

リハビリテーションのための運動検査と処方

李 重澈・呉 泰雄・金 壽根

The Exercise Testing and Prescription for Rehabilitation

LEE Joong-Chul, OH Tae-Woong and KIM Soo-Geun

要 旨

リハビリテーションのための運動処方には有酸素運動能力と筋力、柔軟性などを評価する必要がある。それに加えてバランス感覚を評価すると4つの基礎体力を知ることができる。その他にも必要であればバランス、敏捷性と協応性など評価する方法もある。運動評価結果の後、有酸素運動と筋力運動の処方ができる。有酸素運動は中強度で30分ずつ週5回以上あるいは1週間に150分以上を行ったり、高強度で20分ずつ3回以上または1週間に75分以上を行ったりするように処方する。筋力運動は筋肉別に週2～3回を行うようにする。有酸素運動強度と筋力運動重量は運動評価結果に基づいて決定する。

キーワード

有酸素運動 持久力 筋力

目 次

I. 序論

II. 本論

III. 結論

謝辞

参考文献

I. 序論

規則的な運動と身体活動が健康に及ぼす利点については心血管疾患、Ⅱ型糖尿病、肥満、免疫、抗癌、代謝、筋骨格系、不安およびうつなど、多方面で立証された。また、これらの証拠は既に研究報告されている(Haskell et al., 2007)。身体活動が健康により影響を及ぼすという研究はロンドンの二階建てバスの運転手は車掌に比べ、虚血性心疾患の発症率と死亡率が有意に高いことを示している研究から始まった(Morris et al., 1953)。その後、様々な研究があって1980年代に2つの興味深い調査が発表された。男子10,000名、女子3,000名を対象に8年間追跡調査したアメリカのAerobic center longitudinal study (ACLS)によると体力が一番高い群に比べ一番弱い群の全体原因死亡率(all-cause mortality)危険度は男子、女子それぞれ3.44、4.65倍増加した(Blair et al., 1989)。

ハーバード出身16,936名を対象に16年間追跡調査した研究によると週2,000カロリー以上摂取者はその以下の摂取者に比べて死亡率が27%低かった。これは約5時間速歩に該当するカロリーである(Paffenbarger et al., 1986)。メタ分析の結果、冠状動脈疾患の発病は活動的職業群に比べ非活動職業群の方が1.4(1.0~1.8)倍高く、活動的余暇群に比べ非活動的余暇群の方が1.6(1.3~1.8)倍高かった。冠状動脈死亡率も非活動職業群が活動職業群に比べ1.9(1.6~2.2)倍高く、低い非活動職業群が高い非活動職業群に比べ1.9(1.0~3.4)倍高かった(Berlin & Colditz, 1990)。

身体活動量による定量的効果についての研究によると、1週間に1,000カロリーを消費した場合500カロリー未満の消費群に比べ死亡率が20~30%減少した(Paffenbarger et al., 1993)。身体活動の健康効果は全体活動量、つまりカロリー消費量または身体活動時間と比例する(Pate et al., 1995)。身体活動程度を3つに分けると高強度と中強度の方が低強度群に比べ期待余命が高かった。50歳代で多く、中強度運動を行うと期待余命が男子の場合3.7年と1.3年それぞれ増加して、女子の場合は3.5年と1.5年とそれぞれ増加した(Franco et al., 2005)。

心臓病歴がない9,376名の45~64歳男性を9.4年間追跡調査した結果、高強度有酸素運動を頻繁に行う群はそうではない群に比べ心臓病の発病危険率が35%減少した(Morris, 1990)。すでに心臓病にかかっている場合でも運動は効果的である。すなわち、心臓リハビリテーションの運動治療によって心臓病とその原因による死亡率が20~30%減少した(Taylor, 2004)。

健康な人が運動をすれば身体作業能力、心肺機能、代謝過程が向上するが、4~6週くらい運動をしないと再び減少する(Saltin & Rowell, 1980)。運動が特によい影響を及ぼす疾病は冠状動脈疾患以外にも高血圧、糖尿病、脂質異常症、骨粗鬆症、筋骨格系の痛み、肥満、精神心理的疾患などであり抗癌効果も明らかになりつつある。しかし、運動は危険の面もある。つまり心臓関係あるいは筋骨格系に副作用を起こす可能性もある。

運動の危険性なしに最大効果を得るためには運動評価を通して適切な体力をした後、そのレベルに合う運動処方をするべきである。

II. 本論

1. 運動検査及び運動能力評価

運動をする前に運動によって健康が悪くなったり怪我したりするのを前もって予測する必要がある。運動で問題になるのは心臓発作、筋骨格系損傷、既存疾病の悪化などである。したがって運動評価と処方以前に前もって危険因子を把握して適切な処置をするべきである。

1) 運動による危険度分類

突然死の原因は年齢によって違う。35歳以下では先天性心臓血管異常が多くそれ以降は冠状動脈疾患が多い。したがって運動する前に先天性心臓病または血管異常、不整脈、虚血性心臓疾患などがあるかを調べるべきである。特に心臓危険因子(cardiac risk factor)を把握して虚血性心臓疾患の可能性を排除すべきである。また、既存疾病、特に心臓疾患がある場合は運動してはいけない。

2) 筋骨格系危険因子

筋骨格系危険因子は関節炎または四肢障害がある場合、肥満、運動によって悪化した筋骨格系症状の経験などであり、それについての判断が要る。高熱あるいは筋肉痛を伴う急性疾患つまり風邪なども運動禁忌事項である。コントロールできていない高血圧、糖尿病、甲状腺疾患などと慢性または再発性感染症、運動によって悪化された神経筋肉、筋骨格系、合併症がある妊娠などがある場合は効果と危険を比較してみても運動させるかどうかを判断すべきである。

3) 運動禁止

運動をしてはいけない場合を運動禁忌という。運動禁忌は絶対的に運動禁止する絶対的禁忌とよくなれば運動してもいい相対的禁忌に区分される<表1>。絶対禁忌は心臓血管疾患と急性感染症である。相対的禁忌は心臓病、重症の高血圧症、糖尿病、甲状腺疾患などと慢性または再発性感染症、運動によって再発する可能性のある神経-筋障害、筋-骨格系障害および間接リウマチ、合併症がある代謝性疾患などがある。

表1：運動負荷試験の禁忌条項

絶対的禁忌

- 重篤な心筋虚血、発症近時の心筋梗塞(2日以内)あるいは他の急性心事故を示唆する最近の安静時心電図
- 不安定狭心症
- 血行動態障害をもたらす未治療の不整脈
- 重篤な症候性大動脈弁狭窄症
- 未治療の症候心不全
- 急性肺塞栓または肺梗塞
- 急性心筋炎または心膜炎
- 解離性動脈瘤と診断された人、またはその疑いがある人
- 熱、身体的な痛み、リンパ腺腫脹を伴う急性感染症

相対的禁忌

- 左冠状動脈狭窄
- 中等度の心臓弁狭窄
- 電解質異常
- 重症の高血圧症
- 頻脈または除脈性不整脈
- 肥大型心筋症およびその他の流出路系閉鎖症候
- 運動によって再発する可能性のある神経-筋障害, 筋-骨格系障害および間接リウマチ
- 重度の房室ブロック
- 心室瘤
- 未治療の代謝障害(糖尿病, 粘液水腫など)
- 慢性感染症(肝炎など)
- 十分に運動できない心的・身体的ダメージ

Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing
より引用

上記のように心臓病, 筋骨格系, 既存疾病悪化などを考慮して運動してもいいと判断したら, 運動評価を実施する。運動する前に体力および体格を測定して運動強度と種類を決める資料として使用するからである。運動検査種目は身長, 体重, WH比, 体脂肪量など基本身体計測と心肺持久力, 筋力, 筋持久力, 柔軟性, 平衡性, 瞬発力, 敏捷性および協応性などである。その中で必修なのは心肺持久力, 筋力, 筋持久力, 柔軟性, 平衡性などの基礎体力である。

4) 心肺持久力

心肺持久力は有酸素運動能力を表して, 最大酸素摂取量が代表的な指標であり, これを直間接方法で測定する。トレッドミル(treadmill)あるいは固定自転車(cycle ergometer)を用いる方法, 階段を利用したり一定時間あるいは距離を歩かせたりして推定する方法など様々である。最大運動負荷した後吸気および呼気ガスを分析して最大酸素摂取量を直接測定する方法が一番いい。しかし, 時間と費用がたくさんかかるので最大運動負荷時の心拍数を測定してそれに比例する最大酸素摂取量を推定する方法もある。運動負荷は疲労困憊まで最大に実施する最大負荷検査(maximal test)と一定負荷を与えて短い時間内に測定する最大下負荷検査(submaximal test)がある。

(1) トレッドミル検査

運動負荷有酸素運動検査の目的は心肺持久力と運動安定性を評価して, 心疾患の進行を予測して, 心疾患治療の反応をみるころにある。運動負荷検査を通じて検査する項目は有酸素能力つまり, 最大酸素摂取量, 血圧, 脈拍数など血力学的変化, 臨床症状と症候(胸痛, 息のあがり程度, 主観的運動強度<Borg's perceived-exertion ratings>), 心電図変化, 無酸素性閾値などである。無酸素性閾値(AT = anaerobic threshold)は運動を持続するとき無酸素性代謝が発生する時点, つまり乳酸がたまったり(乳酸閾値)二酸化炭素排出量が増えたりする(ventilatory threshold)時点である。有酸素運動能力が優れている人は無酸素性閾値も高い。

心電図反応で重要なのはST波が低くなることである。ST下降は低いままの維持(horizontal), 持続下降(down sloping)が0.1mV以上80ms以上持続することを意味する。一般的に持続下降は低いまま維持するより深刻で下降程度, 時点, 持続期間, 異常所見, lead数, 回復するまで持続するのも深刻さを反映するのである。運動負荷検査するときは心電図以外に他の種目も観察しないとイケない。まず症状として胸痛が特に大事である。最大運動負荷で冠状動脈疾患患者の50%だけ症状があつて, 胸痛程度と疾病程度とは一致しないことを考慮しないとイケない。しかし4MET以下で症状が現れたら危ない。頭痛あるいはめまいは心拍出量が足りないことを示唆している。運動負荷検査で観察する血力学指標は血圧, 脈拍, 主観的運動強度などである。運動増加につれ血圧は増加するが, もし減少したら深刻な冠状動脈疾患を示唆していて心室細動など危険な不整脈を起こす可能性が高い。収縮期血圧が20~30mmHgより低く増加したら大動脈出口閉鎖(aortic outflow obstruction), 左心室機能不全などを疑う。

脈拍数も正常であれば運動中に酸素摂取量と比例して増加する。年齢で推定する最大心拍数(220-年齢)は検査中断の絶対的な基準ではない。年齢で推定する最大心拍数の85%以下まで到達した検査は最大下検査(submaximal testing)として扱われる。β-遮断剤などを飲んでいたり心房細動があつたりした時は心拍数は基準となれない。

主観的運動強度(Rate of perceived exertion)は運動するとき辛さの程度を表現するものでβ-遮断剤など心拍数変動要因に影響を受けない利点がある。

運動検査の流れをみるとまず3時間絶食と禁煙をする。対象者に検査の流れと危険性を説明しないとイケない。一般的に検査による危険な症状は10万回検査で8回程度発生する。記録紙には以下の内容が記入されていないとイケない<表2>。

表2：運動検査時の記録事項

-
- 1) プロファイル：氏名, 住所, 性別, 年齢, 体重, 身長
 - 2) チャート番号
 - 3) 検査日
 - 4) 検査理由/適応症
 - 5) 薬物, pacemaker使用有無
 - 6) Baseline 12 lead ECG, standing and hyperventilation
 - 7) Ambient condition：気温, 湿度, 気圧
 - 8) Exercise protocol
 - 9) 検査時間, 中断理由
 - 10) METs, VO₂, Vco₂, R, AT
 - 11) VE and AT
 - 12) 症状, 症候
 - 13) 心拍数, 血圧, ST level(安静時, 各stage, peak exercise, 回復期)
 - 14) CAD pre and post-test probability
 - 15) Comments/ conclusion
 - 16) 同意書
-

運動負荷検査で一番使われる方法はトレッドミル検査で、検査過程プロトコールは様々な方法があつてその中でBruce protocolが一番使われている。これは毎3分ずつ速度と傾斜を変えるので、すこし難しい。Stage別運動強度増加速度が2~3METsに該当するからである。したがってBruce protocolは心臓疾患患者には適切ではない。

Balk-Naughtonトレッドミルプロトコールは速度を2.0~3.3mphに合わせて傾斜を毎2~3分2~3%ずつ上げる方法である。Modified Balke type protocolは運動能力が足りない心臓患者には合っている。運動負荷増加が緩やかであるからだ。その他にもEllestad, Astrand protocolなどがある。

(2) フィールド 検査

一定な時間に与えられた距離を歩いたり走ったりする検査方法である。たとえば6分、12分、15分歩き、1マイル歩きなど様々な方法がある。フィールド検査の利点は簡単でたくさんの人を一度にあまりお金をかけずに検査できる点である。弱点は無理になることと血圧あるいは脈拍など患者さんの状態を測定できないことである<表3>。

6分歩きを例えると、30.5メートルの距離の始まりと終わり部分に椅子を置いて患者が自分の速度でそのくらいできるかを把握するのに、椅子にかけて休んで歩くことを許す。験者が毎2分、時間を教え終わったら症状を記録する(例：胸痛、息あがり、疲労、めまい、失神)。フィールド検査の結果をベースに最大酸素摂取量を以下のように計算できる。

表3：最大酸素摂取量推定のための予測方程式

<p>■ Rockport One-Mile Fitness Walking Test</p> $\dot{V}O_2\max = 132.853 - 0.1692(\text{body mass in Kg}) - 0.3877(\text{age in years}) + 6.315(\text{gender}) - 3.2649(\text{time in minutes}) - 0.1565(\text{HR})$ <p>- Gender = 0 for female, 1 for male; HR is taken at the end of walk - Standard error of estimate; 5.0 ml/kg/min</p>
<p>■ 1.5 mile run test</p> $\dot{V}O_2\max (\text{mL/kg/min}) = 3.5 + 483 / (\text{time in minutes})$
<p>■ Cooper 12分検査</p> $\dot{V}O_2\max = 3.126 \times \text{meter} - 11.3$
<p>■ Balke 15分検査</p> $\dot{V}O_2\max = 2.67 \times \text{meter} + 9.6$

(3) 自転車検査 (mechanically braked ergometer)

トレッドミル運動検査を行うことができない場合つまり整形外科的な問題があるか歩行時にバランスをとれない人の場合は自転車検査が適切である。

自転車検査は運動強度をコントロールできやすく、運動中の体の揺れによっての心電図または血圧変化が少なく、比較的安い利点がある。自転車に慣れてない人は局所的な筋肉疲労が早くなるために運動能力の低評価につながる弱点がある。

Astrand-Rhyming cycle ergometer testは6分間持続させる単一段階検査である。研究者たちは最大酸素摂取量の50%で自転車運動する時、平均1分あたりの心拍数は男性128回、女性138回になることが明らかになった。したがって138回脈拍数で運動した女性の酸素摂

取量が1.5L/minであれば最大酸素摂取量は3.0になる。自転車負荷量、5分と6分の時点での心拍数平均をmodified Astrand~Ryhmng nomogramに適用して最大酸素摂取量を求めることができる。

ほとんどの研究で最大心拍数は自転車とトレッドミル検査の結果と似る。しかし自転車検査の最大酸素摂取量は5~10%低く、収縮期血圧は少し高かった。酸素摂取量が低く出る理由は使われている筋肉量が相対的に少ないため、強く握る等尺性運動が行われるため血圧が少し高くなる。

(4) ステップテスト

階段を上がったり下がったりを繰り返ししながら、また回復時期の心拍数を測定して有酸素能力を評価する検査方法である。装備が簡単で携帯できるし検査が難しくないので時間もあまりかからないのでたくさんの人を対象に測定できる利点がある。バランス感覚が弱っているか、体力が非常に少ない人には適合しない検査方法である。

検査方法によって階段の高さと速度が違うのでAstrandとRythmingは女性で33cm、男性で40cm高さの階段を用いて1分あたり22.5ステップをするようにした。Maritzなどは30.5cm高さの階段を用いて4段階に速度を上げた。運動時の心拍数で運動能力を推定した。

運動後の回復時の心拍数で運動能力を推定できる方法もあって代表的なのは3-Minute YMCA step testである。これは30.5cm階段を用いて1分当たり24ステップをするように行う。これは25.8ml/kg/minの酸素摂取量の負荷量である。運動後、被験者を座らせて心拍数を1分間測定する。心拍数測定は少なくとも運動後5秒以内に測らないといけない。回復時の心拍数を用いて最大酸素摂取量を推定する。

2) 筋力及び筋持久力

(1) 筋力検査

筋力は等尺性、等長性、等速性運動方法で測定できる。等尺性(isometric)検査は関節を動かさずに力を入れるもので握力系が代表的である。検査が易しくて怪我しない利点があるが、一定の関節角度で一部の筋力のみ測定できる制限点がある。等長性(isotonic)検査は一定の重りを動かしながら測定する方法が多い。等速性(isokinetic)検査は自然系ではない動き、つまり一定の速度ですっと動かせるように作られた機械を用いて行う検査で、加速度を利用しないため筋力自体を正確的に測定できる利点があるが、装備価額がとても高い弱点がある。

等長性検査の代表的な方法は1回上げるのに精いっぱい重さを測定する1RM(repetition maximum)評価である。一定反復可能な重さを測定する方法も可能である。たとえば4RMは4回精いっぱい動かせる重さを意味する。しかし一定回数反復運動がうまくいからと言って1RM能力がいいのではない。

また、1RMの一定百分率に該当する重さを何回反復できるかを測定する検査方法も可能であるが、反復回数の変動幅が大きいため適切な検査方法ではない。したがって1RMを一番適切な筋力検査方法として使われている。1RM測定方法は以下のとおりである(Logan et al., 2000)。

■ 重量が軽いので準備運動を行う。普通予想される最高重さの50%で8~10回反復運動すればいい。

■ 休息時間を3~5分にして4回行って1RMを決める。

- 予想される最高重さの50～70%で始める.
- 重りを2.5～20kgまで上げてそれ以上上げられないまで測定する. すべての測定は同じ速度で同じ程度動かして評価する.
- 最後に上げられた重さを1RMとする.

(2) 筋持久力検査

最大重さより軽い重りを用いて最大反復回数を測定したり等尺性運動時間を測定する方法で検査できる. curl～up, push～upなど自身の重さを利用したり機会を利用したりできる. YMCA bench press検査で男性は36kg, 女性は16kgの重りを使うのに1分あたり30回反復速度で検査する.

(3) 柔軟性

子供は座って腰を曲げて(sit and reach test)測定して, 大人は立って腰を曲げて(forward bending)測定できる. 前屈検査は腰の柔軟性よりハムストリング(hamstring)の柔軟性を測れるといえる(Jackson & Baker, 1986).

(4) 瞬発力

8～15歳では走り幅跳びで, 16歳以上では垂直跳びで測定する.

(5) バランス

目を閉じて片足で立ってバランス感覚を測定する.

(6) 敏捷性

子供は床から跳ね返ってくるボールを手でたたく方法で, 大人はサイドステップで測定する. 電気信号を見て動く時間を測定する方法もできる.

(7) 協応性

一定な距離で箱にボールを入れて測定する.

2. 運動処方

身体活動と健康に関して4個の項目が発表されて, 一つはアメリカ心臓協会(American Heart Association: AHA)で発表されたもので非活動を心臓疾患の主な危険要因とする(AHA, 1992). 臨床運動リハビリテーションのための運動処方の一般的な勧奨事項及び身体活動指針を<表4>に示した.

表4: 運動処方の一般的な勧奨事項

-
- 1) できるだけ多く動けるようにする(Blair et al, 1989; Paffenbarger et al, 1993; Sandvik, et al, 1993).
 - 2) 健康を維持及びもっとよくするためには普段より息が上がる程度の中強度身体活動を1日に30分以上, 1週間5日以上行うようにする(Paffenbarger et al, 1993; Nehlsen-cannarella et al., 1991).
 - 2)-1. 上記のような活動に無理なくまたはより体力を高めようとするのであれば, 普段より息がもっと上がるような高強度身体活動を20分以上, 1週間に3日以上規則的に行うようにする(Paffenbarger et al, 1993; Morris et al, 1990; Manson et al, 1991).
 - 3) ストレッチングなどの柔軟性運動は毎日行うようにする(Parsons et al, 1992; Bandy et al., 1977).
-

- 4) 筋力運動は身体部位別に1週間に2~3回行うようにする(Parsons et al, 1992; Bandy et al, 1977; Pollock et al., 1999).
- 5) TVまたはビデオゲーム, パソコン作業などのような動かないで過ごす余暇時間を1日2時間以内にする(Hancox et al, 2004; Committee on Public Education 2001).

つまり, 有酸素運動と筋力運動, ストレッチングを勧奨して普段より身体活動量を増やすことが望ましい。

1) 有酸素運動勧奨指針

アメリカスポーツ医学会などのスポーツ医学専門家らは有酸素運動を以下のように進めている。大筋肉群つまり大きい筋肉を20分から60分程度動かす運動で, 1週間に3~5回頻度で, 最大余裕心拍数(HRR, heart rate reserve)または最大余裕酸素消費量(VO2R, maximal oxygen consumption reserve)の40~85%強度で運動するが, 最少はもっと低い水準で運動して徐々に何週間かけて運動強度を増やす。

最大余裕酸素消費量は最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\text{max}$)から安静時の酸素摂取量を引いたもので, 最大余裕心拍数は最大心拍数から安静心拍数を引いたものである。

最大酸素摂取量または最大心拍数は実際に運動負荷検査で測定するのが一番正確である。すなわち, 運動能力評価で一番重要な有酸素運動能力評価は運動負荷検査で評価するのがベストである。

しかし, 中強度の身体活動(最大余裕酸素消費量の40~60%)を数回にかけて総30分以上, 毎日行うと健康を維持するのに効果的である。すなわち, 中強度の身体活動も健康に良くて, 少しずつ分けて運動するのも効果的である。したがって活動量が少ない人には日常生活で速歩を行うなど普段よりもっとたくさんの活動を続けることだけでも運動効果がある程度期待できる。

アメリカ政府が最近改定した身体活動指針は, 1日に約150~200kcal程度を消費できる中強度運動を1週間に150分以上を行ったり, 高強度運動を1週間に75分以上行ったり, この二つをうまく合せたりすることを進めている(US Department of Health and Human Services 2005)。

ACSM(1995)指針で4~7kcal/minは3~6METの強度としている。これをベースに150kcal勧奨量と関連して以下の計算式で必要な時間を計算することができる。

$$\text{分(min)} = \frac{(150\text{kcal} \times 60\text{min/hr})}{\text{METs(kcal/kg/hr)} \times \text{kg}}$$

METs: metabolic equivalents

(1) 運動の種類

運動の種類は現在運動能力, 個人的な興味および経済状況によって選択すればいい。運動は衝撃程度によって高衝撃運動と低衝撃運動に分けられる。衝撃とは足が地面に着く瞬間身体にかかる負荷量である。運動初心者, 老人, 過体重者, 骨粗鬆症, 関節炎患者および慢性病患者には走り, ジャンプ, 競争するスポーツなど高衝撃運動が損傷を起こすかもしれないので水泳, 徒歩, 自転車, ローイングなどの低衝撃運動を行うべきである。

(2) 運動の強度

運動の強度は心肺機能を向上させる程度の刺激を与えて過度な負担にならないように決めないといけない。最大余裕酸素消費量($\dot{V}O_{2R}$)または最大余裕心拍数(HRR)を基準に運動強度を決める。勧奨される運動強度は大体40~85%である。若くて健康であれば大体50~85%で、高齢で運動したことがない人は40~50%で運動する。最大余裕酸素消費量は前述したように最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)で安静酸素摂取量を引いた値で、最大余裕心拍数は最大心拍数から安静心拍数を引いた値である。

したがって目標運動強度計算式は以下のようである。

■ 目標酸素消費量 = 運動強度(%) × (最大酸素消費量 - 安静酸素消費量) + 安静酸素消費量

■ 目標心拍数 = 運動強度(%) × (最大心拍数 - 安静心拍数) + 安静心拍数

最大酸素消費量と最大心拍数は直接測定すれば正確に分かる。しかし、直接測定するためにはガス分析器などの装備が必要である。医療現場では推定式を用いた最大心拍数を用いるのが現実的だ。人々の最大心拍数は<220 - 年齢>に該当する。したがって推定心拍数は<220 - 年齢>になる。しかし、これは12~15bpmの誤差があることを注意しないとけない。たとえば安静時心拍数が1分当たり70回で運動経験がない60歳男性の目標心拍数を求めてみよう。まず推定最大心拍数は220 - 60つまり160になる。勧奨運動強度は40~50%が適切である。したがって目標心拍数(THR, target heart rate)は以下のようである。

■ 最低目標心拍数: $40\% \times (160 - 70) + 70 = 106$

■ 最大目標心拍数: $50\% \times (160 - 70) + 70 = 115$

1分当たり心拍数が106~115に維持できる程度の運動を進める。運動中の心拍数は本運動5分後歩いたりちょっと休んだりしながら頸動脈または腰骨動脈で10秒間脈拍数を測定した後6をかける方法で測定する。ただ β -遮断剤、妊娠など運動による心拍数変化に影響がある状況では心拍数を運動強度の指標として使うことはできない。

どのくらいきついかを主観的に20点単位で表示したのを主観的運動強度(Ratings of perceived exertion, RPE)という。つまり‘非常に楽である’を0点、‘非常にきつい’を最高点にして‘楽である’、‘ややきつい’、‘きつい’などの表現を中間点数で表示する方法である。RPEは心理学者であるBorgが開発した尺度で20点単位の場合には各点数に10をかければ大体心拍数を表す。一般的に高強度はきつい(15点)に該当して、中強度はややきつい(13点)に該当する<表5>。

表5：主観的運動強度

	Borgの英語表記	日本語訳表記(小野寺ら)
20		
19	very very hard	非常にきつい
18		
17	very hard	かなりきつい
16		
15	hard	きつい
14		
13	somewhat hard	ややきつい

12		
11	fairly light	楽である
10		
9	very light	かなり楽である
8		
7	very very light	非常に楽である
6		

(3) 運動時間

1回運動は目標運動強度で20～60分くらいできる。勿論運動強度が低いともっと長く行って、高いと短くする。しかし運動初心者は最初は楽な程度で運動中止して徐々に強度と時間を増やした方がいい。

(4) 運動頻度

1週間に3～5回が適切である。毎日行えば損傷の危険が増して疲労が蓄積して、1～2回以下であれば身体運動能力(aerobic fitness)向上あるいは体重減少効果が低い。

(5) 運動増加速度

健康状態が悪かったり、体力が弱かったり、初心者であれば徐々に運動を増加させる。初期2～6週の間は適応期で1週間に3回程度行いが低強度で行わなければいけないストレッチングと軽い体操(calisthenics)をたくさん入れた方がいい。適応期間が過ぎたらほとんど目標運動強度に到達できる。

増進期は1～6か月程度で1週間に3～4回運動を行って、毎2～4週ごと運動強度と持続時間を増やす。約6か月後の維持期では1週間に約1,000カロリーを消費するように運動する。つまり、昼時間を利用して運動したり、出退勤の時速歩を行ったりするなど業務に支障がないようにする。また運動を一緒に行うパートナーが居たらよくて、家族の支えもあったらもっといい。

2) 筋力運動勧奨指針

筋力運動は自身の体重、ダンベル、ウェイト装備または弾力バンド(Therabandなど)などを利用した筋力と筋持久力強化運動である。筋力強化をするためには最大筋力の2/3以上の重さを用いて運動することが効果的である。筋力運動初心者は無理しないように自身の最大能力の60%の重さを持って運動した方がよくて、熟練者は最大能力の80～100%の重さで運動できる。最大筋力は一気にあげられる一番重い重さつまり1RM(repetition maximum)をいう。運動方法は目的によって違うが筋力強化が目的であれば最大筋力の80～85%の重さで6～8回反復するのを1～3セット行うことが効果的である。筋持久力強化が目的であれば最大筋力の60%以下の重さで15～20回反復することを1～3セット行うことがよい。筋パワーつまり短い時間で強い力を出すことが目的であれば3～5回反復を1～3セット行うことを勧奨する。

筋力運動中の休憩時間も大事である。一般的に軽い重さの運動を行う時にはセット間1～2分休憩を入れるのがよくて、重い時には3～5分以上がよい。休憩時間が短ければ筋肉が十分に休めなくて、休憩時間が長いとウォーミングアップができてなくて怪我しやすい。

筋力運動をするときは器具を体側に引くときは息を吐いて、体の外側に押すときは息を

吸うのがよい。筋力運動は身体全体の筋肉すべてをまんべんなく行うことがよい。つまり上半身では腕の前後、肩、胸などを、胴体では腹部、脇腹、腰を、下半身では太ももの前後、ふくらはぎ、臀部筋肉運動をしなければならない。

Ⅲ. 結論

運動と身体活動指針に従って危険負担なしに効果的に運動をするためには運動前に検診を受けて個人運動能力を評価する必要がある。検診によって心臓病、筋骨格筋系問題などがあることを排除しなければならない。

運動は有酸素運動と筋力、柔軟性運動が勧められている。バランス感覚はこのような運動をするとき自然に向上する。したがって有酸素運動能力と筋力、柔軟性などを評価する必要がある。それに加えてバランス感覚を評価すると4つの基礎体力を知ることができる。有酸素運動能力はトレッドミル、自転車、フィールド検査とステップ検査などで測定する。筋力は1 RMが代表的測定方法である。

柔軟性は座って腰を曲げる、立って腰を曲げることで測定できる。バランス感覚は閉眼片足上げが一番代表的な測定方法である。その他にも必要であればバランス、敏捷性と協応性など評価する方法もある。

運動評価結果の後、有酸素運動と筋力運動の処方ができる。有酸素運動は中強度で30分ずつ週5回以上あるいは1週間に150分以上を行ったり、高強度で20分ずつ3回以上または1週間に75分以上を行ったりするように処方する。

筋力運動は筋肉別に週2~3回を行うようにする。有酸素運動強度と筋力運動重量は運動評価結果に基づいて決定する。

謝辞

この論文は、3年間松本大学人間健康学部スポーツ健康学科と交流している韓国の東新大学運動処方学科学科長であるLEE Joong-Chul先生の論文である。今後の交流の期待を込めてここに感謝の意を表す。

参考文献

- American College of Sports Medicine (1995). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*, 5th edition, Baltimore, Williams & Wilkins.
- American Heart Association (1992). Statement on Exercise. Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. *Circulation*. 86. 340-344.
- Bandy, W.D., Irion, J.M., & Briggler M. (1977). The Effect of Time and Frequency of Static Stretching on Flexibility of The Hamstring. *Physical Therapy*. 77, 1090-6.
- Berlin, J.A., & Colditz, G.A. (1990). A meta analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epid*. 132, 612-28.
- Blair, S.N., Kohl, H.W. 3rd, Paffenbarger, R.S., Clark, D.G., Cooper, K.H., & Gibbons, L.W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy men and women. *JAMA*. 262, 2395-401.

- Committee on Public Education (2001). Children, Adolescents, and Television. *Pediatrics* (10)7, 423-5.
- Franco, O.H., de Laet, C., Peeters, A., Jonker, J., Mackenbach, J., Nusselder, W.(2005). Effects of Physical Activity on Life Expectancy With Cardiovascular Disease. *Arch Intern Med.* 165, 2355-60.
- Hancox, R.J., Milne, B.J., & Poulton, R.(2004). Association between child and adolescent television viewing and adult health: a longitudinal birth cohort study. *Lancet.* 364, 257-61.
- Haskell, W.L., Lee, I.M., & Pate, R.R et al.(2007). Physical activity and public health: updated recommendation from the American College of Sports Medicine and American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 39(8), 1423-34.
- Jackson, A.W., & Baker, A.A.(1986). The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Res Q Exerc Sport.* 57(3), 183-186.
- Logan, P., Fornasiero, D., Abernathy, P.(2000). *Protocols for the assessment of isoinertial strength.* In: Fore CJ, editor. Physiological tests for elite athletes. Champaign (IL): Human Kinetics, p-200-21.
- Manson, J.E., & Rimm, E.B.(1991). Physical activity and incidence of non-insulin-dependent DM Women. *Lancet.* 338, 774-8.
- Morris, J.N., Heady, J.A., Raffle, P.A., Roberts, C.G., & Parks, J.W.(1953). Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet.* 265, 1111-20.
- Morris, J.N., Clayron, D.G., Everitt, M.G., Semmence, A.M., & Burgess, E.H.(1990). Exercise in leisure time: coronary attack and death rates. *Br Heart J.* 63, 325-34.
- Nehlsen-cannarella, S.L., Nieman, D.C., & Balk-lamberton, A.J.(1991). The effects of moderate exercise training on immune response. *Med Sci Sports Exerc.* 23, 64-70.
- Paffenbarger, R.S. Jr., Hyde, R.T., Wing, A.L., & Hsieh, C.C.(1986). Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *NEJM.* 314, 605-13.
- Paffenbarger, R.S., Hyde, R.T., Wing, A.L., Lee, I.M., Jung, D.L., & Kampert, J.B.(1993). The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *NEJM.* 328, 538-45.
- Parsons, D., Foster, V., Harman, F., Dickinson, A., Olivia, P., & Westerlind, K.(1992). Balance and strength changes in elderly subjects after heavy-resistance strength training. (*Med Sci Sports Exerc.* 24suppl), S21.
- Pate, R.R., Pratt, M., Blair, S.N., Haskell, W.L., Macera, C.A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G.W., & King, A.C.(1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA.* 273, 402-7.
- Pollock, M.L., Gaesser, G.A., Butcher, J.D., Despres, J.P., Dishman, R.K., & Franklin, B.A.(1999). ACSM Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 30, 975-91.
- Saltin, B., & Rowell, L.B.(1980). Functional adaptations to physical activity and inactivity. *Fed Proc.* 39, 1506-13.
- Sandvik, L., Erikssen, J., Thaulow, E., Erikssen, G., Mundal, R., & Rodahl, K.(1993). Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *NEJM.* 328, 533-7.
- Taylor, R.S.(2004). Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med.* 116, 682-92.
- US Department of Health and Human Services and US Department of Agriculture(2005). *Dietary Guidelines for Americans.* Washington, DC, 2005.