

I 生活習慣病と運動の効果

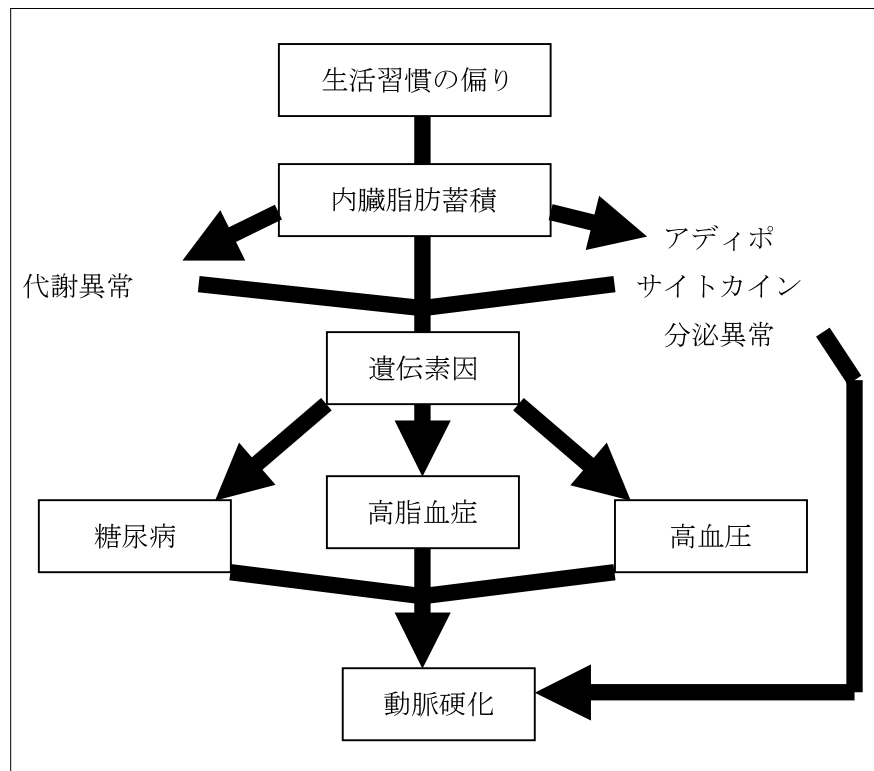
生活習慣病と メタボリック シンドローム

生活習慣病とは、日々のよくない生活習慣（栄養の過不足、バランスの悪い食生活、運動不足やストレス、喫煙など）の積み重ねによって引き起こされる病気の総称である。がん、心疾患、脳血管疾患、糖尿病、高血圧、高脂血症などがこれに該当する。

この中で、心疾患・脳血管疾患を合わせた循環器疾患を引き起こす大きな原因となるのは、動脈硬化である。最近の研究で、動脈硬化が肥満（特に内臓の周りに付着した脂肪）によってさらに進行することがわかってきた。（図 I 1）この内臓の周りに付着した脂肪を基盤として、危険因子が重なった状態を「メタボリックシンドローム」という。

図 I 1 生活習慣病と内臓脂肪蓄積の関連

（メタボリックシンドローム 実践マニュアル
監修 松澤祐次より引用）



1 メタボリックシンドロームの概念

メタボリック
シンドロームとは

診断基準

1) メタボリックシンドロームの診断基準と考え方

(1) メタボリックシンドロームとは

メタボリックシンドロームとは従来シンドロームX、死の四重奏、内臓脂肪症候群、インスリン抵抗性症候群、危険因子多重積症候群などと呼ばれていたものである。

内臓脂肪の増加（内臓肥満）蓄積を原因として、高血圧、耐糖能異常、高中性脂肪血症など動脈硬化危険因子を多数保有する病態をメタボリックシンドロームといい、危険因子の保有数の増加に従って動脈硬化性疾患の発症率が高くなること多くの研究報告で示されている。

この病態はインスリン抵抗性が基盤にあり、過栄養状態、運動不足などによって引き起こされる。

日本内科学会総会発表8学会合同ガイドラインによるメタボリックシンドロームの診断基準は表I 1のとおりである。

表I 1 メタボリックシンドロームの診断基準

チェック項目	判定基準
腹腔内脂肪蓄積 ウエスト周囲径 (内臓脂肪面積 男女とも 100cm ² に相当)	男性 85cm 女性 90cm
上記に加えて以下の2項目以上	
①脂質代謝異常 高トリグリセライド血症 低HDLコレステロール血症	150mg/dl以上 かつ/または 40mg/dl未満
②血圧 収縮期血圧 拡張期血圧	130mmHg以上 かつ/または 85mmHg以上
③空腹時高血糖	110mg/dl以上

* ウエスト径は立位、軽呼吸時、臍レベルで測定。臍が下方に偏位している場合は肋骨下縁と前上腸骨棘の midpoint の高さで測定。

* 高トリグリセライド血症、低HDLコレステロール血症、高血圧、糖尿病に対する薬物治療を受けている場合は、それぞれの項目に含める。

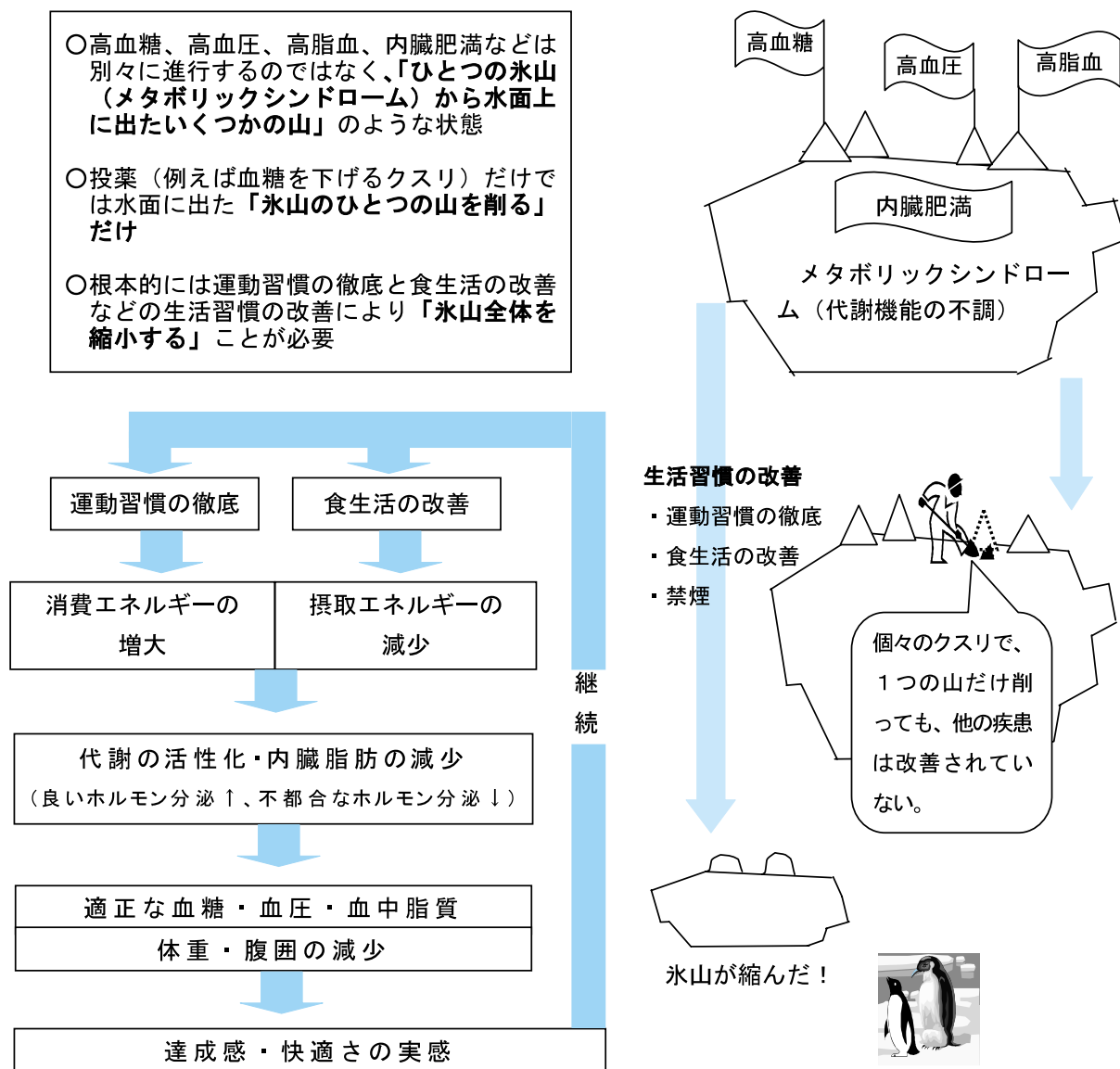
インスリン抵抗性とは、インスリンの効が悪くなる状態で、充分インスリンが分泌されているのに、筋肉細胞等がブドウ糖を取り込みにくいため血糖が下がらず、正常の血糖を維持するために、血液中のインスリンを多く分泌(高濃度状態)されている状態をいう。高インスリン状態が続くと、高血圧、高脂血症、血管の内皮障害がおこるといわれている。(インスリンは、すい臓から分泌されているホルモンで、血液中のブドウ糖を肝臓や筋肉・脂肪細胞に取り込み血糖を下げる働きをする。)

メタボリックシンドロームは氷山のたとえを使って説明される(図 I 2)。海面上には高血圧、高脂血、高血糖など個々の生活習慣病が顔を出しており、それぞれの氷山は独立しているように見える。そこで、例えば高血圧なら降圧剤を処方することになるが、それは氷山の一角を削る作業にすぎず、根本的な解決につながらない。氷山そのものを溶かすには、海面下にあるメタボリックシンドロームをターゲットにする必要がある。具体的には内臓脂肪を減らすための運動とバランスのよい食事を実行し、これに禁煙を加える。

生活習慣病対策にメタボリックシンドロームの概念を導入することで、健診の事後指導がわかりやすくなることなどが期待されている。健診受診者は高血糖と高脂血は根を同じくするものであり、運動と食事の改善が有効であるとシンプルに理解することができる。

運動不足、飲酒などの不健康な生活習慣を続けた結果、メタボリックシンドロームとしての生活習慣病は発生する。それが重症化・合併することで虚血性心疾患や脳卒中のような重篤な疾患につながり、最終的には要介護状態へと段階的に進行していく。この過程で、とりわけメタボリックシンドロームを含む境界領域期での生活習慣改善は戦略的に重要な位置を占めている。

図 I 2 生活習慣病の発症・重症化予防



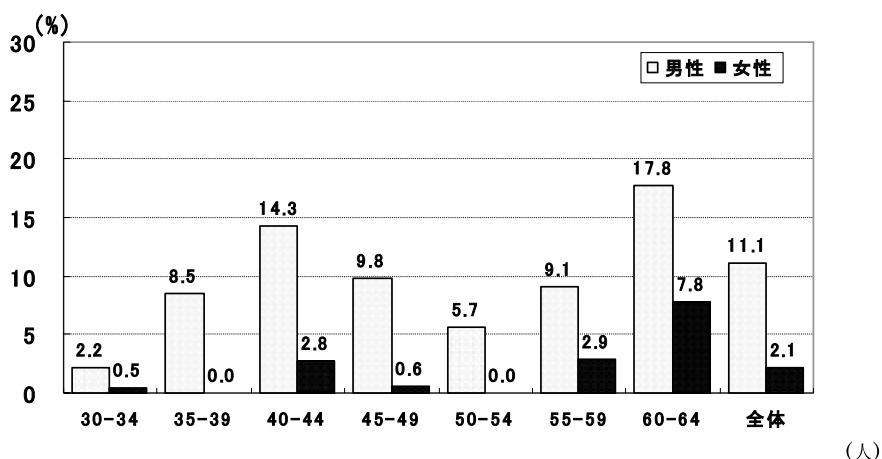
(2) **メタボリックシンドロームの基準（腹囲測定を導入した）による基本健康診査の分析例**

県内の市町のうち、旧能登川町（東近江市）が平成15年からマルチプルリスクファクターの考え方を基に、腹囲測定を導入し、受診者の集団としての分析や、保健指導の優先順位を決めるために活用している。また、職域の分野においても活用している例がある。

旧能登川町と職域の例をみると、診断基準にあてはまる割合はいずれも女性より男性の方が高く、全体では旧能登川町の男性で11.1%、滋賀県職員では12.0%を占めていた。

地域における
メタボリックシン
ドロームの割合

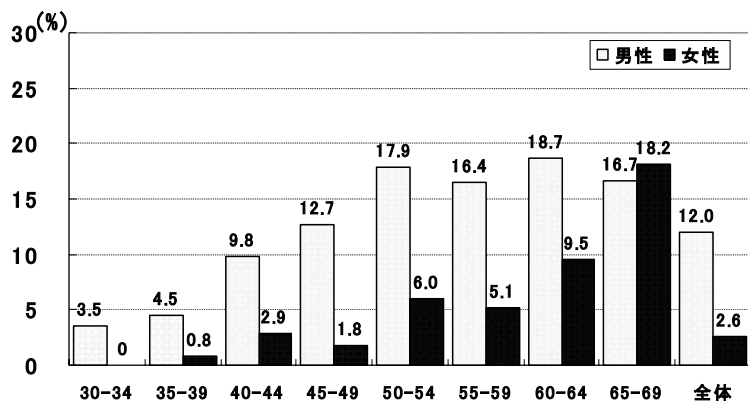
図 I 3 旧能登川町メタボリックシンドローム該当者の割合



年齢階層	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	全体
男性	1	5	4	4	3	8	26	51
メタボ対象者	45	59	28	41	53	88	146	460
女性	1	0	5	1	0	8	17	32
メタボ対象者	222	202	179	169	231	280	217	1500

職域における
メタボリックシン
ドロームの割合

図 I 4 職域(滋賀県職員)のメタボリックシンドローム¹該当者の割合



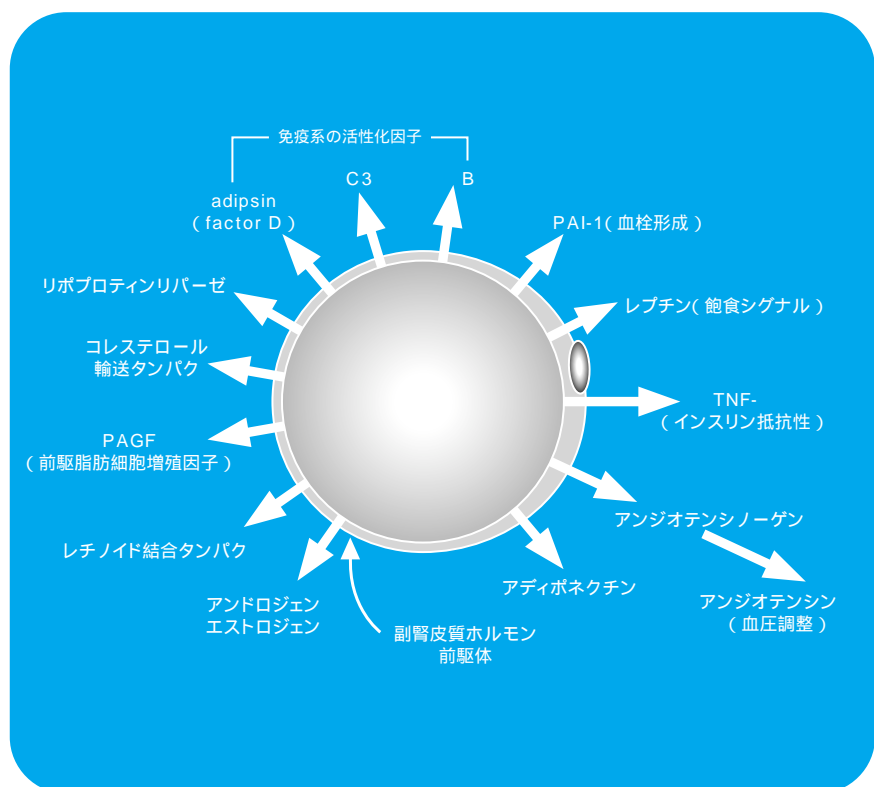
年齢階層	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	全体
男性	12	21	52	66	92	105	37	5	390
メタボ対象者	345	464	533	519	514	639	198	31	3243
女性	0	2	6	3	9	7	4	2	33
メタボ対象者	291	260	209	171	151	136	42	11	1271

1) 職域では、腹囲を実測ではなく、問診により一定の値(男性85cm、女性90cm)を越えているかどうかを確認した。ただし、本人の申告とBMIが乖離しているケースがごく少数あったため、BMI値により調整した。腹囲基準値を超えていないと答えたグループのBMI平均値である22、超えていると答えたグループの平均値である26からほぼ2標準偏差(±4)かけ離れている部分、すなわち超えていないと答えた者で、BMIが26以上の者、超えていると答えた者でBMIが22以下の者は本人の申告とは逆の判定をした。

2) 内臓脂肪蓄積が及ぼす影響

脂肪細胞から糖尿病の元凶となるインスリン抵抗性を引き起こすTNF α (腫瘍壊死因子 α)、高血圧症に關与するレプチンやアンジオテンシノーゲン、狭心症や脳梗塞の元凶になる血栓形成に關与するPAI 1 (プラスミノーゲンアクチベーターインヒビター 1) などのホルモンが分泌されていることが発見された。(図 I 5)

図 I 5 分泌細胞としての脂肪細胞



(京都府立医科大学臨床教授 吉田俊秀氏の資料より抜粋)

また、同じ脂肪細胞でも皮下脂肪細胞と内臓脂肪細胞では分泌されるホルモンが違ってくることもわかってきた。このうち、皮下脂肪細胞から多く分泌されるホルモンは単にレプチンくらいのもので、それに比べて内臓脂肪細胞はTNF α やPAI 1などのホルモンが皮下脂肪細胞の2 ~ 3倍も多く分泌されていることがわかった。内臓脂肪が過剰に蓄積されればされるほど、これらのホルモンが過剰に分泌されることになり、糖尿病や高血圧症などの合併症をよりおこしやすくなる。過剰に分泌されていたホルモンは、5 ~ 10%減量できれば正常化され、糖尿病、高血圧症などの疾患は改善されることになる。

2 健康づくりにおける運動

運動 体力モデル
から身体活動 健康モデルへ

1) 運動指針

一般の健康成人にどのような身体活動・運動を推奨すればよいかという視点から、これまでに策定された主な運動の指針は表 I 2 のとおりである。

最近の運動指針の考え方として、従来の運動 体力モデルから、身体活動 健康モデルへのパラダイムシフトについて理解をしておく必要がある。(表 I 3) 従来の指針は、運動習慣によって体力(特に最大酸素摂取量)を維持・向上し、その結果として、健康が達成されるという考え方で作成されていた(運動 体力モデル)。これに対して近年では、より弱い強度であっても身体活動量(エネルギー消費量)を維持・増加させることにより疾病の予防が可能であるという考え方で指針が作成されている(身体活動 健康モデル)。表 I 2 の指針のうち、①③が主に運動 体力モデル、②④が身体活動 健康モデルに立脚して作成されたものである。

表 I 2 健康づくりのための主な運動指針

(運動療法と運動処方 編著 佐藤祐造より引用)

	①心血管機能、筋力の維持・増進のために推奨される運動 ACSM	②身体活動と公衆衛生 CDC/ACSM	③健康づくりのための運動所要量 厚生省	④健康日本21(個人の目標例) 厚生労働省
策定年度	1990	1995	1990	2000
目的	心血管機能、体組成、筋力の維持・増進	疾病予防	健康指標としての最大酸素摂取量の維持	健康寿命の延伸、QOLの向上
種類	有酸素運動	身体活動	有酸素運動	週2日以上(個人)の運動習慣、あるいは毎日10,000歩以上
頻度	週3~5日	ほぼ毎日(週5日以上)	(毎日行うことが望ましい)	
強度	最大酸素摂取量の50~85%(あるいは最大心拍数の60~90%)	中等度(3~6 METs)	最大酸素摂取量の50%(年齢別に目安となる心拍数を提示)	運動習慣の場合は息がはずむ程度
時間	継続した20~60分	1日合計30分以上(8~10分程度の細切れでも1日の合計が30分以上になればよい)	1週間で合計140~180分(年代別に運動時間を提示、少なくとも10分以上継続し、1日の合計としては20分以上)	運動習慣の場合は30分以上
主な根拠	体力、体組成に対する運動トレーニングの効果を検討した研究	虚血性心疾患などの発症に関する疫学研究	日本人を対象に最大酸素摂取量と生理生化学的指標(体組成、血圧、血清脂質など)の関連を検討した横断研究、欧米における研究のレビュー	欧米の疫学研究

表 I 3 運動指針のパラダイムシフト

運動の種類	運動トレーニング	身体活動
根拠となる研究のアウトカム	体力、特に最大酸素摂取量	罹患率、死亡率
研究の手法	生理学的、実験的	疫学的
代表的な指針	①心血管機能、筋力の維持・増進に推奨される運動 (ACSM*,1990)	②身体活動と公衆衛生 (CDC*/ACSM,1995)

* ACSM (American College of Sports Medicine) アメリカスポーツ医学会

* CDC (Centers for Disease Control and Prevention) アメリカ疾病予防センター

「健康づくりのための運動基準 (2005年)~身体活動・運動・体力~」報告書(案)

メッツ (METs)

また、直近では、平成18年1月19日に厚生労働省の運動所要量・運動指針の策定検討会が「健康づくりのための運動基準 (2005年)~身体活動・運動・体力~」報告書(案)を示し、健康づくりのための身体活動量と運動量の基準値を設定した。(資料P1)

この報告書(案)に用いられているメッツ (METs) については次のとおりであり、また基準値は①、②のとおりである。

*メッツ (METs) とは、運動などで消費するエネルギー量が、安静時のエネルギー消費量の何倍にあたるかを示す単位で、運動の強度を示す。この単位の語源は、metabolite(代謝産物)であり、通常METまたはMETs、日本語ではメッツとして使われている。安静にしているときの状態を「1」として、これを1METと表示し、安静時の2倍の運動量(エネルギー消費量)の場合には2METs(複数の時はsがつく)と表示される。

メッツを用いた運動強度の表示法はエネルギー計算においてすぐれた特徴を持っている。その一つは、

1METは体重1kg、1分間あたりに約3.5mlの酸素摂取量、体重1kg当たり1時間で約1kcal(1kcal/kg/時間)のエネルギー消費量であることである。つまり、1METは体重1kg当たり1分間に3.5mlの酸素を消費するような強さの運動ということである。

メッツによる代謝計算の例

消費エネルギー(kcal) = 体重(kg) × METs数 × 運動時間(時間)

体重50kgのAさんが8METsのエクササイズを60分間行ったらとすれば、消費エネルギー = 50kg × 8METs × 1時間 = 400kcalと計算できる。

生活習慣病予防のために必要な身体活動量の基準値

「健康づくりのための運動基準（2005年）～身体活動・運動・体力～」報告書（案）においては、生活習慣病予防のために必要な身体活動量の基準値を次のように示している。

①身体活動量：23METs・時/週（=3.3METs×1時間/日）
強度が3 METs以上の身体活動としては、日常的な歩行（買い物、通勤など）、床そうじ、庭仕事、子供と遊ぶといった活動が挙げられる。（強度が3 METs以上の活動で1日あたり約60分。歩行中心の活動であれば1日あたり、およそ8,000～10,000歩に相当）

②運動量：4 METs・時/週、
2 METs・時/週～10METs・時/週

現在の運動量に応じて、基準値の範囲の値を上回ることを目指すようにする。

（例えば、速歩で約60分、ジョギングやテニスで約35分）

2) 運動の種類と効果

運動には柔軟体操、有酸素運動、レジスタンストレーニング（表I 4）がある。

運動の種類

表 I 4 運動の種類

種 類	内 容	例
柔軟体操 (ストレッチ)	筋肉をゆっくり伸張し、筋の柔軟性を高める運動。準備運動や整理運動として行ったり、また、肩こりや腰痛などを予防したり、症状を軽減するためにも効果がある	・準備運動 ・肩こり予防 ・腰痛予防 など
有酸素運動	比較的長時間継続することが可能であり、大量の運動量が得られる。また、糖質・脂質がエネルギー源として利用されるため、両方の代謝改善が期待できる	・ウォーキング ・ジョギング など (概ね20分以上の運動で効果的な燃焼反応が発現)
レジスタンス トレーニング(運動)	筋の収縮に抵抗(負荷)を加えながら実施するトレーニングの総称。レジスタンストレーニングでは、呼吸循環機能をはじめ、糖代謝や脂質代謝にも効果が期待できる	・ダンベル ・リフティング ・バンドエクササイズ ・自体重でのエクササイズ など

柔軟体操

柔軟体操（ストレッチ）とは、体操の一種であり、身体の動きをよくするための運動であるが、実施方法に次の特徴がある。

- ①筋肉を伸張する時、弾みや反動をつけずにゆっくり伸ばし、気持ちよく伸ばされたところで止める。
- ②一定時間を保持する。（小さな筋群では10～20秒、大きな筋肉では30～40秒くらい保持する）
- ③筋肉を伸張し一定時間静止している間は、呼吸を止めず自然に行う。
- ④伸張している筋肉を意識する。
- ⑤痛くなるまで伸ばさない。（無理に大きな力で伸ばそうとすると伸張反射が生じ効果が得にくくなる。）

有酸素運動

有酸素運動とは、血中の糖分や筋細胞内に貯蔵してあるグリコーゲンを燃料として使い、酸素を使って燃焼させ、ATP（アデノシン^{さん}三リン酸）を合成する。有酸素的なエネルギー代謝は、無酸素的なエネルギー代謝に比べてエネルギー産生の効率が高く、乳酸を生じないので長く続けることが可能である。十分な酸素がないと無酸素的なエネルギー代謝が行われてしまうため、有酸素運動では十分な心肺機能によって酸素の供給が確保されることが重要である。

レジスタンス運動

レジスタンス運動とは、筋力、パワー、持久力を高めるためのトレーニングを表す。また、筋力とは、筋が発揮する力。パワーは力と速度の積で表し、筋持久力とは局所的な持久能力を意味する。従来より筋力づくりでウエイトトレーニングという用語が使われてきたが、筋への負担のかけ方に重り（ウエイト）のみならず、水圧、油圧、ゴムやチューブなどさまざまな方法があるため、抵抗、すなわち、レジスタンス運動という用語が使われている。

<運動中のエネルギー供給のしくみ>

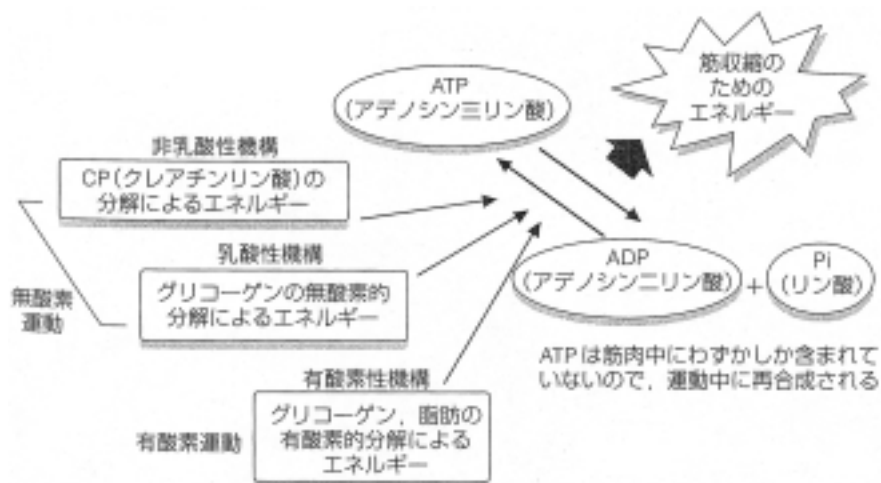
エネルギー供給のしくみ

運動中の筋肉へのエネルギー供給について、図 I 4 に模式的に示した。運動するためには筋肉が収縮する必要がある。そのための直接のエネルギー源としては、筋肉中に含まれる高エネルギー分子であるATP（アデノシン^{さん}三リン酸）がADP（アデノシン^に二リン酸）とPi（リン酸）とに分解するとき生じるエネルギーが利用される。ただし、ATPは運動するとわずか数秒間でなくなってしまうほどの量しか筋肉中に蓄えられていない。したがって、運動中には他から得られるエ

エネルギーを利用して多量のATPが再合成される必要がある。ATPを再合成するためのエネルギー供給機構として、以下の3種類がある。

図 I 4 運動中のエネルギー供給機構に関する模式図

(高齢者運動処方ガイドライン 編集 佐藤祐造より引用)



a . ATP CP系エネルギー供給機構（非乳酸性機構）

筋肉内に蓄えられていたATPを分解するとともに同じく筋肉内のCP（クレアチンリン酸）が分解するとき生じるエネルギーを利用してATPを再合成する機構。ごく短時間（数秒～数十秒程度）に大きな力を発揮するとき主に利用され、この機構では酸素を必要としない。

b . 乳酸系エネルギー供給機構

主に筋肉中に蓄えられているグリコーゲンが無酸素的に分解し、最終的に乳酸が生成する過程で得られるエネルギーを利用してATPを産生する機構。1～2分間続く強度の高い運動では、主にこの機構が利用されるが、筋肉中に乳酸が蓄積しすぎると筋肉内の収縮がさまたげられるので、長時間運動には適さない。

c . 有酸素系エネルギー供給機構

グリコーゲンが分解する際に酸素の供給が十分にあれば乳酸は生成せず、最終的に水と二酸化炭素が生成する。この場合は乳酸が蓄積しないので、グリコーゲンが枯渇しない限り長時間運動を続けることができる。同様に、酸素が十分にあれば、体内に蓄積されている脂肪を分解してエネルギー源として使うことができるので、さらに長時間にわたって運動を続けることができる。

有酸素運動の効果

<有酸素運動で期待される効果>

a．呼吸循環系の機能

最大酸素摂取量の増加

呼吸循環系機能の改善は日常生活に伴う身体活動（歩行や階段の昇降、家事仕事など）を相対的に楽にすることができる。

b．代謝系の機能

高インスリン血症に対してインスリン感受性を改善し、血中インスリン濃度を低下させる働きがある。また、血中脂質を改善する（中性脂肪の減少、LDLコレステロールの減少、HDLコレステロールの増加、総コレステロールに対するHDLコレステロール比の増加）が、これらの改善はトレーニングに伴う体脂肪量の減少とも関連している。

c．免疫系の機能

マラソンやボートなどの有酸素的要素が強い競技種目の選手では一般人よりもNK細胞の活性が高いという研究報告がある。

d．中枢神経系の機能

動物実験では有酸素トレーニングが加齢に伴うドーパミンの減少を減らしたり、情報の神経伝達速度を増加させたり、うまく行動するための学習能力の改善をもたらすことが報告されている。人に関しても、横断的研究では長時間運動を実施してきた体力的にも優れている者の方が非運動群に比べて反応時間や認知機能に関するテストの結果が良いこと。若年者よりも高齢者の方がその差は大きいことなどが報告されている。

レジスタンス運動 の効果

<レジスタンス運動の効果>

運動の実施にともなって、次のような変化が身体に生じる。

a．筋の肥大

長期間にわたるトレーニングの実施により、筋肉量の増加（筋肥大）が生じる。これは筋を構成している筋線維の肥大、筋線維をとりまく結合組織の肥厚、筋線維の増殖によってもたらされる。

b．神経系の変化

レジスタンストレーニングの初期に生じる変化であるが、筋力を発揮する際に運動単位の数が増加し、運動単位の興奮のタイミングの同期化および筋線維の収縮の同期化から効果的な筋力発揮をもたらすようになる。

レジスタンス トレーニングの原則

レジスタンス トレーニングの方法

c . エネルギー供給能力の変化

トレーニング中に動員されるエネルギー供給機構によって、無酸素性・有酸素性のエネルギー供給能力が改善する。

トレーニングの原則

実際にレジスタンストレーニングを実施する場合、以下の6つの原則が重要となる。

- ①過負荷（オーバーロード）の原則：筋力向上のためには、通常筋肉に負荷している以上の抵抗を与える必要がある。つまり、実際の競技で発揮している張力以上の抵抗を外的に負荷することで筋力の増大につながる。
- ②漸増性負荷の原則：過負荷の原則に従い通常以上の負荷を与えても、次第に適応（その負荷に慣れる）してくるために、さらに強い負荷を与えないと一層の筋力の向上につながらない。したがって、一定の期間ごとに抵抗負荷の設定を変える必要がある。
- ③継続性の原則：トレーニングによる効果は、継続しなくなると減少する（可逆性）ため、定期的を実施しなければ効果を維持できない。
- ④意識性の原則：トレーニング中にどこの筋肉を収縮させているかということ、意識することで著しい効果が生じる。
- ⑤特異性の原則：上半身にトレーニング効果を求めるのであれば、下肢ではなく上半身のトレーニングに特化しなければいけない。このように、目的の種目、動作に応じてトレーニングする部位、種目を選択する必要がある。
- ⑥個別性の原則：個々の能力に個人差があるため、左右、上半身・下半身の筋力のバランスといった一人一人の特長に応じたプログラムを作成しなければ、効果が期待できない。

レジスタンストレーニングの方法

- ①負荷・反復回数：トレーニング時の負荷は、個人の最大筋力*を測定し、表1-5に示すような目的に応じて負荷を設定する。一般的に、筋力の向上および筋肥大を目的で実施する場合は、最大筋力の80-85%の強度で、8-10回の反復を、また、筋持久力の向上を目的とする場合は、50-60%の強度で20回前後の反復を繰り返すことが必要である。

*最大筋力とは、自分の筋力がどのくらいの力を発揮できるかということで、背筋力測定や握力測定も最大筋力を測定する方法の一種である。しかし、背筋力測定や握力測定は、一定のポジションでぐっと力を出

し続ける方法なので、動きを伴うマシンエクササイズでの最大筋力測定法とは異なる。マシンの場合は、自分がどのくらいの重さで何回反復できるかを測る。まずだいたい5～10回反復できる重さを見つけ、これを目安にして最大筋力を見つける。

表 I 5 トレーニング負荷の目安および反復回数

トレーニングの目的負荷(最大筋力に対する負荷の割合)	反復回数
筋持久力の向上 50 59%	20 25回
筋の肥大 60 85%	10 24回
筋力の向上 86 100%	1 9回

②頻度：レジスタンストレーニングでは、大きなストレスが筋に負荷されるために、筋線維の損傷が生じる。このような筋線維損傷の修復、疲労の回復のためにも1日間隔、1週間に3～4回程度の頻度がすすめられる。また、最大筋力の80%以上の強度でトレーニングする場合は、より長い回復期間が必要となるために、1週間に1～2回程度の頻度となる。

③期間：レジスタンストレーニングの初期（4週間前後）では、運動単位の増加による神経系の変化により、筋力が増大する。その後、継続してトレーニングすること（1～3ヵ月）で筋肥大が生じ、一層の筋力が増大する。

3) 運動の評価等に用いられる用語

最大酸素摂取量

(1) 最大酸素摂取量 (VO₂max)

最大努力による運動中に摂取された酸素の最大量を最大酸素摂取量とよぶ。単位は、ml/kg/分。全身的な運動（ランニングや自転車など）を10分前後で疲労困憊になるように負荷した時に個人の最大値が得られる。体重1kgあたりの最大酸素摂取量は、長距離選手の体力に直結する全身持久力（有酸素的持久力）を表す国際的な指標とされている。

最大酸素摂取量の測定方法

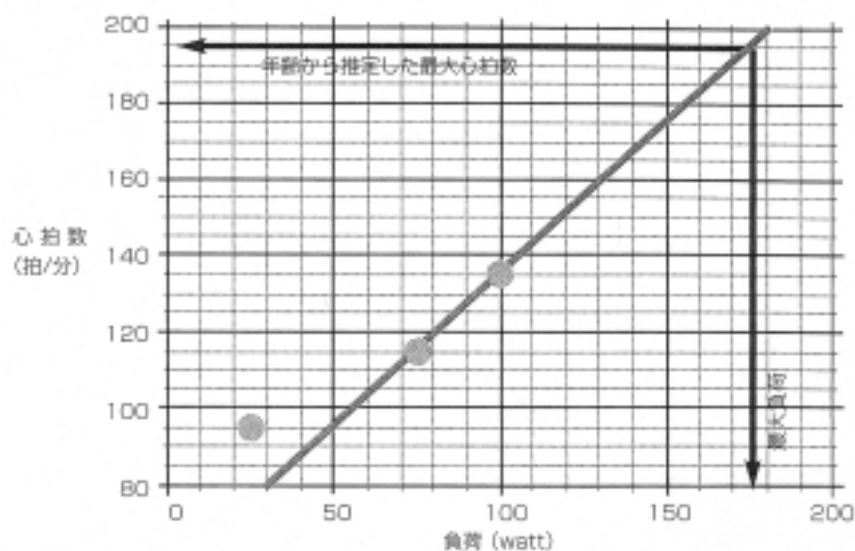
<測定方法>

代表的な計測の方法として、呼気ガス分析がある。自転車エルゴメーターやトレッドミルで運動をする被験者より、ガス・マスク経由、直接採気して計測する方法である。最も直接的なデータが得られる。

多くの自動の最大酸素摂取量推定モードを有している自転車エルゴメーターでは、次のようなことをコンピュータで処理計算することによって、最大酸素摂取量を推定している。

図 I 5 最大下の漸増負荷運動中の心拍数の変化から最大負荷の推定（例：年齢が25歳の場合）

（最新フィットネス基礎理論 著者 小沢治夫より引用）



最大酸素摂取量の推定方法

上図のように、横軸に自転車エルゴメーターの負荷、縦軸に心拍数を取り、各負荷における心拍数をプロットする。最初の負荷はウォーミングアップであることが多い。そして、第2負荷、第3負荷における心拍数を通る直線を伸ばし、最大心拍数が得られると予測される負荷（最大負荷）をグラフ上で探す。

後は次の式にこの最大負荷値を代入して最大酸素摂取量を計算する。負荷がwattで示される自転車エルゴメーターの場合は、

計算式

$$(\text{最大負荷} \times 10.8 \text{ ml / watt}) \div \text{体重} + 3.5 \text{ ml / kg / 分} + 3.5 \text{ ml / kg / 分}$$

という計算を行う。

上図の例の場合で体重が60kgあるとすると、

$$(176 \text{ watt} \times 10.8 \text{ ml / watt}) \div 60 \text{ kg} + 3.5 \text{ ml / kg / 分} + 3.5 \text{ ml / kg / 分} = 38.7 \text{ ml / kg / 分}$$

が最大酸素摂取量の推定値になる。

旧厚生省では健康を維持するための指標として、次の目標値を示している。

最大酸素摂取量の
目標値

表 I 6 年齢・性別の体重当たり最大酸素摂取量の
維持目標値（旧厚生省 1990）

年齢	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代
男性	41	40	39	38	37
女性	35	34	33	32	31

（単位：ml / kg / 分）

最大酸素摂取量の推定値を算出する場合に、測定機器を必要とし、1人の測定に約30分程度必要である。また、最大努力を必要とするため、すべての人に適しているとはいえない。

そのため、身近に測定できる心拍数を用いて、最大酸素摂取量を推定する方法がある。

運動負荷を徐々に増加させていくと、心拍数もそれに応じて増加する。そして、全身持久力が劣っている人の心拍数は、全身持久力が優れている人よりも早く（低い負荷で）増加する。この心拍数の増加速度における個人差を利用して、その人の最大酸素摂取量を推定することができる。

最大心拍数

最大心拍数（運動の強度に比例して上昇していく心拍数が、これ以上上がらなくなるという上限）を次の式から推定する。

$$\text{最大心拍数} = 220 - \text{年齢}$$

主観的運動強度

(2) 主観的運動強度(rating of perceived exertion(RPE))

自覚的に感ずる運動の強さを6～20の15段階の整数に分けて表示したもので、この整数を10倍すると20歳台におけるおよそそのときの心拍数に相当するようになっている。

表 I 7 主観的運動強度

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

参考

日本医師会は高血圧などの患者の運動療法について「運動療法処方箋作成マニュアル」の中で11から13を処方範囲としている。

カルボーネン法

その他、米国公衆衛生総監報告による「身体活動と健康」より60分間運動における身体活動強度区分を資料P 2に掲載した。

(3) カルボーネン法

心拍数や酸素摂取量を用いて、その人の最大努力時の能力（最高心拍数や最大酸素摂取量によって表される）の何％に相当するかを示す方法で、一般的にカルボーネン法が用いられている。計算法は次のとおりである。

$$\text{運動強度（％）} = \frac{\text{運動時心拍数} - \text{安静時心拍数}}{\text{（220 - 年齢）} - \text{安静時心拍数}} \times 100$$

3 運動が及ぼす身体への影響

身体活動の強さ

身体活動の強さは、表 I 8 に示したように日常的には中等度がよいとされる。表 I 9(a)(b)に「身体活動と健康に関する疫学因果関係」を示した。疫学的には、量反応関係つまり運動量が多いと健康への影響が大きいという直線関係と、運動（経験）群と非運動（経験）群とで差があるという関係に分けてみている。量反応関係があるのは、総死亡、冠状動脈心疾患、高血圧、肥満・体脂肪、タイプ2糖尿病、大腸がんである。高齢者のQOL・自立度も関連がある。高血圧、うつ・不安についての量反応関係は認められないが、身体活動とはかなり明確な関連があるとされる。また、腰痛・骨粗しょう症については明白でない。

身体活動の強さの分類

表 I 8 身体活動の強さの分類

強 さ	相対的尺度	
	VO ₂ R (%) *	Maximal HR (%) * *
大変軽い	< 20	< 50
軽い	20 39	50 63
中等度	40 59	64 76
きつい	60 84	77 93
大変きつい	> = 85	> = 94
最大	100	100

* VO₂R (%) 最大酸素摂取量

* * Maximal HR (%) 目標心拍数

身体活動と健康に関する疫学因果関係

表 I 9(a) 身体活動と健康に関する疫学因果関係

疾 病	量反応関係	関連の強さ
総死亡	有	少し明確
冠状動脈心疾患	有	少し明確
血圧・高血圧	無	かなり明確
血清脂質系	不十分	少し明確 (HDLはかなり明確)
血液凝固系	不十分	不明

身体活動と健康に関する疫学因果関係

表 I 9(b) 身体活動と健康に関する疫学因果関係

疾 病	量反応関係	関連の強さ
肥満・体脂肪	有	少し明確
タイプ2糖尿病	有	少し明確
大腸がん（直腸がんを除く）	有	少し明確
腰痛・骨粗しょう症	不十分	不十分
高齢者のQOL・独居生活	有	少し明確
うつ・不安	無	かなり明確

症状や検査値で「身体活動と健康の関係」を示唆されるものが、表 I 10(a)(b)である。運動の効果としては、心臓循環器・呼吸機能の改善、最大酸素摂取量の増加、残気量の減少、心拍数と血圧の減少、骨格筋の骨密度上昇、運動中乳酸閾値の上昇、運動中の以下の症状・サインが発現する閾値の上昇（狭心痛・虚血性ST低下）冠状動脈疾患のリスクファクターの減少、安静時血圧（収縮期・拡張期）の減少、血中HDLコレステロールの増加、血中トリグリセリドの減少、体脂肪の減少・腹部内脂肪の減少、インスリン必要量の減少・耐糖能の改善、血小板粘着能・凝集能の改善が示唆されている。

運動の効果

表 I 10(a) 運動の効果

- ・心臓循環器・呼吸機能の改善
- ・最大酸素摂取量の増加
- ・残気量の減少
- ・心拍数と血圧の減少
- ・骨格筋の骨密度上昇
- ・運動中乳酸閾値の上昇運動中の以下の症状・サインが発現する閾値の上昇（狭心痛・虚血性ST低下）

表 I 10(b) 運動の効果

- ・冠状動脈疾患のリスクファクターの減少
- ・安静時血圧（収縮期・拡張期）の減少
- ・血中HDLコレステロールの増加
- ・血中トリグリセリドの減少
- ・体脂肪の減少・腹部内脂肪の減少
- ・インスリン必要量の減少・glucose toleranceの改善
- ・血小板粘着能・凝集能の改善

運動のその他の
効果

運動の役割は、有病率・死亡率の減少が第一にあげられ、第一次予防効果としては、運動量と心疾患死亡率の相関関係、運動量と発生率の相関関係（冠状動脈疾患・タイプ2糖尿病、骨粗鬆症による骨折、大腸・乳・膀胱がん）第二次予防効果としては、心リハビリテーションによる心筋梗塞の再発の減少（多要因リスクファクターの減少）があげられる。

疾病以外の健康への影響を表 I 11にあげた。心配・不安の減少、高齢者における身体機能・自立機能の向上、幸福感の向上、労働・レクリエーション・スポーツ活動のパフォーマンスの向上が言われている。

表 I 11 運動の効果

その他の効果

- ・ 心配・不安の減少
- ・ 高齢者における身体機能・自立機能の向上
- ・ 幸福感（feelings of well-being）の向上