

運動療法

COQ 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型糖尿病患者に対する有酸素運動やレジスタンス運動、あるいはその組み合わせによる運動療法は、血糖コントロールや¹⁻⁶⁾、心血管疾患のリスクファクターを改善⁷⁻¹⁴⁾させる。2型糖尿病患者に対する有酸素運動とレジスタンス運動は、ともに単独で血糖コントロールに有効であり、併用によりさらに効果が高まる^{1, 6, 8, 14)}。 **【推奨グレード A】** (合意率 100%)
- ② 1型糖尿病患者では、長期的な運動による血糖コントロール改善効果に一定の見解が得られていないが、心血管疾患のリスクファクターを改善させ、生活の質 (quality of life : QOL) を改善させる¹⁵⁻¹⁸⁾。 **【推奨グレード B】** (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¹⁻⁶⁾、心血管疾患のリスクファクターである肥満⁷⁾、内臓脂肪の蓄積^{12, 19)}、インスリン抵抗性²⁰⁾、脂質異常症^{8, 11-14, 21)}、高血圧症^{7, 9, 13, 14)}、慢性炎症を改善^{21, 22)}し、またQOLやうつ状態の改善^{23, 24)}、さらには認知機能障害の改善効果²⁵⁾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²⁾。

その他、2型糖尿病患者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^{26, 27)}、運動療法による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¹⁰⁾。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、運動強度が強いほど、最大酸素摂取量の増加¹⁰⁾やHbA1cの改善²⁸⁾が期待できる相関性を認めているほか、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²⁹⁾。さらに、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_{RR})の改善³⁰⁾や血管機能の改善効果も示している^{31, 32)}。

近年では、高強度インターバルトレーニングの有用性が示されつつある³³⁾。高強度インターバルトレーニングの効果を検討したメタ解析では、メタボリックシンドロームや2型糖尿病に対する2~16週間の介入で、対照群に比べ、空腹時血糖やHbA1cの改善効果を認めたが、持続的な運動を行った群との比較では有意な改善効果は認められなかった。短時間の高強度運動のより長期的な血糖コントロール改善効果や安全性については不明であり、臨床導入する根拠が不足している面がある。なお、単回の運動の効果をCGM(continuous glucose monitoring)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³⁴⁾。

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。また、若年者や心肺機能が高い患者は、高強度またはインターバルトレーニング運動であれば、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^{a,b)}。

近年、レジスタンス運動のエビデンスが蓄積されてきた。レジスタンス運動では、筋肉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^{1,2,5,6,12)}。一般的には週に2～3日、主要な筋肉群を含んだ8～10種類のレジスタンス運動を10～15回繰り返す(1セット)ことより開始し、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^{a)}。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も示されている^{8,35)}。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^{36,37)}、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。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³⁸⁾、今後、より積極的な導入が期待される。

また、運動のみならず、日常生活内において生活活動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。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ほか^{c)}、日常生活において座位の時間が長いほど死亡率と心血管疾患が増加することも示されている³⁹⁾。2型糖尿病患者においては、30分に一度軽い運動を行うと、座位を維持した時よりも食後高血糖が改善することが示されており⁴⁰⁾、座位時間が30分を超えたら一度座位を打ち切り、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⁴¹⁾。

1型糖尿病患者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。1型糖尿病において、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型糖尿病患者における運動のHbA1cや空腹時血糖に対する効果に関するメタ解析では、その低下効果に有意差は認められないが、多くの研究で体重やBMI、LDL-Cの低下、最大酸素摂取量の増加効果が示されている^{15~18)}。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、また糖尿病性ケトアシドーシス(diabetic ketoacidosis: DKA)や昏睡を伴う重傷低血糖(高齢女性を除く)が少なかったことが示されている^{42,43)}。

このように1型糖尿病患者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。しかし、1型糖尿病患者において心血管疾患を生じるリスクが高く、運動はそ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。基本的に、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、インスリン療法や補食を調整することにより、いかなる運動も可能である^{d)}。

【ステートメント文中に引用した文献の採用基準】

現在、糖尿病に対する運動療法に関しては、多くの系統的レビュー/メタ解析が行われてお

り、それらのなかからエビデンスレベルの高いものの採用した。

【推奨グレード判定の説明】

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の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。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、弱い推奨(推奨グレードB)と判定した。

投票20名、ステートメント①：賛成20名(合意率100%)、ステートメント②：賛成20名(合意率100%)。

● 2型糖尿病

推奨グレード決定のための4項目	判定 (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に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や、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型糖尿病における運動療法は、血糖コントロールや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型糖尿病における運動療法による血糖コントロールや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型糖尿病に対する運動処方に関しては、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。

● 1型糖尿病

推奨グレード決定のための4項目	判定 (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に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、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。

Q 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？

【ステートメント】

- 運動療法を開始する前に、網膜症、腎症、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^{b)}。
- 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^{b)}、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では、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^{c)}。

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、新生血管は脆弱で血圧の急激な増加で出血のリスクが高まると考えられており、前増殖網膜症以上の症例では、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)を控える^{b)}。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^{b)}、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^{44,45)}。顕性腎症以上の患者の場合でも、運動は身体機能やQOLを改善しうするため、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。末梢神経障害患者では、身体活動により足潰瘍の発生などに注意が必要で、適切なフットケアが求められる。自律神経障害を有する患者は、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^{b)}。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、負荷を掛け過ぎない適度な運動を行う^{b)}。

アメリカ糖尿病学会(ADA)では、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^{b)}、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)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^{c)}。一方、アメリカスポーツ医学会(ACSM)のガイドラインは、現在運動習慣がある患者についてはADAと概ね同様であるが、定期的な運動習慣(最近3ヵ月以内に、週3回以上、中強度の身体活動を30分以上行っている)がない患者が、新規に運動を開始する際は、心血管疾患の発症に注意を要するため、医学的スクリーニングや運動負荷試験を考慮すること、また、そのような患者が運動を開始する際の強度は軽度～中強度の運動から開始して段階的に強度を上げていくことが推奨している^{d)}。しかし、新規に運動導入する場合でも、患者が無症状であり、かつ、軽度から中強度の運動であれば医学的スクリーニングを行う必要性を示すエビデンスは乏しいことも示唆されており^{b)}、結論が出ていない。

Q 4-3 具体的な運動療法はどのように行うか？

【ステートメント】

- 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^{a,b)}。
- 日常の座位時間が長ならないようにして、軽い活動を合間に行うことが勧められる^{a,b)}。

運動療法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。その一方で、有酸素運動には全身持久力の向上、レジスタンス運動には骨格筋量、筋力増加がそれぞれ期待され、双方の運動を行うことが勧められる^{a)}。

●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²⁸⁾、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（ β 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 の低下効果が大きいことなどから¹⁾、有酸素運動は週に 150 分以上を目安とする。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^{a)}。1 回の運動時間は少なくとも 10 分以上、最終的には 10~30 分程度かそれ以上が望ましいとされている^{a)}。

その一方で、食後に 30 分おきに 3 分間の軽い有酸素運動（歩行）を行うと食後高血糖が改善する報告もなされてきている⁴⁰⁾。また、テレビの視聴や、デスクワークなどで生じる座位時間が長いことは、運動とは独立した心血管イベントや予後のリスク因子であることや^{a,b)}、NEAT と呼ばれる、いわゆる生活活動の低下が肥満の増加の原因になっていることが示唆されている^{c)}。そのため、有酸素運動に取り組むことは別に、座位時間をできるだけ短くし、少なくとも 30 分に一度は軽度の活動をする、生活活動を増加させることも勧める。

●レジスタンス運動

レジスタンス運動は一般的には、連続しない日程で週2~3日、上半身、下半身の筋肉を含んだ8~10種類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を1セット行う程度から開始する。その後、負荷を徐々に増加し8~12回繰り返す負荷で1~3セット行うことを目標にする。

●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を参照)。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⁷⁾。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⁸⁾。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時よりも、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⁴⁶⁾。メタ解析でも、歩数計や活動量計の使用が活動量増加に有効であることが示されている⁴⁷⁾。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安となる。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⁴⁾。

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こす可能性があるため注意を要する。たとえば、インスリン治療をしている場合、食後に運動する場合には、運動前の超速効型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、自己血糖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⁴⁾。

レジスタンス運動についても、目標値に沿ってマシーン、フリーウエイト、バンド(ラバーやシリコン)、自重を利用したものが勧められる⁴⁾。食後に30分おきの自重を利用したレジスタンス運動を行うことにより、糖尿病患者における食後高血糖が改善した報告がなされている⁴⁰⁾。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⁴⁸⁾、今後の高齢化社会においてより強調されるべき運動様式と考えられる。

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) Boulé 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) Pai LW, Li TC, Hwu YJ et al : The effectiveness of regular leisure-time physical activities on long-term glycemic control in people with type 2 diabetes : a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* **113** : 77-85, 2016 [\[レベル 2\]](#)
- 4) Boniol M, Dragomir M, Autier P et al : Physical activity and change in fasting glucose and HbA1c : a quantitative meta-analysis of randomized trials. *Acta Diabetol* **54** : 983-991, 2017 [\[レベル 1+\]](#)
- 5) MacLeod SF, Terada T, Chahal BS et al : 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 [\[レベル 2\]](#)
- 6) 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 [\[レベル 2\]](#)
- 7) 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 [\[レベル 1+\]](#)
- 8) 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 [\[レベル 1+\]](#)
- 9) 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 [\[レベル 1+\]](#)
- 10) Boulé 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 [\[レベル 1+\]](#)
- 11) 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 [\[レベル 1+\]](#)
- 12) Thomas DE, Elliott EJ, Naughton GA : Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2006 : CD002968 [\[レベル 2\]](#)
- 13) 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 [\[レベル 1+\]](#)
- 14) Chudyk A, Petrella RJ : Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes : a meta-analysis. *Diabetes Care* **34** : 1228-1237, 2011 [\[レベル 1+\]](#)
- 15) Ostman C, Jewiss D, King N et al : Clinical outcomes to exercise training in Type 1 diabetes : a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* **139** : 380-391, 2018 [\[レベル 2\]](#)
- 16) 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 [\[レベル 2\]](#)
- 17) 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 [\[レベル 2\]](#)
- 18) 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 [\[レベル 2\]](#)
- 19) 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
- 20) Way KL, Hackett DA, Baker MK et al : 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
- 21) 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
- 22) 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
- 23) Cai H, Li G, Zhang P, Xu D 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
- 24) van der Heijden MM, van Dooren FE, Pop VJ et al : 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
- 25) Podolski N, Brixius K, Predel HG et al : 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
- 26) Church TS, LaMonte MJ, Barlow CE et al : Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. *Arch Intern Med* **165** : 2114-2120, 2005
 - 27) 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
 - 28) Liubaoerjijin Y, Terada T, Fletcher K et al : Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes : a meta-analysis of head-to-head randomized trials. *Acta Diabetol* **53** : 769-781, 2016
 - 29) Umpierre D, Ribeiro PA, Schaan BD et al : 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
 - 30) 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
 - 31) 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
 - 32) 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
 - 33) Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G et al : The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance : a meta-analysis. *Obes Rev* **16** : 942-961, 2015
 - 34) 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
 - 35) Oliveira C, Simoes M, Carvalho J et al : Combined exercise for people with type 2 diabetes mellitus : a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract* **98** : 187-198, 2012
 - 36) 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
 - 37) 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
 - 38) 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
 - 39) Katzmarzyk PT, Church TS, Craig CL et al : Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc* **41** : 998-1005, 2009
 - 40) 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
 - 41) 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
 - 42) 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
 - 43) 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
 - 44) 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
 - 45) 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
 - 46) 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
 - 47) Baskerville R, Ricci-Cabello I, Roberts N et al : 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
 - 48) 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

[参考とした資料]

- a) American Diabetes A. 4. Lifestyle Management : Standards of Medical Care in Diabetes-2018. *Diabetes Care* **41** : S38-S50, 2018
- 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) Ravussin E : A NEAT way to control weight? *Science* **307** : 530-531, 2005
- 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) Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B et al : American Diabetes A : Exercise and type 2 diabetes : the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association : joint position statement. *Diabetes Care* **33** : e147-e167, 2010
- f) Riebe D, Franklin BA, Thompson PD et al : Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. *Med Sci Sports Exerc* **47** : 2473-2479, 2015
- g) 日本糖尿病学会 (編・著) : 糖尿病治療ガイド 2018-2019. 文光堂, 2018
- h) 厚生労働省 : 健康づくりのための身体活動基準 2013
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqtpdf> 2013

アブストラクトテーブル

論文コード	対象	方法	結果	バイアスリスクは低い か (MA/SR, RCT 共通)	臨床疑問に 直接答えて いる (MA/SR, RCT 共通)	研究結果 はほぼ一致 している (MA/SR のみ)	誤差は小さ く精確な結 果か (MA/SR, RCT 共通)	出版バイア スは疑われ ない (MA/SR のみ)
1) Umpierre 2011 MA/SR [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は対照と比較して有酸素運動 (-0.73%), レジスタンス運動 (-0.57%), 有酸素+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
2) Boulé 2001 MA [レベル 2]	8 週間以上運動療法を行った 2 型糖尿病 (11 件の RCT と 3 件の非ランダム化比較試験)	運動療法 (有酸素運動 12 件とレジスタンス運動 2 件) (154 人) vs. 対照 (156 人)	体重減少は有意ではなかったが、HbA1c は改善 (-0.66%) した	はい	はい	いいえ	はい	はい
3) Pai 2016 MA/SR [レベル 2]	8 週間以上、週 2~3 回、1 回 30 分以上の運動療法を行った 2 型糖尿病 (18 件の RCT 915 人) [日本人を対象とした研究を含む]	歩行運動, 太極拳, 気功, ヨガ運動	余暇の時間に身体活動量が多い群は、対照に比べ、HbA1c -0.6% 低下。高頻度で運動を行っている群はさらなる HbA1c 改善効果あり。また、ヨガ運動が最も HbA1c 低下効果があった	はい	はい	はい	いいえ	はい
4) Boniol 2017 MA [レベル 1+]	週 100 分以上の身体活動量の増加を行った 2 型糖尿病 (空腹時血糖: 56 研究, HbA1c: 60 研究) [日本人を対象とした研究を含む]	週 100 分以上の身体活動量の増加	対照と比較し有意に、空腹時血糖 (-4.71mg/dL), HbA1c (-0.16%) は低下	はい	はい	はい	はい	はい
5) MacLeod 2013 MA [レベル 2]	運動療法を行った 2 型糖尿病 (RCT, クロスオーバー試験, 前後比較試験を含む 11 件の試験)	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	OGM で、運動は平均血糖値を低下 (-14.4mg/dL) し、高血糖 (180mg/dL <) の時間を減らした (129 分) が、低血糖の時間と空腹時血糖値は不変	いいえ	はい	はい	はい	はい
6) Snowling 2006 MA [レベル 2]	比較を伴うスーパーバイズ下の運動療法を行った 2 型糖尿病 (27 件の比較試験, 18 件の RCT を含む) (55 ± 7 歳) (1,003 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 [5~104 週間]	有酸素運動, レジスタンス運動, 有酸素運動+レジスタンス運動において HbA1c に対して改善効果を認めた。有酸素運動+レジスタンス運動の意義については、結論にいたらなかった	はい	はい	いいえ	はい	はい
7) Qiu 2014 MA [レベル 1+]	8 週間以上の歩行運動療法を行った 2 型糖尿病 (20 件の RCT) (866 人)	歩行運動	HbA1c は、スーパーバイズを受けた場合 (-0.58%) と、非スーパーバイズ下でも動機づけを行った場合 (-0.53%) には低下した。また歩行運動は有意に BMI, 拡張期血圧を低下させたが、収縮期血圧, 脂質代謝には有意な改善を認めなかった	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か (MA/SR, RCT 共通)	臨床疑問に直接答えている (MA/SR, RCT 共通)	研究結果はほぼ一致している (MA/SR のみ)	誤差は小さく精確な結果か (MA/SR, RCT 共通)	出版バイアスは疑われない (MA/SR のみ)
8) Schwingshackl 2014 MA/SR 【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, 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中性脂肪低下	はい	はい	はい	はい	はい
9) Figueira 2014 MA 【レベル 1 +】	structured training を行った 2 型糖尿病 (30 の RCT, 2217 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, 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	はい	はい	はい	はい	はい
10) Boulé 2003 MA 【レベル 1 +】	8 週間以上運動療法を行った 2 型糖尿病 (9 件の RCT) (266 人)	有酸素運動療法 (最大酸素摂取量の 50 ~ 75 %, 平均: 1 回 49 分, 週 3.4 回, 20 週間) (132 人) vs. 対照 (134 人)	最大酸素摂取量が 11.8% 増加した. 運動量より運動強度が心肺機能と HbA1c の改善と関連した	はい	はい	はい	はい	はい
11) Kelley 2007 MA 【レベル 1 +】	8 週およびそれ以上の有酸素運動を行った 2 型糖尿病 (7 件の RCT) (220 人)	運動療法 (平均 15.1 週, 週 4.2 回, 最大酸素摂取量の 68.3 %, 1 回 47.1 分)	LDL-C は約 5 % の低下. TC, HDL-C, TC/HDL-C, TG は変化しなかった. HbA1c は低下傾向を示した	はい	はい	はい	はい	はい
12) Thomas 2006 SR 【レベル 2】	運動療法を行った 2 型糖尿病 (11 件の RCT と 3 件の非ランダム化比較試験) (377 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 [8 週~12 ヶ月間]	運動は, 体重減少を伴わないでも, 血糖コントロールを改善し (HbA1c - 0.6 %), 内臓および皮下脂肪の減少, TG の低下, コレステロールと血圧は不変	いいえ	はい	はい	はい	はい
13) Hayashino 2012 MA 【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 (42 件の RCT) (2,808 人) [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, または有酸素運動+レジスタンス運動	収縮期血圧 (-2.42 mmHg), 拡張期血圧 (-2.23 mmHg), HDL-C (+1.54 mg/dL), LDL-C (-6.18 mg/dL) が改善した	はい	はい	はい	はい	はい
14) Chudyk 2011 MA 【レベル 1 +】	(有酸素運動単独 24 研究, 有酸素運動+レジスタンス運動 10 研究)	有酸素運動単独または有酸素運動+レジスタンス運動	有酸素運動単独または, 有酸素運動+レジスタンス運動は, 有意に HbA1c, 収縮期血圧, 中性脂肪, ウエスト周囲長を改善した	はい	はい	はい	はい	はい
15) Ostman 2018 MA/SR 【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 (-0.21 mmol/L) が低下, 最大酸素摂取量 (4.08 mL/kg/分) が有意に上昇し, 小児の運動群ではインスリン量 (-0.23 IU/kg), ウエスト (-5.40 cm), LDL-C (-0.31 mmol/L), 中性脂肪 (-0.21 mmol/L) が有意に低下した	はい	はい	いいえ	いいえ	はい

論文コード	対象	方法	結果	バイアスリスクは低い か (MA/SR, RCT 共通)	臨床疑問に 直接答えて いる (MA/SR, RCT 共通)	研究結果 はほぼ一致 している (MA/SR のみ)	誤差は小さ く精確な結 果か (MA/SR, RCT 共通)	出版バイア スは疑われ ない (MA/SR のみ)
16) Yardley 2014 MA/SR 【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カ月以上週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	いいえ	はい	いいえ	いいえ	はい
17) Tonoli 2012 MA 【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の改善効果を認める	はい	いいえ	いいえ	いいえ	はい
18) Kennedy 2013 MA/SR 【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