



資料

糖尿病患者への新しい運動療法の試み

HIIT を用いたセミパーソナルトレーニングジム

真田 将幸^{1*}, 嘉数 直人¹

1. 林医院リハビリテーションセンター

要旨

【目的】短時間の実施で効果が期待できるトレーニング法である High Intensity Interval Training (以下, HIIT) に関する事と, 当院で実施している糖尿病患者に対する新しい運動療法の試みについて紹介すること.

【HIIT の有効性】健常人や疾患を有する患者を対象に時間的効率性, 継続性, 有効性, glucose transporter type 4 (以下, GLUT4) への関与などの先行研究を閲覧した結果, 中等度負荷の持続運動と比較し, より短時間で最大酸素摂取量, ミトコンドリア, GLUT4 を増やし, 運動の楽しさや継続性が高く, 血糖コントロールに優れたトレーニング法であることが示唆された.

【当院における HIIT の取り組み】当院外来通院中の糖尿病患者を対象にしたセミパーソナルジムを保険外診療にて実施している. 内容は, 実質のトレーニング時間が 7 分 30 秒間の HIIT の実施と共に, 運動と栄養に関する双方の指導を理学療法士が実施している. 参加者からは, 「しんどいけど楽しい」, 「参加してから血液検査の結果が良くなっている」, 「血圧が下がった」, 「歩きやすくなった」, 「間食しないようになった」などの声が上がっている.

【考察】HIIT は短時間の運動で健康上の利益が得られるために, 忙しくて運動できない糖尿病患者への運動指導にも用いることができると考える.

*責任著者連絡先:

真田 将幸

林医院リハビリテーションセンター

〒663-8113 兵庫県西宮市甲子園口 3-9-23

E-mail: sanada@hayashi-med.com

キーワード:

HIIT, 糖尿病, 運動療法

初回投稿受付日: 2021 年 11 月 21 日

採択日: 2022 年 2 月 1 日

はじめに

近年, テレビ, 新聞, インターネット上などで「人生 100 年時代」というワードを頻繁に目にするようになった. この「人生 100 年時代」とは, 「LIFE SHIFT」¹⁾の

著者であるリンダ・グラットンらが提言したもので, 「今後, 寿命が 100 歳前後まで伸びていくにあたって, 国・組織・個人が老後の過ごし方の見直しを迫られている」という内容を表す言葉として用いられている. 人

生 100 年を謳歌するためには、健康寿命を延ばす（寿命に近づける）ことが必要であり、そのためには、運動・栄養・睡眠（休養）などが重要であることは言うまでもない。

身体活動・運動（以下、運動）が、多くの生活習慣病を予防・改善し、健康の維持や介護予防に効果的であることは、いまや常識であると思われる。しかし多くの人々は、運動の恩恵を理解しているにもかかわらず、運動が定着しない場合が多い。内閣府が行った調査²⁾（図 1）では、この一年間で運動を行わなかった理由で最も多かった回答は「忙しくて時間がないから」であった。また、令和元年国民健康・栄養調査³⁾（図 2）において、運動習慣の定着の妨げになっていること

で最も多かった回答は、これも「忙しくて時間がないから」であった。また糖尿病患者においても、「忙しくて運動する時間がない」という嘆きを側聞することがある。これらのことから、糖尿病をはじめとする生活習慣病患者などに対する運動指導において、忙しくて運動する時間がない患者に対しても適応するような運動指導内容の構築が急務であると考ええる。

そこで今回は、短時間の実施で効果が期待できるトレーニング法である High Intensity Interval Training（以下、HIIT）に関する事と、当院で実施している糖尿病患者に対する新しい運動療法の試みについて紹介する事を目的とする。

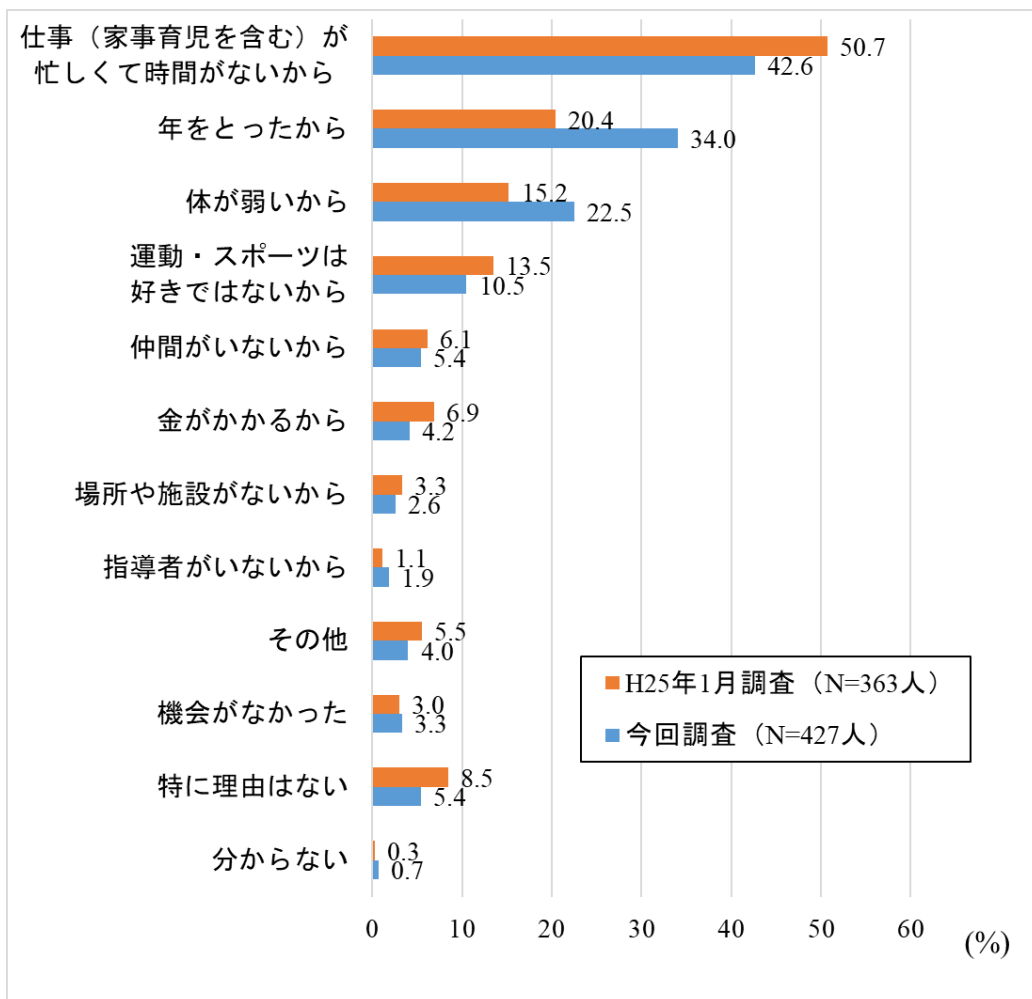


図 1. この 1 年間に運動やスポーツを行わなかった理由（文献 2 より引用し一部改変）

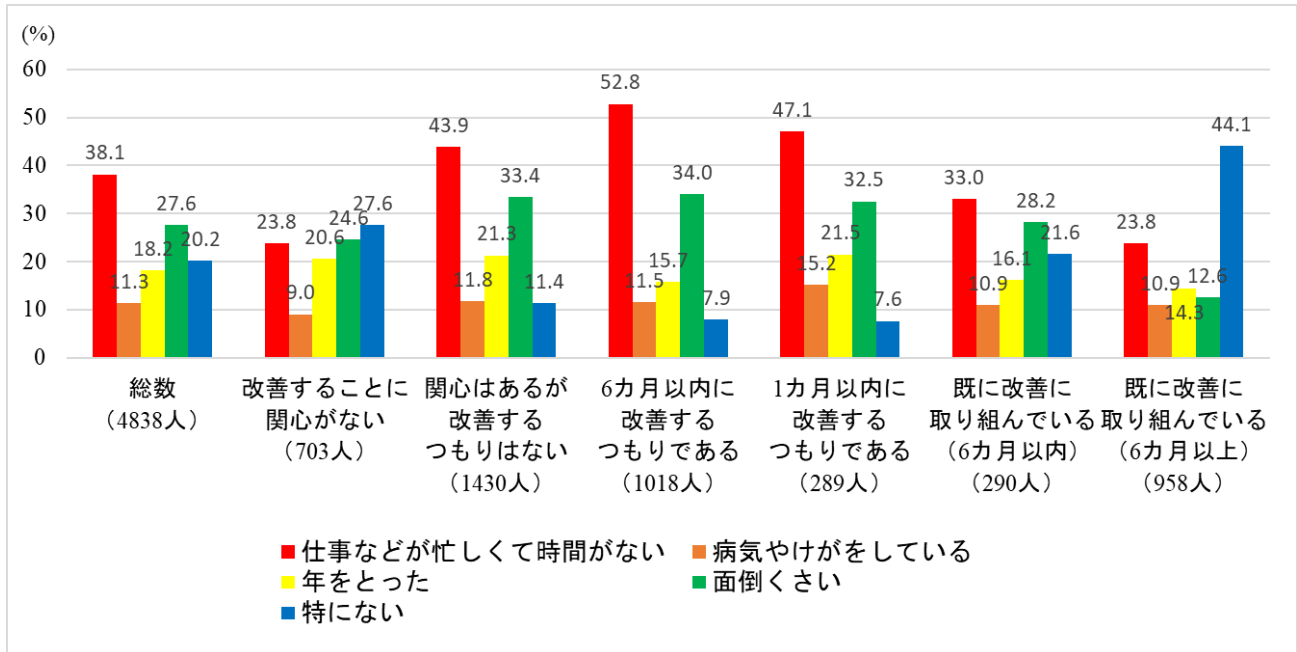


図 2. 運動習慣の定着の妨げになっているもの (文献3より引用し作図)

HIIT について

2000 年頃から、アスリートなどの間で注目されている HIIT というトレーニング法がある。高強度運動と休憩を短いスパンで交互に行うトレーニング法で、週に数回、1 回たったの数分間の運動を 6 週間するだけで飛躍的に有酸素性および無酸素性エネルギー供給機能が向上するというものである。この HIIT は、1996 年に田畑泉らの論文⁴⁾が発表されて以後、欧米で「TABATA TRAINING」や「TABATA PROTOCOL」と名付けられ大流行し、それが近年、我が国においても逆輸入的に HIIT として認知度が高まってきている。医学界においても HIIT に関する論文がここ数年の間で大きく増えてきているが、国内での論文数はまだ少ないのが現状である。

HIIT の実施方法は決まった方法はなく、運動の強度や時間、休憩の種類や時間、セット回数などの組み合わせで様々なタイプが存在する⁵⁾。HIIT のルーツである「TABATA TRAINING」では、20 秒の運動と

10 秒の休憩を 6~8 回繰り返す。ここで大切なことは、トレーニング終了時に疲労困憊(目安は最大心拍数の 70%以上)まで追い込むことである⁶⁾。これを週に 2~3 回実施する。運動の種類は、スクワット、腹筋運動、腕立て伏せ、バーピー、短距離ダッシュ、トレッドミル、エルゴメーターなど何でも可能である。しかし、一般人や患者を対象に実施するのであれば、下肢筋や体幹筋のような大きな筋群をダイナミックに動かすような運動が推奨されている。

HIIT の有効性

時間的効率性

HIIT は、短時間で終わることができるという時間的効率性に優れていることが最大の特徴である。その時間的効率性に関して Gillen ら⁷⁾は、デスクワークに従事している男性 25 人(平均年齢 27±9 歳)を対象に 12 週間のトレーニング前後の最大酸素摂取量とインスリン感受性を 3 群間で調査している。群分けは、

持続的運動群 10 人(負荷量 110W の自転車エルゴメーターを最大心拍数の 70%を超えないように 45 分間駆動, 週に 3 回実施), HIIT 群 9 人(負荷量 500W の自転車エルゴメーターを全力で 20 秒間駆動し 2 分間の休憩を計 3 セット実施, 週に 3 回実施), コントロール群 6 人(運動は行わず, 普段通りの生活を送る)とした。結果は, 最大酸素摂取量において, 持続的運動群と HIIT 群間で同等の改善効果を認めた。インスリン感受性においては, 持続的運動群よりも HIIT 群の方が高い改善率を示した。HIIT 群は, 実質的に 1 日に 20 秒間×3 セット=1 分間(週に 3 分間)の運動しか実施していない。それが 1 日に 45 分間(週に 135 分間)の中等度負荷での持続運動と同等か, それ以上の効果を認めたということはまさに衝撃的であるが, 今後はランダム化比較試験によって更に検証を行うことが期待される。

Metcalfe⁸⁾らは, 2 型糖尿病 11 人の男性(平均年齢 52 ± 6 歳)を対象に 3 種類の運動後 24 時間の平均血糖値をランダム化クロスオーバー試験にて調査している。運動の種類は, 中等度負荷の持続運動(自転車エルゴメーターを最大運動強度の 50%の負荷量で 30 分間駆動する), HIIT①(自転車エルゴメーターを最大運動強度の 85%の負荷量で 60 秒間駆動し 60 秒間の休憩を計 10 セット), HIIT②(自転車エルゴメーターを体重の 5%に相当する負荷量で駆動する。駆動してから 2 分 40 秒からと 6 分 40 秒からの 20 秒間のみ全力で駆動し, 10 分間が経過したら終了)である。これらの 3 種類の運動は 5 日以上経過してから実施し, 全対象者の運動量や食事内容は標準化されている。結果は, 運動をしていない時の 24 時間の平均血糖値と比し, HIIT ② ($-0.58 \pm 0.41\text{mmol/L}$, $p = 0.008$)のみ有意に低下していた。

これらのことより, HIIT の高い時間的有用性が示唆されているが, いずれも大規模な調査でない。そのため今後は, より大規模な調査が必要と考える。

継続性

一般に運動は, それがどんなに素晴らしいトレーニング方法であっても, 継続できなければ意味をなさない。したがって, 運動の継続性は重要な意味を持つ。運動が継続し定着するためには, 運動を楽しいと思えることが重要である。Thum ら⁹⁾は, 12 人の健康人(平均年齢 25.5 ± 10.7 歳)を対象に, HIIT と中等度負荷の持続運動を行った場合の運動の楽しさを調査している。結果は, 運動直後の疲労感は中等度負荷の持続運動と比べ HIIT の方が強かったものの, Physical Activity Enjoyment Scale(運動の楽しみ度スコア)は HIIT の方が有意に高く, 対象者の 92%は HIIT の方が楽しいと答えている。また, Heisz ら¹⁰⁾も若年者を対象に, 自転車エルゴメーターを用いて HIIT と中等度負荷の持続運動を行った場合の運動の楽しさを調査している。方法は, HIIT 群(最大心拍数の 90-95%の運動を 1 分と休憩 1 分を 10 セット, 週 3 回)と中等度の持続運動群(最大心拍数の 70-75%の運動を HIIT と同等のエネルギー消費量となるように連続 27.5 分間, 週 3 回)に分け, Physical Activity Enjoyment Scale(運動の楽しみ度スコア)を 6 週間にわたり算出し比較している。結果は, 中等度の持続運動群では楽しみ度が減少傾向であったのに対して, HIIT 群では楽しみ度が増加傾向にあった。Reljic ら¹¹⁾は, 活動性が低い 34 人を対象に HIIT と中等度負荷の持続運動を行った場合の離脱率を調査している。方法は, HIIT 群①(最大心拍数の 85-95%の運動を 4 分 2 セット, 週 2 回, 所要時間は準備運動も含め 30 分/週), HIIT 群②(最大心拍数の 85-95%の運動を 1 分 5 セット, 週 2 回, 所要時間は準備運動も含め 28 分/週), 中等度運動群(最大心拍数の 65-75%の持続運動を週 1~2 回, 所要時間は 76 分/週)に分け, 8 週間継続するように依頼した。結果は, 8 週時点での離脱率は, HIIT 群①が 17%, HIIT 群②が 8%, 中等度運動群は 37%であった。また, 3 群の最大酸素摂取量の増加は, HIIT 群①が+20%, HIIT 群②が

+27%, 中等度運動群は+16%であった。つまり, 中等度運動群と比べて約 60%も運動時間が短い HIIT 群の方が, 離脱率が低く, 最大酸素摂取量が向上した。また, HIIT 群①と②を比べると, 運動時間が短い②の方が, 離脱率が低く, 最大酸素摂取量の改善率が高かったことも興味深い。

以上のことから, HIIT は中等度負荷の持続運動と比べ, 楽しみが高く, 継続性が高いことが示唆された。しかしながら, 健常人を対象にした報告は多いものの, 糖尿病患者を対象にした報告は皆無に等しい。そのため今後は, 糖尿病患者における年代別, 体力別, 活動量別などの検討の余地があると考えられる。

疾病を有する患者への HIIT

HIIT の有効性調査は健常人を対象にしたものばかりでなく, 疾病を有する患者を対象にした報告も散見する。Weston ら¹²⁾は, 273 人の循環器疾患(冠動脈疾患, 心不全, 高血圧)患者や代謝障害(メタボリック症候群, 肥満)患者を対象に, HIIT と中等度負荷の持続運動を行った場合の最大酸素摂取量の改善効果についてのメタ解析を行っている。結果は, 最大酸素摂取量の改善において, HIIT は従来の中中等度負荷の持続運動よりも 9%高い効果を示している。別の調査¹³⁾では, 心筋梗塞後のリハビリテーションにおいて, 心機能や心理的側面における HIIT と中等度負荷の持続運動との比較を行っている。結果は, HIIT が心機能の改善だけでなく, 心理的側面や活動性の向上にも, より効果的であった。Liu ら¹⁴⁾は, 2 型糖尿病患者に対する HIIT と中等度負荷の持続運動の改善効果を比較している。方法は, 血糖コントロール, 体組成, 全身持久力をアウトカムとし, 13 のランダム化比較試験の研究からメタ解析を行っている。結果は, 「HbA1c」, 「体重」, 「Body Mass Index」, 「最大酸素摂取量」で HIIT の有意性が確認された。これらのことから, 糖尿病などの生活習慣病を有する患者においても HIIT の有効性が示唆されている。し

かし HIIT は, 高強度での運動であるが故にリスクを伴うことも考慮しなければならない。何らかの疾患を有する患者に対しての HIIT の実施においては, HIIT の禁忌¹⁵⁾(図 3)を理解するとともに, 事前に主治医などとよく相談しておく必要があると思われる。

- ・ 不安定性狭心症
- ・ 非代償性の心不全
- ・ 心筋梗塞後4週以内
- ・ 冠動脈術後や拡張術後1年以内
- ・ 運動制限を有する心疾患
- ・ 重度の慢性閉塞性肺疾患や末梢血管疾患
- ・ コントロール不良の糖尿病
- ・ 重度の高血圧
- ・ 重度の神経疾患

図 3. HIIT の禁忌 (文献 15 より引用)

GLUT4 への関与

運動をある程度実施した骨格筋では, ミトコンドリアと呼ばれる細胞内の小器官の数が増加して脂肪の燃焼が盛んになり, インスリンに応答して血液中のブドウ糖を骨格筋に取り込む糖輸送体 glucose transporter type 4(以下, GLUT4)が増加する¹⁶⁻¹⁹⁾。このことは, 糖尿病などの生活習慣病患者が運動を継続実施しなければならない理由の一つになる。Terada ら²⁰⁾は, マウスを用いて GLUT4 と HIIT の関連性を調査している。方法は, 低負荷長時間運動群(低負荷での水泳トレーニングを 6 時間)と HIIT 群(20 秒の高強度水泳運動を 10 秒間の休憩を挟み 14 回, 総運動時間 280 秒)に分け, 1 週間後の GLUT4 の変化を調査した。結果は, 低負荷長時間運動群と HIIT 群は同等の増加を認めた。つまり, 6 時間の低負荷運動と 280 秒間の HIIT とが同じ効果があるということが明らかになった。

従来, 糖尿病患者における運動療法では, 安全と

いう観点からも、比較的低負荷での長時間トレーニングを行うことでグリコーゲンを消費させることを目的とした方法が主流であった。また以前まで GLUT4 は、低負荷長時間トレーニングでしか増加されないと考えられていた²¹⁾。しかし今後は、糖尿病患者を対象にした HIIT と GLUT4 との関連性がより明らかになれば、糖尿病患者に対する運動療法において、短時間で実施できる HIIT にパラダイムシフトしていくのではないかと考える。

以上のことから HIIT は中等度負荷の持続運動と比較し、より短時間で最大酸素摂取量、ミトコンドリア、GLUT4 を増やし、運動の楽しさや継続性が高く、血糖コントロールに優れたトレーニング法であることが示唆された。前述した論文以外にも、ミトコンドリアの生成に重要な PGC-1 α の増加²²⁾、大腸がんの予防²³⁾、動脈硬化の予防²⁴⁾に関して、HIIT は中等度負荷の持続運動と同等かそれ以上の効果があることが示唆されている。しかしながら、HIIT による筋繊維肥大効果やダイエット効果に関しては、今後議論の余地があると考ええる。

当院における HIIT を用いたセミパーソナルトレーニングジム

現在、糖尿病理学療法に対しての診療報酬は、設定されていない。そのために、理学療法士が糖尿病患者への運動療法や指導を実施している施設は非常に少ないと思われる。万行²⁵⁾は、理学療法士による糖尿病患者への指導実施状況を調査している。日本糖尿病学会認定医が所属しており理学療法士が勤務する 722 施設を対象にした結果、理学療法士が糖尿病患者への指導を実施しているのは 4 割未満であったとしている。そこで当院において、保険外診療も含めての糖尿病患者への理学療法士の関りを以前より模索検討していた。運営方法など大まかに決定した令和 2 年 6 月より、パイロット的に当院に外来通院中である糖尿病患者を対象にした「セミパーソナ

ルトレーニングジム」を無償で開始した。パイロット期間中は、保険外診療の是非の確認、HIIT の詳細な方法の立案、会員規約や誓約事項などの書類作成、利用料金の設定などを実施した。保険外診療での実施においては、地域保健所に確認したところ、実施についてはいとも簡単に了承を得ることができ、開始にあたっての提出書類なども不要ということであった。これらの過程を経て、令和 3 年 2 月より正式に「HIIT を用いたセミパーソナルトレーニングジム(以下、ジム)」が保険外診療下でスタートとなった。

当ジムの目的は、血糖や体重コントロール、健康寿命の向上とした。対象者は、当院外来通院中の糖尿病患者とし、当院の医師から運動許可があることとした。ジムの内容は、HIIT の実施と共に、理学療法士による運動・栄養指導を実施することである。ジム利用中は、理学療法や医療行為、その他類似する行為は一切提供しないものとしているが、有事の際には看護師や医師が直ちに駆けつけられるような連携をとってある。実施場所は院内のリハビリ室内で、実施日は月曜日、火曜日、水曜日、金曜日の週 4 回とした。定員はスペースの問題で 3 人から開始し、令和 3 年 6 月から 4 人としている。利用回数は週に 1 回ないし 2 回としている。令和 3 年 9 月時点での利用者実数は 10 人で、大半が壮年期である。平均利用回数は週に 1.4 回、令和 3 年 2 月以降の退会者数は 0 人である。また、ジムの会員を募集開始後は、問い合わせや体験・見学者が多く、数週間で定員が埋まったことから、運動療法への関心の高さが伺えた。ジムの全参加者は、院内の掲示物を見て自ら希望して参加。もしくは、医師の診察中や看護師・管理栄養士の療養指導中に勧められて参加している。ジム本利用前には、理学療法士が医師へ HIIT 実施の可否と合併症の有無などの確認。看護師や管理栄養士へ療養指導上の問題点などの確認。カルテから血液検査結果、体重、血圧などの推移を確認している。ジム本利用後は、ジム利用時の様子、体重、行動変容

における心理的要因の変化などについて、医師・看護師・管理栄養士へ定期的にフィードバックしている。

ジムの実施時間は、17時45分までにバイタル測定、体重測定などを終了させ、雑談を交えながら運動や栄養に関する療養指導を実施している。ジムで実施している療養指導は、主に Body Mass Index が 30 以上の肥満者と血糖コントロール不良者に対してのみ概ね毎回実施しており、所要時間は 1 回 5 分程度である。17時45分からウォーミングアップを開始し、17時55分～18時12分頃まで HIIT を実施している(図 4)。運動の中止基準は、日本リハビリテーション医学会の「リハビリテーション医療における安全管理・

推進のためのガイドライン²⁶⁾に準じて実施しているが、安静時体温においては 37 度以上に変更している。また、運動習慣のない参加者やジム実施中に身体の不調や痛みが出現した場合などには、自ら中断することや無理のない範囲で運動を行うよう指示をしている。HIIT の方法は、3 種類のトレーニングを各々 30 秒実施し 30 秒の休憩を 5 セットずつ行い、種目間には 1 分間の休憩を設けている。そのためウォーミングアップも含めた合計時間は 27 分間であるが、実質のトレーニング時間は 7 分 30 秒である。トレーニング中は、適時指導などを入れながら実施している(図 5)。

・バイタル測定 ・雑談 ・運動栄養指導 ・その他		ウォーミングアップ		HIITの実施					
				種目1	休憩	種目2	休憩	種目3	
17:30	17:35	17:40	17:45	17:50	17:55	18:00	18:05	18:10	18:15

図 4. HIIT を用いたセミパーソナルトレーニングジム・タイムテーブル

HIIT は、3 種目のトレーニングを各々 30 秒運動し 30 秒休憩を 5 セットずつ行い、種目間には 1 分間の休憩を設けている



図 5. トレーニング風景

トレーニングの種目は、大きな筋群をターゲットにしたものが多く、ノーマルクランチ、バイシクルクランチ、ニータッチェスト、プランク、プランクプッシュアップ、レッグレイズ、スーパーマンバックエクステンション、片脚ブリッジ、スクワット、スクワットジャンプ、ワイドスクワット、フォワードランジ、サイドランジ、バーピー、バーピージャンプ、腿上げなどを主に実施している。トレーニング種目は、参加者が毎回同じ種目にならないように注意しながら、参加者の体力レベルなどを考慮しつつ、体幹筋群と下肢筋群に対し満遍なくトレーニングできるようにその日毎に選定している。ジム終了時の運動強度はカルボーネン法にて平均 85%程度であるため、利用者は疲労困憊に陥る(図 6)。効果は、毎回測定する体重や血圧と 6 カ月に 1 回の体組成測定や血液検査結果などで判定している。参加者からは、「しんどいけど楽しい」、「参加してから血液検査の結果が良くなっている」、「血圧が下がった」、「疲れにくくなった」、「歩きやすくなった」、「間食しないようになった」、「日々の体重を気にするようになった」などの声が上がっている。

療養指導は、必ず体重や血液検査結果などを確認しながら、運動と栄養に関する双方の指導を実施している。運動に関しては、ジム利用時以外の運動量。栄養に関しては、主に食事内容や間食に関することを指導している。指導方法は、主に Transtheoretical Model を用いて実施している。ジム利用者の運動に関する行動変容ステージは実行期～維持期であるために、セルフモニタリング、目標設定、逆戻り防止、コミットメント、代替行動の学習、刺激の統制などの行動をより強化するための「行動的プロセス」に重きを置いている。しかし完了期に満たない実行期～維持期では、体重や血糖値をコントロールする意義などの忘却、否認、歪曲が生じることがある²⁷⁾。そのために意識の高揚、感情的経験、環境の再評価、自己の再評価、社会的解放などの「認知的プロセス」も加えながら実施している。



図 6. トレーニング後の疲労困憊な様子

考察

一般に生活習慣病患者などに対する運動指導において、「1日1万歩を歩く」という指導がよく用いられている。著者は、本当に毎日1万歩程度ウォーキングを行い、健康を維持している患者を多く経験しており、決して「歩く」という低～中等度負荷の運動を否定しているわけではない。しかしながら、低～中等度負荷の運動には比較的多くの時間を要する。1万歩を普通の速さ(分速 70m/分)で歩行した場合の所要時間は、約 100 分間である。これを、忙しくて時間がないとの理由で運動が定着しない患者に指導しても、継続効果は薄いのではないかと考える。患者は、家事、仕事、子育て、趣味活動など行いながら、ウォーキングなどの有酸素運動やスポーツジムなどでのレジスタンストレーニングを行なうように指導される。このことは「言うは易く行うは難し」であり、大変負担の大きいものである。そのために忙しくて運動できない糖尿病患者への運動指導の際、非常に難渋する場合がある。しかし、HIIT は短時間の運動で健康上の利益が得られるために、忙しくて運動できない糖尿病患者への運動指導にも用いることができると考える。したがって、糖尿病に携わる理学療法士が HIIT の知識を補填す

ることは、臨床上非常に有益だと考える。そのため、運動における行動変容ステージが近々運動を行おうと考えている準備期以上の患者に対しての運動指導において、高齢者などで時間的余裕が十分あり、且つ高強度の運動実施に自信がない患者にはウォーキングなどの低～中等度負荷の運動をまずは選択。働き盛りの壮年期で、時間的余裕が少なく、重度な合併症がない患者には HIIT を選択するといった具合に使い分けたり、選択肢の幅を持ったりすることが必要であると考え。

HIIT の課題に関して、医学界における HIIT に関する研究の報告数は、海外において近年急速に増えつつある。しかしながら、方法論、安全性、GLUT4 やマイオカインとの関連性などまだ十分に明らかになっていないことも多い。ましてや対象者を糖尿病患者にした場合は、なおさらである。したがって、我が国の糖尿病患者を対象にした HIIT に関する大規模なランダム化比較試験が急務であると考え。ジムの課題に関して、対象とするジム参加者は、運動における行動変容ステージが準備期以上の患者である。今後は、運動を行う気持ちがない無関心期や運動には関心があるが直に始めようとは思っていない関心期患者が、次のステージに移行できるような別の取り組みを実行することも重要であると思われる。また、ジム利用者への効果検証を実施するとともに、理学療法士の HIIT 指導者の仲間を増やし、意見交換などを行いたいと考える。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

文献

- 1) リンダ・グラットン, アンドリュー・スコット: LIFE SHIFT; 池村千秋 翻訳: 2016, 東洋経済新報社.
- 2) 内閣府: H27 年度東京オリンピック・パラリンピックに関する世論調査. <https://survey.gov-online.go.jp/h27/h27-tokyo/index.html> (2021 年 9 月 20 日)
- 3) 厚生労働省: 令和元年国民健康・栄養調査. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/r1-houkoku_00002.html (2021 年 9 月 16 日)
- 4) Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, et al: Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1327-1330.
- 5) 川田浩志: 第 2 章 超短時間で結果にコミットするトレーニング法「HIIT」. 短時間で「痩せ+筋トレ」効果が得られる. pp44-50; 世界一効率が高い最高の運動. 2019, かんき出版.
- 6) 田畑泉: 第 1 章 驚異の逆輸入トレーニング「タバタ」. 1 日 1 回 4 分を週 2 回. 最低でも 6 週間はやってみる!. pp28-29; 究極の科学的肉体改造メソッド タバタ式トレーニング. 2015, 扶桑社.
- 7) Gillen JB, Martin BJ, MacInnis MJ, et al: Twelve Weeks of Sprint Interval Training Improves Indices of Cardiometabolic Health Similar to Traditional Endurance Training despite a Five-Fold Lower Exercise Volume and Time Commitment. *PLoS One* 2016; 26: 11: e0154075.
- 8) Metcalfe RS, Fitzpatrick B, Fitzpatrick S, et al: Extremely short duration interval exercise improves 24-h glycaemia in men with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology* 2018; 118: 2551-2562.
- 9) Thum JS, Parsons G, Whittle T, et al: High-Intensity Interval Training Elicits Higher Enjoyment than Moderate Intensity Continuous Exercise. *PLoS One* 2017; 11: 12: e0166299.



- 10) Heisz JJ, Tejada MM, Paolucci EM, et al: Enjoyment for High-Intensity Interval Exercise Increases during the First Six Weeks of Training: Implications for Promoting Exercise Adherence in Sedentary Adults. *PLoS One* 2016; 4: 11: e0168534.
- 11) Reljic D, Wittmann F, Fischer JE, et al: Effects of low-volume high-intensity interval training in a community setting: a pilot study. *Eur J Appl Physiol* 2018; 118: 1153-1167.
- 12) Weston KS, Wisløff U, Coombes JS, et al: High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014; 48: 1227-1234.
- 13) Choi HY, Han HJ, Choi JW, et al: Superior Effects of High-Intensity Interval Training Compared to Infarction. *Ann Rehabil Med* 2018; 42: 145-153.
- 14) Liu JX, Zhu L, Li PJ, et al: Effectiveness of high-intensity interval training on glycemic control and cardiorespiratory fitness in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clin Exp Res* 2019; 31: 575-593.
- 15) 川田浩志: 第 3 章 最新の研究でわかった! HIIT が科学的に聞く理由. 【時間効率】短時間で高い効果を得られる. pp82-88; 世界一効率がいい最高の運動. 2019, かんき出版.
- 16) 亀井康富, 小川佳宏: 骨格筋からみた糖尿病の病態と治療. *月刊糖尿病* 2015; 7: 2-7.
- 17) 阪上浩: 運動とエネルギー消費. *糖尿病* 2012; 55: 306-308.
- 18) 川中健太郎: 運動と骨格筋 GLUT4. 学術の動向 2006; 11: 42-46.
- 19) Miura S, Kai Y, Ono M, et al: Overexpression of Peroxisome Proliferator-activated Receptor γ Coactivator-1 α Down-regulates GLUT4 mRNA in Skeletal Muscles. *J Biol Chem* 2003; 278: 31385-31390.
- 20) Terada S, Yokozeki T, Kawanaka K, et al: Effects of high-intensity swimming training on GLUT-4 and glucose transport activity in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2001; 90: 2019-2024.
- 21) 田畑泉: 第三章 健康や疾病予防と「タバタ」. 糖尿病患者への運動処方には「筋トレ」が効果的. pp70-73; 「4分で身体は変えられる」の科学. ~なぜ短時間・高強度運動が人気なのか?. 2020, 扶桑社新書出版.
- 22) Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, et al: Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J. Physiol* 2008; 586: 151-160.
- 23) Matsuo K, Sato K, Suemoto K, et al: A Mechanism Underlying Preventive Effect of High-Intensity Training on Colon Cancer. *Med Sci Sports Exerc* 2017; 49: 1805-1816.
- 24) Hasegawa N, Fujie S, Horii N, et al: Effects of Different Exercise Modes on Arterial Stiffness and Nitric Oxide Synthesis. *Med Sci Sports Exerc* 2018; 50: 1177-1185.
- 25) 万行里佳: 理学療法士からみた糖尿病患者の運動療法指導における現状と問題点. *理学療法科学* 2010; 25: 457-462.
- 26) 日本リハビリテーション医学会 安全管理のためのガイドライン策定委員会 編集: 第 2 章 運動負荷を伴う訓練を実施するための基準. pp24-59; リハビリテーション医療における安全管理・推進のためのガイドライン第 2 版. 2018, 医歯薬出版.
- 27) ジェイムス・プロチャスカ, ジョン・ノークロス, カルロ・ディクレメンテ: 第 8 章 維持期—そこにとどまること. 行動変容を維持するためのプロセス.



pp257-262; 中村正和 監訳: チェンジング・フォー
ー・グッド. 2005, 法研.



Reference material

A New Therapeutic Exercise for Diabetic Patients: Semi-personal training gym with HIIT

Masayuki Sanada^{1*}, Naoto Kakazu¹

1. Department of Rehabilitation Center, Hayashi clinic

*Correspondence:

Masayuki Sanada

Department of Rehabilitation Center, Hayashi clinic

3-9-23 Koshienguchi, Nishinomiya, Hyogo, 663-8113, Japan

E-mail: sanada@hayashi-med.com

Key words:

First submitted

Nov. 21. 2021

Accepted

Feb. 01. 2022