 3. 心室性または心房性期外収縮		・ 静脈環流不全の治療 (すなわちアトロピン、イソプレル) または心電図診断による特異的治療
	C. 心筋不全	・ 異常な呼吸困難 ・ ラ音 (水泡音) ・ 奔馬調	・ 運動中止、起坐安静 ・ 酸素吸入 ・ 陽圧呼吸 ・ 薬物 1) ニトログリセリン舌下錠の投与が考慮されるべきである。 2) モルヒネ
D. 薬物投与に起因する低心拍出 1. β -遮断薬 2. 利尿剤 3. 降圧剤	・ 除脈 ・ 血圧低下	・ 下肢を挙げた仰臥位安静 ・ 拮抗作用をする適当な薬物の静注	
III 虚血状態	A. 持続的な胸痛	虚血性心電図所見	・ 運動中止 ・ 早急な酸素またはニトログリセリン投与 ・ インデラル投与 (できれば) ・ 入院 (できれば)
	B. 心筋梗塞	・ 梗塞および虚血の心電図所見やそれを指し示すような臨床的な所見	・ 入院 ・ 不整脈と循環不全の治療
	C. 乳頭筋機能不全	大きな収縮期雑音	・ 起坐位安静 ・ ニトログリセリン投与 ・ もし持続すれば入院
	D. 脳	運動失調、めまい、意識障害	・ 運動中止、仰臥位安静 ・ 血圧監視、静脈内補液
	E. 胃腸	悪心嘔吐、血管迷走神経性失神	・ 運動中止 ・ 仰臥位安静 ・ 嘔吐用洗面器

注：心血管性虚脱とは、被検者が立位や歩行ができなくなるような重大な心血管系の障害について一般的に用いる用語。

各種薬物の作用と運動に対する影響

	運動遂行能力	心 拍 数	血 圧	心電図への影響	段階的運動負荷テストによる影響
抗狭心症薬 (重硝酸薬)	↑ ニトロビッド ↑ イソルジル ↑ キソルシクテ ムビッド ↑ ペリトラート	↑ ニトロビッド ↑ ソルビトレート ↑ オイントメント (軟膏剤)	↓ ニトロビッド ↓ ソルビトレート ↓ オイントメント	心筋虚血の徴候 減少	虚血反応の開始を遅延させるかもしれない (lower double product)
β遮断薬	↑↓ インデラル ↑↓ ロープレッサー	↑↓ インデラル ↑↓ ロープレッサー	↓ インデラル ↓ ロープレッサー	U波は徐脈の結果、 顕著になるかもしれない	虚血反応の開始を遅延させるかもしれない (lower double product)
降圧利尿薬		・ ジウリル, エジ ドリックス ・ エンデュロン, ラシックス ・ エデクリン, ア ルダクトン ・ ジレニウム	↓ ジウリル, エジ ドリックス ↓ エンデュロン, ラシックス ↓ エデクリン ↓ アルダクトン ↓ ジレニウム	もし低カリウム血症 であるなら、Q-T間 隔が延長し、U波が 顕著になる	もし低カリウム血症 であるなら、偽陽性 になるかもしれない
血管拡張薬		↑ アブレゾリン	↓ アブレゾリン		
中枢神経系 作用薬		↓ セルバシル ↓ イスメリン ↓ インデラル	↓ セルバシル ↓ イスメリン ↓ インデラル, ミ ニブレス ↓ アルドメット キャタブレス		虚血反応の開始を遅延させるかもしれない
ジギタリス 強心配糖体薬	↑ ストロファンチ ン-G ↑ クリルトディジ ン ↑ ラノキシシ	↑ 中毒またはその疑 いのあるとき ↓ もし房室結節を 遮断するならば		ST低下を生じるか または徐脈降下が運 動により増強される	偽陽性
抗不整脈薬	↑ ラノキシシ ↑ デランチン ↑↓ キシロカイン ↑↓ プロネスチール ↑↓ インデラル ↑↓ ロベレッター ↑↓ クインアグリユ ート	↑ プロネスチール ↑ クインアグリユ ート ↑ ノルベース		ST-T波変化 U波変化 QRS間隔の拡大	ラノキシシ：偽陽性 クインアグリユート インデラル：虚血反 応の開始を遅延させ るかもしれない
トランキライ ザー (フェノ チアジン)		↑	↓	T波およびU波変化	偽陽性を引き起こす かもしれない
抗うつ薬	わずかな抗不整脈効 果	↑	↓	S-T波変化	偽陽性を引き起こす かもしれない
精神安定薬 (リチウム)		変化なし	変化なし	S-T波変化	偽陽性を引き起こす かもしれない
その他 ニコチン		↑	↑		偽陽性を引き起こす かもしれない
気管支拡張薬 充血除去性の ある抗ヒスタ ミン薬		↑ ↑	↑ ↑	変化なし 変化なし	? 変化なし
甲状腺薬 風邪治療薬 アルコール		↑ ↑	↑ ↑ ↓	変化なし ? ?	変化なし ? ?

(American College of Sports Medicine, 1991 より引用)

赤筋と白筋の組成と機能 (菊地まとめ, 1970)

	構 成	機 能	化 学 的 成 分
赤筋	<ul style="list-style-type: none"> 筋原繊維が太い。 横紋が少ない。 主に緊張性神経、筋単位より構成される。 前柱細胞が小さく古い。 神経支配比が大である。 	<ul style="list-style-type: none"> 主として錘体外路性。 姿勢調節をつかさどる緩徐筋。 長い潜伏期をもってゆっくり反応する。 長時間の収縮あるいは持続的収縮を必要とする。 興奮性が低く収縮の強度は大きい。 呼吸酵素性が強い。 	<ul style="list-style-type: none"> ミオグロビン量が多い。 ミトコンドリアが大きく数も多い。 クレアチニンおよびクレアチナーゼ量が少ない。 グリコーゲン量が少ない。 高エネルギー磷酸保有量が少ない。 蛋白質75%。 多くの顆粒を含む。
白筋	<ul style="list-style-type: none"> 筋原繊維が細い。 横紋が多い。 主に運動性神経、筋単位より構成される。 前柱細胞が大きく新しい。 神経支配比が小である。 	<ul style="list-style-type: none"> 主として錘体路性。 敏速な運動をつかさどる速筋。 短い刺激間隔で反応し、すぐれた技巧的な働きに分化短時間の収縮をする。 興奮性が高く、収縮の強度は小さい。 呼吸酵素性が弱い。 	<ul style="list-style-type: none"> ミオグロビン量が少ない。 ミトコンドリアが小さく、数は少ない。 クレアチニンおよびクレアチナーゼ量が多い。 グリコーゲン量が多い。 高エネルギー磷酸保有量が多い。 蛋白質85%。 顆粒が少ない。