

## 4章 運動療法

### CQ 4-1 糖尿病の管理に運動療法は有効か？

#### 【ステートメント】

- ① 2型糖尿病の血糖コントロールに、有酸素運動、レジスタンス運動が推奨される<sup>1-10, 18, 24</sup>。  
【推奨グレード A】（合意率 100%）
- ② 1型糖尿病の血糖コントロールに運動療法が有効かどうかは一定の見解<sup>11-16</sup>が得られていない。  
【推奨グレード U】（合意率 100%）
- ③ 運動療法は、1型・2型糖尿病にかかわらず、心血管疾患のリスクファクター<sup>6, 11, 17-25</sup>を改善させ、特に有酸素運動は心肺機能<sup>6, 8, 12</sup>を、レジスタンス運動は骨格筋量、筋力<sup>6, 7, 15, 16</sup>を向上させるため推奨される。  
【推奨グレード A】（合意率 100%）

運動療法は2型糖尿病の治療のひとつとして重要である。2型糖尿病に対する運動療法は、血糖コントロールを改善し<sup>1-4, 26, 27</sup>、心血管疾患のリスクファクターである肥満<sup>17</sup>、内臓脂肪の蓄積<sup>22, 28</sup>、インスリン抵抗性<sup>29, 30</sup>、脂質異常症<sup>18, 21-24, 31</sup>、高血圧症<sup>17, 19, 23, 24</sup>、慢性炎症を改善<sup>31, 32</sup>し、またQOLやうつ状態の改善<sup>33, 34</sup>、さらには認知機能障害の改善効果<sup>35</sup>まで示されている。血糖改善効果は、その介入期間や強度、頻度、運動の種類により異なるが、8週間以上の運動療法に関するメタ解析（平均 [SD]、3.4 [0.9]回/週、18 [15]週間）では、有意な体重減少は認められなかったが、HbA1cは有意に改善（-0.66%）したと報告されている<sup>2</sup>。

2型糖尿病において心肺機能の低下は、心血管疾患や死亡率に関連するが<sup>36, 37</sup>、有酸素運動が2型糖尿病患者の心肺機能に及ぼす影響についてのメタ解析では、平均して最大酸素摂取量の50~75%の強度の運動を1回約50分間、週に3~4回、20週間行った場合、最大酸素摂取量は有意に増加（11.8%）したと報告されている<sup>20</sup>。最大酸素摂取量の75%程度までの強度の持続的な有酸素運動を行った場合、運動強度が高いほど、最大酸素摂取量の増加<sup>20</sup>やHbA1cの改善<sup>38</sup>が期待できるほか、その頻度や量の増加とHbA1c改善効果の相関も認められている<sup>39</sup>。また、最新のメタ解析では、今まで推奨されてきた150分/週よりも少ない30分/週から100分/週の運動でも時間依存的に血糖改善効果が示されている<sup>10</sup>。他にも、2型糖尿病に対する運動療法は、心拍変動（coefficient of variation of R-R intervals：CV<sub>R-R</sub>）の改善<sup>40</sup>や血管機能の改善効果も示されている<sup>41, 42</sup>。

高強度インターバルトレーニングも有用性が示されつつある<sup>43</sup>。2型糖尿病に対する高強度インターバルトレーニングの効果を検討した系統的レビューでは、11~16週間の介入で、HbA1c、空腹時インスリン、BMI、体脂肪率、最大酸素摂取量の有意な改善効果を認めた。さらに、中強度の運動を行った群との比較では、体重、BMI、HbA1c、最大酸素摂取量の有意な改善を認めたものの、運動を行わない対照群との比較では、最大酸素摂取量のみしか有

意な改善を認めなかった。まだエビデンスが十分でなく、現状では、高強度インターバルトレーニングは、中強度の運動と比較し、心肺機能向上に対しより効果的であるが、HbA1cに対する効果は結論が出ていない<sup>44)</sup>。高強度インターバルトレーニングのより長期的な血糖コントロール改善効果は現在のところ不明であり、その運動強度の高さから臨床的には対象が限られると考えられる。なお、単回の運動の効果をCGMで検討した結果では、消費エネルギーが同じであれば、高強度より低強度の運動で有効性が高かったとの報告もある<sup>45)</sup>。

これらエビデンスより、現在のところ、週に150分以上(3日以上にわたり、活動がない日が連続して2日を超えないように)の中等度～強度の有酸素運動を行うことが勧められるが、150分を下回る30分から100分の運動でも血糖改善効果が時間依存的に望める可能性がある。また、若年者や心肺機能が高い患者では、高強度インターバルトレーニングで、より少ない時間(75分/週)でも同様の効果が得られるかもしれない<sup>a, b)</sup>。

レジスタンス運動では、骨格筋量や筋力を増加させるとともにインスリン抵抗性を改善し、血糖コントロールを改善する<sup>1-4, 22)</sup>。一般的には週に2~3日、連続しない日程で、主要な筋肉群を含んだ5種類以上のレジスタンス運動を最低1セット行い、徐々に強度やセット数を増加させていくことが推奨されている<sup>a)</sup>。ダンベル・バーベルやマシンで、重い重量を使用したほうが血糖改善効果や筋力向上が高い可能性があり<sup>46)</sup>、実際、高強度の負荷(最高に扱える重量の75~100%)を使用するほうが、血糖改善効果がよいことが示されている<sup>47)</sup>。有酸素運動単独、レジスタンス運動単独と、それらの組み合わせを比較した検討では、両者を組み合わせることでHbA1c低下効果が高まることが示されているメタ解析もある<sup>18, 48)</sup>。また、レジスタンス運動のHbA1c低下効果が、有酸素運動に劣らないことも示されており<sup>49, 50)</sup>、高齢者などで有酸素運動の実施が困難な患者での選択肢となる可能性がある。高齢の糖尿病患者において、非糖尿病患者に比べて筋量の低下が生じやすいことが示唆されており<sup>51)</sup>、サルコペニア予防の観点からもレジスタンス運動は有効と考えられる。実際に、高齢者においても有効性を示すエビデンスがあり<sup>52)</sup>、今後、積極的な導入が期待される運動様式である。さらに、高齢者においては、レジスタンス運動にバランス運動を併用することが、転倒リスクをより軽減させる可能性が示唆されている<sup>53, 54)</sup>。

ヨガ・太極拳は激しい瞬発的な運動を伴わず高齢者にも導入しやすく、それぞれメタ解析での糖尿病に対する効果が明らかとなりつつある。ヨガは空腹時血糖値やHbA1cを改善<sup>55)</sup>させるだけでなく、筋力と心肺機能も向上<sup>56)</sup>させ、太極拳は血糖値とバランス能力を改善<sup>57)</sup>させる、というメタ解析もあるが、まだ限られた数の研究結果のみで出版バイアスも見受けられ、今後のさらなる検討が望まれる。

1型糖尿病においても単回の適切な運動により血糖値は低下するが、長期的な血糖コントロールへの運動の効果については一定の見解は得られていない。その理由として、1型糖尿病のなかでもインスリン分泌能の残存度合いなどにより、運動療法の効果が個人間で異なる可能性が考えられる。1型糖尿病においても、過体重や肥満、高血圧や脂質異常症などの心血管疾患のリスクファクターの合併が問題となることがある。1型糖尿病における運動のHbA1cや空腹時血糖に対する効果に関するメタ解析では、3つのメタ解析では有意な血糖改善を示し<sup>12, 13, 16)</sup>、2つでは変化なし<sup>11, 14)</sup>、と一定の見解は得られていないが、多くの研究で体重やBMI、LDL-Cの低下、最大酸素摂取量、筋力の改善効果が示されている<sup>11-16)</sup>。また、横断研究の結果では、運動を多く行っている群は、行っていない群に比べ、網膜症や尿中微量アルブミンの発症が有意に低く、またDKAや昏睡を伴う重症低血糖(高齢女性を除く)が少なかっ

たことが示されている<sup>58,59)</sup>。

このように1型糖尿病における血糖コントロールに対する運動療法の効果は一定の見解が得られていないが、運動は心血管疾患のリスク因子を減少させると同時に、QOLを高めるなど血糖コントロール以外の効果が期待されることから、1型糖尿病患者においても運動療法は勧められる。運動療法中の低血糖を注意する必要があるが、レジスタンス運動は運動誘発性の低血糖が少なく<sup>60)</sup>、有酸素運動とレジスタンス運動を同時に行う場合はレジスタンス運動を先に行ったほうが、低血糖が少なくなったという報告がある<sup>61)</sup>。ただし、基本的には、合併症がなく、血糖コントロールが良好であれば、運動前、運動中および運動後の血糖値のモニタリングを行い、インスリン投与量や補食を調整することにより、いかなる種類の運動も可能である<sup>4)</sup>。

### 【抽出した PICO の概略】（ステートメント①）

- P：2型糖尿病
- I：有酸素運動，レジスタンス運動
- C：生活指導など
- O：HbA1c

### 【ステートメント文中に引用した文献の採用基準】（ステートメント①）

データベース：PubMed

検索に用いた言語：英語

検索期間：～2023年6月30日

検索用語（キーワード）：diabetes mellitus, type 2, exercise, physical activity, resistance training, HIIT, high intensity interval training, flexibility training, balance training, Yoga, tai chi, meta-analysis, systematic review

データベース：医中誌

検索に用いた言語：日本語

検索期間：～2023年6月30日

検索用語（キーワード）：2型糖尿病, 運動, 身体活動(運動活性), レジスタンストレーニング(レジスタンス運動), 高強度インターバルトレーニング(HIIT), バランス運動, ヨガ, 太極拳, メタアナリシス

データベース：Cochrane Library

検索に用いた言語：英語

検索期間：～2023年6月30日

検索用語（キーワード）：diabetes mellitus, type 2, exercise, physical activity, resistance training, HIIT, high intensity interval training, flexibility training, balance training, Yoga, tai chi

### 【推奨グレード判定の説明】（ステートメント①）

2型糖尿病の運動療法に関しては、推奨グレード決定のため、4項目すべて満たしており強い推奨（推奨グレードA）と判定した。

投票 21名，賛成 21名，反対 0名（合意率 100%）

| 推奨グレード決定のための<br>4 項目                                   | 判定<br>(はい・いいえ) | 判定根拠  |
|--|----------------|---|
| ①エビデンス総体の確実性：推奨決定に影響を与える文献のエビデンスレベルが1+または1のものが含まれているか？ | はい             | 質の高いMA/SR（エビデンスレベル1+）において、2型糖尿病における運動療法による血糖コントロールの改善効果が示されている。               |
| ②益害バランス：推奨の対象となる行為による益は害を上回るか？                         | はい             | 2型糖尿病における運動療法は、血糖コントロールの改善効果を有し、メディカルチェックに基づき運動処方を行えば、副作用の頻度が少ないことから、益が害を上回る。 |
| ③患者の価値観：患者の価値観は一樣か？                                    | はい             | 2型糖尿病における運動療法による血糖コントロールの改善効果や、副作用が少ないことに對する患者の価値観は一樣と思われる。                   |
| ④費用：費用は正味の利益（益－害）に見合うものか？                              | はい             | 現在、2型糖尿病に対する運動処方に関しては、ほとんど費用がかからないため、運動療法は正味の利益に見合うものである。                     |

### 【抽出した PICO の概略】（ステートメント②）

P：1型糖尿病

I：有酸素運動，レジスタンス運動

C：生活指導など

O：HbA1c

### 【ステートメント文中に引用した文献の採用基準】（ステートメント②）

データベース：PubMed

検索に用いた言語：英語

検索期間：～2023年6月30日

検索用語（キーワード）：diabetes mellitus, type 1, exercise, physical activity, resistance training, HIIT, high intensity interval training, flexibility training, balance training, Yoga, tai chi, meta-analysis, systematic review

データベース：医中誌

検索に用いた言語：日本語

検索期間：～2023年6月30日

検索用語（キーワード）：-

データベース：Cochrane Library

検索に用いた言語：英語

検索期間：～2023年6月30日

検索用語（キーワード）：diabetes mellitus, type 1, exercise, physical activity, resistance training, HIIT, high intensity interval training, flexibility training, balance training, Yoga, tai chi

### 【推奨グレード判定の説明】（ステートメント②）

1型糖尿病の運動療法に関しては、益害バランス、患者の価値観、費用は満たしているものの、エビデンス総体の確実性が不確かなため、グレードUと判定した。

投票 21 名, 賛成 21 名, 反対 0 名 (合意率 100%)

| 推奨グレード決定のための<br>4 項目  | 判定<br>(はい・いいえ) | 判定根拠  |
|---|----------------|---|
| ①エビデンス総体の確実性：推奨決定に影響を与える文献のエビデンスレベルが 1 + または 1 のものが含まれているか？ | いいえ            | 質の高い MA/SR において、1 型糖尿病における運動療法による血糖コントロールの改善効果に関しては、一定の見解が得られていない。  |
| ②益害バランス：推奨の対象となる行為による益は害を上回るか？                              | はい             | 1 型糖尿病における運動療法は、心血管疾患のリスクファクターの改善効果や生活の質の改善を有し、メディカルチェックに基づき運動処方を行い、血糖値のモニタリングとインスリン療法や補食調整により低血糖などの副作用の頻度を軽減できることから、益が害を上回ると考えられる。 |
| ③患者の価値観：患者の価値観は一樣か？   | はい             | 1 型糖尿病における運動療法による心血管疾患のリスクファクターの改善効果や生活の質の改善に対する患者の価値観は一樣と思われる。   |
| ④費用：費用は正味の利益（益－害）に見合うものか？                                   | はい             | 現在、1 型糖尿病に対する運動処方に関しては、ほとんど費用がかからないため、運動療法は正味の利益に見合うものである。  |

### 【抽出した PICO の概略】（ステートメント③）

P：2 型糖尿病, 1 型糖尿病

I：有酸素運動, レジスタンス運動

C：生活指導など

O：心肺機能, 骨格筋量, 筋力, 心血管疾患, 心血管疾患のリスクファクター

### 【ステートメント文中に引用した文献の採用基準】（ステートメント③）

データベース：PubMed

検索に用いた言語：英語

検索期間：～2023 年 6 月 30 日

検索用語（キーワード）：diabetes mellitus, type 2, type 1, exercise, physical activity, resistance training, HIIT, high intensity interval training, flexibility training, balance training, Yoga, tai chi, meta-analysis, systematic review

データベース：医中誌

検索に用いた言語：日本語

検索期間：～2023 年 6 月 30 日

検索用語（キーワード）：糖尿病, 運動, 身体活動(運動活性), レジスタンストレーニング(レジスタンス運動), 高強度インターバルトレーニング(HIIT), バランス運動, ヨガ, 太極拳, メタアナリシス

データベース：Cochrane Library

検索に用いた言語：英語

検索期間：～2023 年 6 月 30 日

検索用語（キーワード）：diabetes mellitus, type 2, type 1, exercise, physical activity, resist-

ance training, HIIT, high intensity interval training, flexibility training, balance training, Yoga, tai chi

### 【推奨グレード判定の説明】（ステートメント③）

2型糖尿病，1型糖尿病の運動療法の心血管疾患のリスクファクターへの効果に関しては、推奨グレード決定のため、4項目すべて満たしており強い推奨（推奨グレードA）と判定した。投票 21 名，賛成 21 名，反対 0 名（合意率 100%）

| 推奨グレード決定のための<br>4項目                                    | 判定<br>(はい・いいえ) | 判定根拠  |
|--|----------------|---|
| ①エビデンス総体の確実性：推奨決定に影響を与える文献のエビデンスレベルが1+または1のものが含まれているか？ | はい             | 質の高いMA/SR（エビデンスレベル1+）において、2型糖尿病，1型糖尿病における運動療法による、心血管疾患のリスクファクターの改善効果が示されている。              |
| ②益害バランス：推奨の対象となる行為による益は害を上回るか？                         | はい             | 2型糖尿病，1型糖尿病における運動療法は、心血管疾患のリスクファクターの改善効果を有し、メディカルチェックに基づき運動処方を行えば、副作用の頻度が少ないことから、益が害を上回る。 |
| ③患者の価値観：患者の価値観は一樣か？                                    | はい             | 2型糖尿病，1型糖尿病における運動療法による心血管疾患のリスクファクターの改善効果や、副作用が少ないことに対する患者の価値観は一樣と思われる。                   |
| ④費用：費用は正味の利益（益－害）に見合うものか？                              | はい             | 現在、2型糖尿病，1型糖尿病に対する運動処方に関しては、ほとんど費用がかからないため、運動療法は正味の利益に見合うものである。                           |



## 4-2

### 運動療法を開始する前に医学的評価（メディカルチェック）は必要か？

#### 【ポイント】

- 運動療法を開始する前に糖尿病の代謝コントロール状態，網膜症，腎症，末梢神経障害，自律神経障害などの合併症や，整形外科的疾患などを含む身体状態を把握し，運動制限の必要性を検討する。
- 心血管疾患のスクリーニングに関しては，一般的には無症状，かつ，行う運動が軽度～中強度の運動（速歩など日常生活活動の範囲内）であれば必要ないが，普段よりも高強度の運動を行う場合や，心血管疾患リスクの高い患者，現在座っていることがほとんどの患者が中強度以上の強度の運動を開始する場合は，主治医によるスクリーニングと，必要に応じて運動負荷試験などを考慮する。

運動療法を開始する際には，合併症とその程度を評価する必要がある。糖尿病網膜症にお

いて、新生血管は脆弱で硝子体出血や網膜剝離を誘発するリスクがあるため、前増殖網膜症以上の症例では、激しい強度の有酸素運動やジャンプ、身体に衝撃の加わる活動、頭位を下げるような活動、呼吸を止めていきむような活動（Valsalva 手技）は、禁忌となる場合がある。したがって、激しい運動療法を行う前には、眼科医による網膜症のチェックを行う。

微量アルブミン尿を有する患者では、運動後に一時的に尿タンパク量が増える可能性があるが、腎症の進行には影響しないと考えられており、むしろある程度の身体活動が腎症の発症や進行に抑制的に働く可能性も示唆されている<sup>62,63</sup>。顕性腎症以上の患者の場合でも、運動は身体機能や QOL を改善し得るため、基本的に身体活動を高めるような指導が勧められるが、症例ごとの検討が必要である。

末梢神経障害を有する患者では、四肢の痛覚が低下し、痛みの閾値が高くなると、運動による皮膚障害、感染、Charcot 関節破壊のリスクが高くなる。したがって、特に重度の末梢神経障害のある人は、感覚障害により運動による運動器障害などのリスクが高まる可能性があるか、事前に評価を行う必要がある。一方で、中程度の強度のウォーキングは、適切な靴を使用している末梢神経障害者の足潰瘍や再潰瘍のリスク上昇につながらないこと<sup>64</sup>、さらに、150 分/週の適度な運動は、糖尿病性ニューロパチー患者の転帰を改善することが報告されている<sup>65</sup>。末梢神経障害を持つすべての人は、適切な靴を履き、病変を早期に発見するために毎日足を観察し、足の怪我や開放性潰瘍がある人は、体重をかける活動を制限する必要がある。

自律神経障害を有する患者では、運動負荷に対する循環応答の低下、起立性低血圧、体温調節障害、視力障害、無自覚性低血糖などの要因により、運動誘発性の有害事象が多いとされる。特に心血管系の自律神経障害は、心血管死や無症候性心筋梗塞の独立した危険因子であり、その程度により運動療法の可否を決定する。

骨・関節疾患がある場合には、整形外科と連携しながら、柔軟運動や疾患関節のレジスタンス運動など、負荷をかけ過ぎない適度な運動を行う。

無症状の糖尿病患者の心血管疾患をスクリーニングするための最良のプロトコールは、いまだ明確となっていない。しかしながら、アメリカ糖尿病学会（ADA）やアメリカスポーツ医学会（ACSM）では、必ずしも運動処方前全例にルーチンの検査は推奨されないと結論づけている。糖尿病患者における心血管疾患スクリーニングとして運動負荷試験を行うことは、無症状かつ行う運動が軽度～中強度（速歩など日常生活活動の範囲内）であれば、不要であるが、その一方で、高強度の運動を行う場合や心血管リスクの高い患者（高コレステロール血症、喫煙者、心血管疾患の家族歴がある者、など）、現在座っていることがほとんどの患者が中強度から高強度の運動を開始する場合は、主治医によるスクリーニングと、必要に応じて運動負荷試験を行うことが、患者の利益となるかもしれない、としている。しかし、日頃から医療従事者は注意深く病歴を聴取し、心血管系の危険因子を評価し、患者の労作時における胸痛や息切れの有無や運動耐容能の低下など、冠動脈疾患の非典型的な発現に注意する必要がある。さらに、高リスクの患者には、低強度の運動を短時間で開始し、忍容性に従って徐々に強度と時間を増加させるよう奨励される。



## 4-3

### 具体的な運動療法はどのように行うか？

#### 【ポイント】

- 有酸素運動は、中強度で週に150分かそれ以上、週に3回以上、運動をしない日が2日間以上続かないように行い、レジスタンス運動は、連続しない日程で週に2~3回行うことがそれぞれ勧められ、禁忌でなければ両方の運動を行う<sup>a),b)</sup>。

糖代謝を改善するための運動療法としては有酸素運動とレジスタンス運動に分けられる。有酸素運動、レジスタンス運動はともにインスリン抵抗性と血糖コントロール改善効果を有し、双方を行うことによりさらなる血糖コントロールの改善が期待される。特に、有酸素運動は全身持久力の向上、レジスタンス運動は骨格筋量、筋力増加がそれぞれ期待される<sup>a)</sup>。

#### 1. 有酸素運動

有酸素運動の目標とする運動強度はリスクと効果の観点から中強度（最大酸素摂取量の40~60%）が勧められる。運動強度の一般的な指標として、自覚的運動強度（rating of perceived exertion：RPE）、心拍数が用いられる。運動療法を開始する場合の強度は、軽度から徐々に増やすことが勧められる。たとえば、有酸素運動を新たに導入するときは、中強度の範囲でも強度がそれほど強くないもの（最大心拍数の50~60%、RPE 11~12（楽である程度））が目安となる。運動強度が強いほど、HbA1c低下が期待できるため<sup>39)</sup>、運動に慣れてきたらやや強い強度（最大心拍数の60~70%、RPE 12~13（ややきつい程度）、4~6メッツ程度）の導入を考慮する。若年者や、体力的に適合する糖尿病患者では、短時間（週に最低75分）の高強度運動やインターバルトレーニングは有効であることが示唆されているが、臨床的には適合する症例は多くない。最大心拍数は簡易的には「220-年齢」で推定できる。ただし、自律神経障害を伴う場合や高齢者、降圧薬（ $\beta$ 遮断薬）を内服している場合などでは、脈拍数で運動強度を決定することは難しい。

監視下の有酸素運動のメタ解析から、週150分以上の運動群でそれ未満よりもHbA1cの改善効果が大きいことなどから<sup>1)</sup>、有酸素運動は週に150分以上を目安とするとされてきたが、最新のメタ解析ではそれ以下の100分/週でもHbA1c改善に十分に有効な可能性があることが示されている<sup>10)</sup>。頻度に関しては、運動によるインスリン感受性増加は運動時だけではなく、運動後24~48時間程度持続するということから、少なくとも運動をしない日が2日間以上続かないようにして、週3回以上行うべきである<sup>a)</sup>。

#### 2. レジスタンス運動

レジスタンス運動でいきむ動作を行ってしまうと、血圧を上昇させ、心血管疾患や網膜症が悪化する可能性があるため、運動開始前に禁忌がないかメディカルチェックを受けることが推奨される。また、動作中は、一般的には、筋肉が収縮する（重りを上げる）段階では息を吐き、筋肉がストレッチする（重りを下げる）段階では息を吸い、呼吸をできるだけ止めないようにする。正しいフォームで行うことで、関節に過剰な負担をかけず、目的とする筋肉に適切な負荷をかけることができ、レジスタンス運動による怪我を防ぎ、筋肥大効果を高める

ことができる。

一般的には週に2~3日、連続しない日程で、上半身・下半身の主要な筋肉群を満遍なく含んだ5種類以上のレジスタンス運動を行う。負荷としては、10~15回繰り返すことができる程度の負荷、もしくはごく軽い負荷から開始する。その後、負荷を徐々に増加し8~12回で限界に達する繰り返す負荷で1~3セット行うことを目標にする。筋力向上が高いほうがHbA1cの改善効果が高いこと<sup>9)</sup>、低から中強度の負荷でレジスタンス運動をするよりも高強度の負荷(最高に扱える重量の75~100%)でレジスタンス運動をしたほうが血糖コントロールに有効なこと<sup>66)</sup>が示されているものの、個人の体力レベルやケガのリスクを考慮し適切な負荷量で実施する。全身を満遍なく鍛えることが望ましいが、特に下半身の筋肉は全身の約7割を占めており、多くの種類の運動をする時間がない場合などは、下半身を中心に鍛えられるスクワットなどの種目が勧められる。

### 3. 運動処方の実際

運動療法は各個人の体力レベル(持久的および筋力)に加え、年齢、合併症、生活スタイルなどに合わせて処方する(リスクの把握についてはQ4-2参照)。有酸素運動で最も多く行われている運動は歩行であり、導入しやすく、実際にメタ解析により歩行運動だけでも血糖コントロールが改善することが示されている<sup>17)</sup>。運動強度は、脈拍数で設定する場合、簡易的には50歳未満では1分間に100~120拍、50歳以上では100拍未満が目安となる。自覚強度としては、導入時には「楽である」~「やや楽である」程度で行い、運動に慣れてきたら、「ややきつい」程度の強度まで増加させるかを患者の状態により検討する。また、運動の最初の5分と最後の5分はウォームアップ、クールダウンとしてそれぞれ徐々に負荷を上げ下げする。

有酸素運動を1週間に150分程度を目標とする。最近では、時間を目標として指導したときよりも、目標歩数を提示し歩数計で自己管理したほうが運動療法のアドヒアランスや血糖低下効果が良好であったことが示された<sup>67)</sup>。メタ解析では、歩数計や活動量計の使用が血糖改善には有意な差はみられないものの、活動量が増加することが示されている<sup>68)</sup>。歩数を指標にする場合、1週間に150分の有酸素運動は約15,000歩の歩行と同等であるため、毎日均等に歩数を増加させるとすると、1日に+2,000歩を超える程度が目標となる。最終的には、1日トータルで8,000歩程度が歩数の目安となる。歩数計以外にも、近年では運動を推奨する様々なゲームやアプリが発表されている。それらの糖尿病を対象としたRCTは少ないが、Wii Fitを使用した12週間のRCTでは、介入群で有意に空腹時血糖値、HbA1c、体重、BMIの改善を認めており<sup>69)</sup>、その他のゲームやアプリでも同様に糖尿病の血糖コントロールに有効な可能性がある。

有酸素運動の実施タイミングに関しては、食後であれば食後高血糖の改善が期待できる。インスリンやSU薬などの薬物療法中の患者では、空腹時に運動を行うと低血糖を起す可能性があるので注意を要する。たとえばインスリン療法をしている場合、食後に運動する場合には、運動前の追加インスリンを減量することを検討する。また、運動前の血糖値が低値である場合は補食をする。運動の血糖低下作用は48時間程度続くため、基礎インスリンの減量も考慮する。1型糖尿病においても同様の注意が必要であるが、運動強度により血糖値は上昇、低下など様々な変化を取るなど個々の症例で異なることが多く、血糖自己測定を頻回にすることやCGMを用いることなどにより一例一例の調整が必要である<sup>d)</sup>。

レジスタンス運動については、マシン、ダンベル・バーベル、バンド(ラバーやシリコ

ン)、自重からそれぞれ個々に合ったものを利用することが勧められる<sup>b)</sup>。高強度の負荷(最高に扱える重量の75~100%)を使用したほうが、血糖改善効果が高いことが示されている<sup>9,46,66)</sup>が、現実的には、正しいフォームで適切に負荷を増加させないと、怪我のリスクが高まるため、すべての患者には勧めにくい。そのため、高強度の負荷をかける場合には、民間のフィットネスクラブや自治体のスポーツ施設などの専門の指導者がいる施設を利用することが望ましい。近年では、国内のフィットネスクラブを利用したレジスタンス運動を含む運動プログラムの血糖コントロール改善効果<sup>70)</sup>や糖尿病発症予防効果<sup>71)</sup>が報告されており、今後のエビデンスの集積が期待される。また、高齢の糖尿病患者において、非糖尿病患者に比べて筋量の低下が生じやすいことも示唆されており<sup>24)</sup>、今後の高齢化社会におけるサルコペニア予防としてより強調されるべき運動様式と考えられる。



#### 4-4 運動療法以外の身体を動かす生活習慣(生活活動)は糖尿病の管理にどう影響するか?

##### 【ポイント】

- 現在の身体活動量を評価し、生活活動量を含めた身体活動の総量を増加させる。
- 日常の座位時間が長くないようにして、合間に軽い活動を行うことが勧められる。

身体活動量とは、運動と生活活動量の総和である。したがって、運動のみならず、日常生活において活動量を増加させることも、体重の減少や予後改善に促進的に働くことが示唆されている。反対に、身体不活動(起きている間に座ったり横になったりする)は、2型糖尿病のリスクを増加させ<sup>72,73)</sup>、横断研究では、1日1時間座っている時間が増えると、2型糖尿病の有病率が22%増加し、メタボリックシンドロームの有病率が39%増加することが示されている<sup>74)</sup>。また、日常生活において長時間の座位は、身体活動量で調整しても、2型糖尿病や死亡率、心血管疾患が増加することも示されている<sup>75,76)</sup>。さらに、日常生活活動によるエネルギー消費(non-exercise activity thermogenesis: NEAT)は、肥満者と標準体重の者では大きな差があり、それが肥満の形成に大きく影響することが示唆されている<sup>77)</sup>。

2型糖尿病の成人では、食後8時間の間に30分ごとに3分間の低強度のウォーキングや簡単なレジスタンス運動などの活動で長時間の座位を中断すると、食後の血糖値、インスリン値、C-ペプチド値、中性脂肪値が低下すること<sup>78)</sup>や翌朝までの高血糖が改善すること<sup>79)</sup>、1日約14時間の座っている時間を、4日間、30分毎に10分程度の立位や軽強度の歩行に置き換え座位時間を約4.7時間/日少なくすると、CGMで測定した24時間血糖値や高血糖の時間、インスリン感受性を改善すること<sup>80)</sup>が示されており、座位時間が30分を超えたら一度座位を中断し、軽い運動を行うことが勧められる。さらに、疫学的に糖尿病患者で運動と生活活動を合わせた身体活動が高い人ほど心血管疾患の発症や総死亡率が低いことが示されている<sup>81)</sup>。

そのため、糖尿病患者を含むすべての人が、座位で過ごす時間、つまりエネルギー消費量の少ない行動(例:座位や臥位でのパソコンでの作業やテレビ鑑賞など)を減らすために、30分以上座位を継続しないように座位を中断し、歩行やその他の軽い身体活動を行うことが推

奨られている<sup>78,82)</sup>。また、余暇時間に何らかの活動に参加し、長時間の座位を避けることは、リスクのある人の2型糖尿病の予防に役立つ<sup>83,84)</sup>、糖尿病のある人の血糖コントロールにも役立つ可能性がある。

## 文献

### [引用文献]

- 1) Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al: Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* **305**: 1790-1799, 2011 [レベル 1+]
- 2) Boule NG, Haddad E, Kenny GP, et al: Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA* **286**: 1218-1227, 2001 [レベル 2]
- 3) MacLeod SF, Terada T, Chahal BS, Boule NG: Exercise lowers postprandial glucose but not fasting glucose in type 2 diabetes: a meta-analysis of studies using continuous glucose monitoring. *Diabetes Metab Res Rev* **29**: 593-603, 2013 [レベル 2]
- 4) Snowling NJ, Hopkins WG: Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care* **29**: 2518-2527, 2006 [レベル 2]
- 5) Sampath Kumar A, Maiya AG, Shastry BA, et al: Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med* **62**: 98-103, 2019 [レベル 2]
- 6) Yuing T, Lizana PA, Berral FJ. [Effects of physical training in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review]. *Rev Med Chil* **147**: 480-489, 2019 [レベル 1+]
- 7) Acosta-Manzano P, Rodriguez-Ayllon M, Acosta FM, et al: Beyond general resistance training. Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* **21**: e13007, 2020 [レベル 1+]
- 8) Moghetti P, Balducci S, Guidetti L, et al: Walking for subjects with type 2 diabetes: a systematic review and joint AMD/SID/SISMES evidence-based practical guideline. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* **30**: 1882-1898, 2020 [レベル 1+]
- 9) Jansson AK, Chan LX, Lubans DR, et al: Effect of resistance training on HbA1c in adults with type 2 diabetes mellitus and the moderating effect of changes in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Diabetes Res Care* **10**: e002595, 2022 [レベル 1+]
- 10) Jayedi A, Emadi A, Shab-Bidar S: Dose-dependent effect of supervised aerobic exercise on HbA(1c) in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Med* **52**: 1919-1938, 2022 [レベル 1+]
- 11) Ostman C, Jewiss D, King N, Smart NA: Clinical outcomes to exercise training in type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* **139**: 380-391, 2018 [レベル 2]
- 12) Yardley JE, Hay J, Abou-Setta AM, et al: A systematic review and meta-analysis of exercise interventions in adults with type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* **106**: 393-400, 2014 [レベル 2]
- 13) Tonoli C, Heyman E, Roelands B, et al: Effects of different types of acute and chronic (training) exercise on glycaemic control in type 1 diabetes mellitus: a meta-analysis. *Sports Med* **42**: 1059-1080, 2012 [レベル 2]
- 14) Kennedy A, Nirantharakumar K, Chimen M, et al: Does exercise improve glycaemic control in type 1 diabetes? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* **8**: e58861, 2013 [レベル 2]
- 15) Flores EB, Reichert T, Farinha JB, et al: Exercise training and neuromuscular parameters in patients with type 1 diabetes: systematic review and meta-analysis. *J Phys Act Health* **18**: 748-756, 2021 [レベル 2]
- 16) de Abreu de Lima V, de Menezes FJJ, da Rocha Celli L, et al: Effects of resistance training on the glycemic control of people with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Arch Endocrinol Metab* **66**: 533-540, 2022 [レベル 2]
- 17) Qiu S, Cai X, Schumann U, et al: Impact of walking on glycemic control and other cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. *PLoS One* **9**: e109767, 2014 [レベル 1+]
- 18) Schwingshackl L, Missbach B, Dias S, et al: Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: a systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia* **57**: 1789-1797, 2014 [レベル 1+]

- 19) Figueira FR, Umpierre D, Cureau FV, et al: Association between physical activity advice only or structured exercise training with blood pressure levels in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* **44**: 1557-1572, 2014 [レベル 1+]
- 20) Boule NG, Kenny GP, Haddad E, et al: Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia* **46**: 1071-1081, 2003 [レベル 1+]
- 21) Kelley GA, Kelley KS: Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins in adults with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Public Health* **121**: 643-655, 2007
- 22) Thomas DE, Elliott EJ, Naughton GA: Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* (3): CD002968, 2006 [レベル 2]
- 23) Hayashino Y, Jackson JL, Fukumori N, et al: Effects of supervised exercise on lipid profiles and blood pressure control in people with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Res Clin Pract* **98**: 349-360, 2012 [レベル 1+]
- 24) Chudyk A, Petrella RJ: Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care* **34**: 1228-1237, 2011 [レベル 1+]
- 25) Heberler I, de Barcelos GT, Silveira LMP, et al: Effects of aerobic training with and without progression on blood pressure in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-analyses and meta-regressions. *Diabetes Res Clin Pract* **171**: 108581, 2021 [レベル 1+]
- 26) Pai LW, Li TC, Hwu YJ, et al: The effectiveness of regular leisure-time physical activities on long-term glycaemic control in people with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* **113**: 77-85, 2016
- 27) Boniol M, Dragomir M, Autier P, Boyle P: Physical activity and change in fasting glucose and HbA1c: a quantitative meta-analysis of randomized trials. *Acta Diabetol* **54**: 983-991, 2017
- 28) Sabag A, Way KL, Keating SE, et al: Exercise and ectopic fat in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab* **43**: 195-210, 2017
- 29) Way KL, Hackett DA, Baker MK, Johnson NA: The effect of regular exercise on insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab J* **40**: 253-271, 2016
- 30) Tamura Y, Tanaka Y, Sato F, et al: Effects of diet and exercise on muscle and liver intracellular lipid contents and insulin sensitivity in type 2 diabetic patients. *J Clin Endocrinol Metab* **90**: 3191-3196, 2005
- 31) Hayashino Y, Jackson JL, Hirata T, et al: Effects of exercise on C-reactive protein, inflammatory cytokine and adipokine in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Metabolism* **63**: 431-440, 2014
- 32) Melo LC, Dativo-Medeiros J, Menezes-Silva CE, et al: Physical exercise on inflammatory markers in type 2 diabetes patients: a systematic review of randomized controlled trials. *Oxid Med Cell Longev* **2017**: 8523728, 2017
- 33) Cai H, Li G, Zhang P, et al: Effect of exercise on the quality of life in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Qual Life Res* **26**: 515-530, 2017
- 34) van der Heijden MM, van Dooren FE, Pop VJ, Pouwer F: Effects of exercise training on quality of life, symptoms of depression, symptoms of anxiety and emotional well-being in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Diabetologia* **56**: 1210-1225, 2013
- 35) Podolski N, Brixius K, Predel HG, Brinkmann C: Effects of regular physical activity on the cognitive performance of type 2 diabetic patients: a systematic review. *Metab Syndr Relat Disord* **15**: 481-493, 2017
- 36) Church TS, LaMonte MJ, Barlow CE, Blair SN: Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. *Arch Intern Med* **165**: 2114-2120, 2005
- 37) Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al: Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* **301**: 2024-2035, 2009
- 38) Liubaoerjijin Y, Terada T, Fletcher K, Boule NG: Effect of aerobic exercise intensity on glycaemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. *Acta Diabetol* **53**: 769-781, 2016
- 39) Umpierre D, Ribeiro PA, Schaan BD, Ribeiro JP: Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. *Diabetologia* **56**: 242-251, 2013
- 40) Villafaina S, Collado-Mateo D, Fuentes JP, et al: Physical exercise improves heart rate variability in patients with type 2 diabetes: a systematic review. *Curr Diab Rep* **17**: 110, 2017
- 41) Way KL, Keating SE, Baker MK, et al: The effect of exercise on vascular function and stiffness in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Curr Diabetes Rev* **12**: 369-383, 2016
- 42) Montero D, Walther G, Benamo E, et al: Effects of exercise training on arterial function in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* **43**: 1191-1199, 2013
- 43) Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, et al: The effects of high-intensity interval training on glucose regula-

- tion and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev* **16**: 942-961, 2015
- 44) 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* **31**: 575-593, 2019
  - 45) Manders RJ, Van Dijk JW, van Loon LJ: Low-intensity exercise reduces the prevalence of hyperglycemia in type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* **42**: 219-225, 2010
  - 46) Willey KA, Singh MA: Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes: bring on the heavy weights. *Diabetes Care* **26**: 1580-1588, 2003
  - 47) Liu Y, Ye W, Chen Q, et al: Resistance exercise intensity is correlated with attenuation of HbA1c and insulin in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* **16**: 140, 2019
  - 48) Oliveira C, Simoes M, Carvalho J, Ribeiro J: Combined exercise for people with type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract* **98**: 187-198, 2012
  - 49) Yang Z, Scott CA, Mao C, et al: Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* **44**: 487-499, 2014
  - 50) Nery C, Moraes SRA, Novaes KA, et al: Effectiveness of resistance exercise compared to aerobic exercise without insulin therapy in patients with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. *Braz J Phys Ther* **21**: 400-415, 2017
  - 51) Park SW, Goodpaster BH, Lee JS, et al: Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* **32**: 1993-1997, 2009
  - 52) Hovanec N, Sawant A, Overend TJ, et al: Resistance training and older adults with type 2 diabetes mellitus: strength of the evidence. *J Aging Res* **2012**: 284635, 2012
  - 53) Allet L, Armand S, de Bie R, et al: The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. *Diabetologia* **53**: 458-466, 2010
  - 54) Morrison S, Colberg S, Mariano M, et al: Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care* **33**: 748-750, 2010
  - 55) Venugopal V, Geethanjali S, Poonguzhali S, et al: Effect of yoga on oxidative stress in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Curr Diabetes Rev* **18**: e050421192663, 2022
  - 56) Wibowo RA, Nurmalia R, Nurrahma HA, et al: The effect of yoga on health-related fitness among patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* **19**: 4199, 2022
  - 57) Wang Y, Yan J, Zhang P, et al: Tai Chi program to improve glucose control and quality of life for the elderly with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Inquiry* **59**: 469580211067934, 2022
  - 58) Bohn B, Herbst A, Pfeifer M, et al: Impact of physical activity on glycemic control and prevalence of cardiovascular risk factors in adults with type 1 diabetes: a cross-sectional multicenter study of 18,028 patients. *Diabetes Care* **38**: 1536-1543, 2015
  - 59) Kriska AM, LaPorte RE, Patrick SL, et al: The association of physical activity and diabetic complications in individuals with insulin-dependent diabetes mellitus: the epidemiology of diabetes complications study--VII. *J Clin Epidemiol* **44**: 1207-1214, 1991
  - 60) Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al: Resistance versus aerobic exercise: acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care* **36**: 537-542, 2013
  - 61) Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al: Effects of performing resistance exercise before versus after aerobic exercise on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care* **35**: 669-675, 2012
  - 62) Robinson-Cohen C, Littman AJ, Duncan GE, et al: Physical activity and change in estimated GFR among persons with CKD. *J Am Soc Nephrol* **25**: 399-406, 2014
  - 63) Look ARG: Effect of a long-term behavioural weight loss intervention on nephropathy in overweight or obese adults with type 2 diabetes: a secondary analysis of the Look AHEAD randomised clinical trial. *Lancet Diabetes Endocrinol* **2**: 801-809, 2014
  - 64) Lemaster JW, Reiber GE, Smith DG, et al: Daily weight-bearing activity does not increase the risk of diabetic foot ulcers. *Med Sci Sports Exerc* **35**: 1093-1099, 2003
  - 65) Smith AG, Russell J, Feldman EL, et al: Lifestyle intervention for pre-diabetic neuropathy. *Diabetes Care* **29**: 1294-1299, 2006
  - 66) Hu S, Gu Y, Lu Z, et al: Relationship between grip strength and prediabetes in a large-scale adult population. *Am J Prev Med* **56**: 844-851, 2019
  - 67) Dasgupta K, Rosenberg E, Joseph L, et al: Physician step prescription and monitoring to improve Arterial health (SMARTER): a randomized controlled trial in patients with type 2 diabetes and hypertension. *Diabetes Obes Metab* **19**: 695-704, 2017

- 68) Baskerville R, Ricci-Cabello I, Roberts N, Farmer A: Impact of accelerometer and pedometer use on physical activity and glycaemic control in people with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabet Med* **34**: 612-620, 2017
- 69) Kempf K, Martin S: Autonomous exercise game use improves metabolic control and quality of life in type 2 diabetes patients - a randomized controlled trial. *BMC Endocr Disord* **13**: 57, 2013
- 70) Terauchi Y, Takada T, Yoshida S: A randomized controlled trial of a structured program combining aerobic and resistance exercise for adults with type 2 diabetes in Japan. *Diabetol Int* **13**: 75-84, 2022
- 71) Sawada SS, Gando Y, Kawakami R, et al: Combined aerobic and resistance training, and incidence of diabetes: a retrospective cohort study in Japanese older women. *J Diabetes Investig* **10**: 997-1003, 2019
- 72) Belletiere J, Healy GN, LaMonte MJ, et al: Sedentary behavior and prevalent diabetes in 6,166 older women: the objective physical activity and cardiovascular health study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **74**: 387-395, 2019
- 73) Larsen BA, Martin L, Strong DR: Sedentary behavior and prevalent diabetes in Non-Latino Whites, Non-Latino Blacks and Latinos: findings from the National Health Interview Survey. *J Public Health (Oxf)* **37**: 634-640, 2015
- 74) van der Berg JD, Stehouwer CD, Bosma H, et al: Associations of total amount and patterns of sedentary behaviour with type 2 diabetes and the metabolic syndrome: The Maastricht Study. *Diabetologia* **59**: 709-718, 2016
- 75) Wilmot EG, Edwardson CL, Achana FA, et al: Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia* **55**: 2895-2905, 2012
- 76) Biswas A, Oh PI, Faulkner GE, et al: Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* **162**: 123-132, 2015
- 77) Ravussin E: Physiology. A NEAT way to control weight? *Science* **307**: 530-531, 2005
- 78) Dempsey PC, Larsen RN, Sethi P, et al: Benefits for type 2 diabetes of interrupting prolonged sitting with brief bouts of light walking or simple resistance activities. *Diabetes Care* **39**: 964-972, 2016
- 79) Dempsey PC, Blankenship JM, Larsen RN, et al: Interrupting prolonged sitting in type 2 diabetes: nocturnal persistence of improved glycaemic control. *Diabetologia* **60**: 499-507, 2017
- 80) Duvivier BM, Schaper NC, Hesselink MK, et al: Breaking sitting with light activities vs structured exercise: a randomised crossover study demonstrating benefits for glycaemic control and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetologia* **60**: 490-498, 2017
- 81) Kodama S, Tanaka S, Heianza Y, et al: Association between physical activity and risk of all-cause mortality and cardiovascular disease in patients with diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care* **36**: 471-479, 2013
- 82) Katzmarzyk PT, Church TS, Craig CL, Bouchard C: Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc* **41**: 998-1005, 2009
- 83) Wang Y, Lee DC, Brellenthin AG, et al: Leisure-time running reduces the risk of incident type 2 diabetes. *Am J Med* **132**: 1225-1232, 2019
- 84) Schellenberg ES, Dryden DM, Vandermeer B, et al: Lifestyle interventions for patients with and at risk for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* **159**: 543-551, 2013

#### [参考とした資料]

- a) American Diabetes Association Professional Practice Committee: 5. Facilitating behavior change and well-being to improve health outcomes: standards of medical care in diabetes-2022. *Diabetes Care* **45**: S60-S82, 2022
- b) Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, et al: Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* **39**: 2065-2079, 2016
- c) Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, et al: Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: a Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* **54**: 353-368, 2022
- d) Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, et al: Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol* **5**: 377-390, 2017
- e) 日本糖尿病学会(編): 糖尿病治療ガイド 2022-2023. 文光堂, 2022
- f) 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準 2013  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf> [2024年4月22日閲覧]

## アブストラクトテーブル [4章]

| 論文コード  | 対象                                     | 方法   | 結果  | バイアスリスクは低い<br>か<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 臨床疑問に<br>直接答えて<br>いる<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 研究結果は<br>ほぼ一致し<br>ている<br>(MA/SR<br>のみ) | 誤差は小さ<br>く精確な結<br>果か<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 出版バイア<br>スは疑われ<br>ない<br>(MA/SR<br>のみ) |
|--|--|--|---|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| 1) Umpierre D,<br>2011<br>MA/SR<br>[レベル1+]       | 12週間以上運動療法を行った2型糖尿病(47件のRCT)(8,538人)   | 有酸素運動、レジスタンス運動、または有酸素運動+レジスタンス運動             | HbA1cは、対照と比較し有酸素運動(-0.73%)、レジスタンス運動(-0.57%)、有酸素運動+レジスタンス運動(-0.51%)で低下した。週150分を超えた運動群(-0.89%)では、150分以下の運動群(-0.36%)より低下した。運動に対するアドバイスは、食事のアドバイスと同時にすることで、有効であった | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 6) Yuing T, 2019<br>SR<br>[レベル1+]                | 12週間以上の運動療法(15件)                       | 有酸素運動、レジスタンス運動、または有酸素運動+レジスタンス運動             | それぞれの種類の運動によって、最大酸素摂取量、持久力、筋力は増加し、HbA1cは低下した  | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 7) Acosta-Manzano P,<br>2020<br>MA/SR<br>[レベル1+] | 4週間以上のレジスタンス運動を行った2型糖尿病(43件のRCT)       | レジスタンス運動(筋肥大トレーニング、筋持久カトレーニング)               | 筋肥大トレーニング、筋持久カトレーニング両方ともHbA1c、インスリン値、インスリン感受性、筋力、BMI、胸囲、脂肪量が有意に改善。筋肥大トレーニングでは、血糖値、心肺機能、体脂肪率、除脂肪体重、脂質プロファイル、CRPが改善した。筋持久カトレーニングでは体重が改善した                       | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 9) Jansson AK,<br>2022<br>MA/SR<br>[レベル1+]       | レジスタンス運動を行った2型糖尿病(20件:1,172名、13件:640名) | 20件のレジスタンス運動とコントロールを比較、13件のレジスタンス運動と有酸素運動を比較 | レジスタンス運動でHbA1cが有意に低下した。筋力増加が大きいほどHbA1cが低下した。有酸素運動との比較ではHbA1cの低下に有意差なし   | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 10) Jayedi A,<br>2022<br>MA<br>[レベル1+]           | 12週間以上の監視下有酸素運動を行った2型糖尿病(26件1,253名)    | 監視下の有酸素運動                                    | 有酸素運動によりHbA1cは低下した。週30分の有酸素運動が増加するたびにHbA1cが0.22%低下した。100分/週で最大の効果、100分を超えてもHbA1c改善効果は頭打ちであった。糖尿病治療薬が減少した、一方、低血糖が増加した  | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |

| 論文コード   | 対象   | 方法  | 結果   | バイアスリスクは低い<br>か<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 臨床疑問に<br>直接答えて<br>いる<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 研究結果は<br>ほぼ一致し<br>ている<br>(MA/SR<br>のみ) | 誤差は小さ<br>く精確な結<br>果か<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 出版バイア<br>スは疑われ<br>ない<br>(MA/SR<br>のみ) |
|---|--|---|--|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| 11) Ostman C,<br>2018<br>MA/SR<br>[レベル 2]           | 12 週間以上運動療法を行った 1 型糖尿病 (15 件の RCT) (596 人)   | 運動療法群 vs. 非運動群  | HbA1c や空腹時血糖, 安静時心拍数, 収縮期血圧, HDL-C は, 対照群と比較し, 変化はなかったが, 成人の運動群では有意に体重 (-2.20 kg), BMI (-0.39), LDL-C (-0.21mmol/L) が低下, 最大酸素摂取量 (4.08mL/kg/分) が有意に上昇し, 小児の運動群ではインスリン量 (-0.23U/kg), ウエスト (-5.40 cm), LDL-C (-0.31 mmol/L), 中性脂肪 (-0.21mmol/L) が有意に低下した | はい                                    | はい   | いいえ                                    | いいえ  | はい                                    |
| 12) Yardley JE,<br>2014<br>MA/SR<br>[レベル 2]         | 運動療法を行った成人 1 型糖尿病 (6 件の RCT, 323 人)  | 2 ヶ月以上週 2 回以上の運動介入  | 運動療法群は, HbA1c, インスリン量が有意に低下, 最大酸素摂取量が有意に増加した   | いいえ                                   | はい   | いいえ                                    | いいえ  | はい                                    |
| 13) Tonoli C,<br>2012<br>MA<br>[レベル 2]              | 運動療法を行った 1 型糖尿病 (33 件の試験) [日本人を対象とした研究を含む]   | 有酸素運動, レジスタンス運動, 有酸素運動+レジスタンス運動, または高強度の運動                  | 高強度のスプリントタイプの運動を有酸素運動に加えることで, 低血糖遷延のリスクを最小限に抑えることができる。有酸素運動のみ HbA1c の改善効果を確認   | はい                                    | いいえ  | いいえ                                    | いいえ  | はい                                    |
| 14) Kennedy A,<br>2013<br>MA/SR<br>[レベル 2]          | 運動療法を行った 1 型糖尿病 (12 件の試験, うち 8 件の RCT) (452 人)   | 運動療法 (有酸素運動 9 件, 有酸素運動+レジスタンス運動 2 件, 残り 1 件は運動の種類不明) vs. 対照 | HbA1c は, 運動で変化なし   | はい                                    | はい   | いいえ                                    | いいえ  | はい                                    |
| 15) Flores EB,<br>2021<br>MA/SR<br>[レベル 2]          | 6 週間以上のレジスタンス運動, 有酸素運動, レジスタンス運動+有酸素運動を行った 1 型糖尿病 (5 件, 112 人)                                 | 有酸素運動, レジスタンス運動, 有酸素運動+レジスタンス運動                             | レジスタンス運動と有酸素運動+レジスタンス運動は, 有酸素運動に比べて最大筋量を増加させた  | はい                                    | いいえ  | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 16) de Abreu de Lima V,<br>2022<br>MA/SR<br>[レベル 2] | 12~32 週間のレジスタンス運動を行った 1 型糖尿病 (5 件, 115 人)  | レジスタンス運動  | レジスタンス運動群は HbA1c の改善がみられた。小児と青少年への長期介入では HbA1c の大幅な減少, 筋力の増加, 脂質プロファイルの改善がみられた   | はい                                    | はい   | いいえ                                    | はい   | はい                                    |
| 18) Schwingshackl L,<br>2014<br>MA/SR<br>[レベル 1+]   | 8 週間以上のスーパーバイズ下の運動療法を行った 2 型糖尿病 (14 件の RCT) (915 人)  | 有酸素運動, レジスタンス運動, 有酸素運動+レジスタンス運動                             | 有酸素運動, レジスタンス運動単独に比べ, 有酸素運動+レジスタンス運動では, HbA1c が低下した。レジスタンス運動単独と比べ, 有酸素運動+レジスタンス運動で中性脂肪が低下した  | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 19) Figueira FR,<br>2014<br>MA<br>[レベル 1+]          | structured training を行った 2 型糖尿病 (30 の RCT, 2,217 人), 運動のアドバイスだけを受けた 2 型糖尿病 (21 の RCT, 7,323 人) | 有酸素運動単独, レジスタンス運動, 有酸素運動+レジスタンス運動, または運動指導のみ                | 対照に比べ, structured training や運動指導を受けた群で有意に収縮期血圧, 拡張期血圧が低下した   | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |

| 論文コード                                      | 対象  | 方法   | 結果   | バイアスリスクは低い<br>か<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 臨床疑問に<br>直接答えて<br>いる<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 研究結果は<br>ほぼ一致し<br>ている<br>(MA/SR<br>のみ) | 誤差は小さ<br>く正確な結<br>果か<br>(MA/SR,<br>RCT 共通) | 出版バイア<br>スは疑われ<br>ない<br>(MA/SR<br>のみ) |
|--|---|--|--|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| 23) Hayashino Y,<br>2012<br>MA<br>[レベル1+]  | 8週間以上のスー<br>パーバイズ下の運動<br>療法を行った2型糖<br>尿病(42件のRCT)<br>(2,808人)[日本人<br>を対象とした研究を<br>含む] | 有酸素運動, レジス<br>タンス運動, または<br>有酸素運動+レジス<br>タンス運動 | 収縮期血圧(-2.42<br>mmHg), 拡張期血<br>圧(-2.23mmHg),<br>HDL-C(+1.54mg/<br>dL), LDL-C(-6.18mg/<br>dL)が改善した | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |
| 25) Heberle I,<br>2021<br>MA/SR<br>[レベル1+] | 8週間以上の有酸素<br>運動を行った2型糖<br>尿病(17件912人<br>の参加者)   | 有酸素運動  | 合併症有無にかかわ<br>らず有酸素運動によ<br>り, 収縮期血圧, 拡<br>張期血圧を改善した   | はい                                    | はい   | はい                                     | はい   | はい                                    |