

（分担）研究報告書

研究課題名（課題番号）：健康増進施設の現状把握と標準的な運動指導プログラムの開発および効果  
検証と普及促進（H29-循環器-一般-012）

自転車運動トレーニングおよび自転車利用と健康効果：文献レビュー

研究分担者 丸藤祐子 医薬基盤・健康・栄養研究所 身体活動研究部 室長

研究協力者 川上諒子 早稲田大学スポーツ科学学術院 講師

研究協力者 齋藤義信 慶應義塾大学大学院健康マネジメント研究科 助教

研究要旨

我が国では、平成29年5月1日に「自転車活用推進法」が施行され、二酸化炭素の発生の抑制、災害時の機動的な交通機能の維持、健康増進・体力向上、交通混雑の緩和など、自転車の活用により、環境・健康・交通における様々な課題解決に向けた取り組みが推進されることとなった。そこで我々は、健康増進のための運動プログラムの中心的役割を果たす全身持久力向上のための自転車活用推進の生理的効果や医療費への影響に関する文献レビューを実施した。

検索データベース PubMed を利用して、実験的環境下で実施された自転車トレーニングによる生理的効果（血糖値・血圧への影響）に関する研究と、通勤・通学時等の自転車利用による健康効果および医療費抑制効果に関する研究をまとめた。

実験的環境下での自転車運動トレーニングの生理的効果に関する研究では、血糖値や血圧への効果は研究間で異なる結果であった。一方で、レビューした文献のほとんどの研究において、自転車運動トレーニングや自転車活用により全身持久力に関する指標（ $VO_{2max}$ 、 $VO_{2peak}$ 、 $W_{max}$ ）は向上していた。高い全身持久力は、非感染性疾患、がん、心血管疾患、死亡リスクの低下と関連することが報告されている。そのため自転車活用が促進されることで、将来的に非感染性疾患、がん、心血管疾患、死亡リスク低下に繋がる可能性があると考えられる。

通勤・通学時等の自転車利用による健康効果に関する研究では、自転車通勤や自転車を使用していない人と比較すると、自転車通勤あるいは自転車利用習慣がある人では、様々な健康アウトカム（RR：relative risk）が低い（RR：0.48～0.91）ことが示されていた。

通勤・通学の自転車利用促進による医療費抑制効果に関するシミュレーションモデルの研究では、イタリアのフィレンツェにおいて、自転車通勤・通学者の割合が7.5%から17%へ増えると、10年間で予防できる症例数は、2型糖尿病280症例、急性心筋梗塞51症例、脳卒中51症例で、地域医療保健サービスの10年間での貯蓄額は4,008,037ユーロ（約5億円（1ユーロ125円とした場合））と推定された。

本文献レビューにより、自転車運動トレーニングの生理的効果や健康効果、医療費抑制効果が明らかとなった。日本における自転車活用によるこれらの効果に関するエビデンスはほとんど報告されていないため、今後は日本においても同様の効果があるのかを検討する必要があると考えられる。

## A. 研究目的

現在、多くの国々において身体活動不足が問題となっている。身体活動不足は、非感染性疾患（特に糖尿病や高血圧等の生活習慣病）や死亡と関連することが報告されている。そのため、身体活動量の増加は、疾病・死亡リスク低下のために重要である。

我が国では、平成 29 年 5 月 1 日に「自転車活用推進法」が施行され、二酸化炭素の発生の抑制、災害時の機動的な交通機能の維持、健康増進・体力向上、交通混雑の緩和など、自転車の活用により、環境・健康・交通における様々な課題解決に向けた取り組みが推進されることとなった。自転車活用の促進は、国民の身体活動の増加に繋がり、健康の維持・増進・改善効果が期待される。また、健康寿命の延伸および医療費削減に寄与する健康体力として全身持久力が重要であることが報告されている。全身持久力向上のための運動負荷機器としてトレッドミルや自転車エルゴメーター等が知られている。いずれの機器も全身持久力を向上させることが報告されているが、トレッドミルは機器利用中の転倒の可能性がある。また、ローイングマシンは広く普及していない状況である。一方で、自転車エルゴメーターについては、機器利用中の転倒の可能性は低く、広く普及している。そこで、健康増進のための運動プログラムの中心的役割を果たす全身持久力向上のための自転車活用推進の生理的効果や医療費への影響に関する文献レビューを実施することとした。具体的には、2 つの観点から文献レビューを実施した。1 つ目は、実験的環境下で実施された自転車トレーニングによる生理的効果（血糖値・血圧への影響）に関する研究についてまとめた。2 つ目は、通勤・通学時等の自転車利用による健康効果および医療費抑制効果に関する研究をまとめた。

## B. 研究方法

### B-1. 自転車運動トレーニングによる血糖値への

### 影響の文献レビュー方法

#### ■文献検索

自転車運動トレーニングによる血糖値への影響に関する介入研究について文献検索を行った。検索データベース PubMed を利用して、検索式を「("blood glucose") AND ("cycling exercise" OR cycling OR "cycle ergometer") AND ("intervention")」とした。

#### ■文献採択基準

文献検索にあたって、以下の項目に該当する文献は不採用とした。

- ① 一過性の自転車運動効果に関する研究
- ② トップアスリートを対象とした研究（一般的な自転車運動レベルを大きく超えていると考えられる研究）
- ③ 上肢のエルゴメーターを使用した研究
- ④ 重度の疾患（脊椎損傷患者、術後患者）を対象とした研究
- ⑤ 介入方法が複数の研究（自転車運動＋ウォーキングや筋力トレーニング、自転車運動＋食事介入など）
- ⑥ 観察研究
- ⑦ 介入前後でのアウトカム（血糖値）の値が不明確な研究

#### ■文献検索結果と採択文献数

54 本の文献がヒットし、題名と要約をレビューし、27 本に絞った。さらに 27 本の全文の内容を確認し、15 本の文献が採択された。後述する自転車運動トレーニングによる血圧への影響について文献レビューを行った際に、血糖値に関する記述があった 1 本の論文を追加し、最終的に 16 本を採択論文とした。

### B-2. 自転車運動トレーニングによる血圧への影響の文献レビュー方法

#### ■文献検索

自転車運動トレーニングによる血圧への影響に関する介入研究について文献検索を行った。検索データベース PubMed を利用して、検索式を

「("blood pressure") AND ("cycling exercise" OR cycling OR "cycle ergometer") AND ("intervention")」とした。

#### ■文献採択基準

文献検索にあたって、以下項目に該当する文献は不採用とした。

- ① 上述の血糖値に関する文献採択基準①～⑥に該当する研究
- ② 介入前後でのアウトカム（収縮期血圧や平均血圧）の値が不明確な研究
- ③ 血圧低下を抑制するために運動を行っていた研究（透析療法中に実施している自転車運動）

#### ■文献検索結果と採択文献数

98本の文献がヒットし、題名と要約をレビューし、28本に絞った。さらに28本の全文の内容を確認し、19本の文献が採択された。上述した自転車運動トレーニングによる血糖値への影響について文献レビューを行った際に、血圧に関する記述があった2本の論文を追加し、最終的に21本を採択論文とした。

### B-3. 自転車利用による健康効果と医療費抑制効果の文献レビュー方法

#### B-3-(1). 自転車利用による健康効果

##### ■文献検索

自転車利用による健康効果についてのコホート研究の文献検索を行った。Dinuら<sup>1</sup>が、2018年11月にシステマティックレビューとメタ分析によって活動的な通勤手段と健康効果を報告していたので、この文献内で採択されていた自転車通勤と健康効果に関する文献を抽出した。さらに、このシステマティックレビュー以降に報告されたコホート研究があるかを確認した。

##### ■文献検索結果と採択文献数

システマティックレビューで採択されていた23本の文献から、6本の文献を採択した。さらに、このシステマティックレビュー以降に報告された1本のコホート研究を追加し、最終的に7本を採択論文とした。

#### B-3-(2). 自転車利用による医療費抑制効果

##### ■文献検索

自転車利用による医療費抑制効果については、検索データベース PubMed を利用して文献検索を行った。検索式は「(bicycle OR cycling) AND ("cost of medical care" OR "doctor bill" OR "fee for medical treatment" OR "health expenditure" OR "healthcare cost" OR "healthcare expenditure" OR "healthcare spending" OR "medical and dental treatment costs" OR "medical bill" OR "medical bills" OR "medical care cost" OR "medical care expenditure" OR "medical charges" OR "medical expense" OR "medical payment" OR "medical spending" OR "medical-care expenses" OR "medical cost")」とした。

##### ■文献検索結果と採択文献数

自転車利用による健康効果については、67本の文献がヒットし、題名と要約をレビューし、3本に絞った。3本の全文の内容を確認したが、自転車利用と医療費抑制効果に関する研究は見当たらなかった。しかし、これまでに自転車利用と健康効果に関する様々な文献レビューを実施した中で、シミュレーションモデルを使って、自転車利用が促進された場合の10年間の医療費抑制効果を検証している研究が1本あったので報告する。

### C. 研究結果

#### C-1. 自転車運動トレーニングによる血糖値への影響の文献レビューと採択研究の特徴

自転車運動トレーニングによる血糖値への影響に関する研究のエビデンステーブル（結果一覧）を健康な人を対象とした研究（表1）と疾患を対対象とした研究（表2）としてまとめた。

##### C-1-(1). 健康な人における効果

健康な人を対象とした研究は、6件であった。Finucaneらの、健康な高齢者（平均年齢71歳）におけるメタボリックシンドロームリスク因子に対する有酸素性運動の効果を検証するために、自転車運動トレーニングを用いたランダム化比較試験

を実施した。トレーニング群は、最大仕事量 (Wmax) の 50%~70%の運動強度 (1~4 週目は 50%Wmax、5~8 週目は 60%Wmax、9~12 週目は 70%Wmax) で、1 回 60 分で週 3 回の自転車運動 (自転車エルゴメータによる運動) を 12 週間実施した。75g 経口糖負荷試験をトレーニング期間の前後に実施したが、トレーニング前後で、空腹時血糖値に対する効果は認められなかった (トレーニング前 : 4.9 mmol/L、トレーニング後 : 4.9 mmol/L)。75g 経口糖負荷試験 120 分値では、低下傾向にあった (トレーニング前 : 6.9 mmol/L、トレーニング後 : 6.4 mmol/L)。

健康な妊娠中 (妊娠期間 20 週未満) の女性 (平均年齢 30 歳) を対象にしたランダム化比較試験<sup>2</sup>では、自宅において、おおよそ 65% $\dot{V}O_{2max}$  の運動強度で、1 回 40 分で週 5 回の自転車運動を 15 週間実施している。トレーニング前後で、空腹時血糖値における低下はみられなかった (トレーニング前 : 4.24 mmol/L、トレーニング後 : 4.35 mmol/L)。

健康な中年男女 (平均年齢 43 歳) を対象にした研究<sup>3</sup>では、ペダリングの負荷を男性では体重の 7.5%、女性では体重の 6.5%に設定し、運動開始と同時に全力でペダルを 6 秒間回転させて、1 分間のリカバリー (100 rpm でのペダリング) を挟んで 10 回繰り返す運動を、8 週間で 16 回 (1~2 日間の休息日を入れて) 実施する高強度トレーニングの効果を検証している。トレーニング前後で、空腹時血糖値 (トレーニング前 : 4.6 mmol/L、トレーニング後 : 4.3 mmol/L) と経口糖負荷試験 120 分値に対する低下がみられた (トレーニング前 : 5.4 mmol/L、トレーニング後 : 4.8 mmol/L)。

Shepherd ら<sup>4</sup>は、健康な中年男女 (平均年齢 42 歳) を対象に、対照群としてこれまで一般的に推奨されてきた中強度の自転車運動を実施させ、トレーニング群に高強度間欠的トレーニングを実施させ、それぞれの効果を比較した。トレーニング群は最大心拍数の 90%以上の運動強度で週 3 回、対照群は最大心拍数の約 70%で週 5 回の自転車運

動トレーニングを 10 週間実施した。トレーニング前後で、両群において空腹時血糖値の低下はみられなかったが、経口糖負荷試験中の血糖値の曲線下面積の値は両群でトレーニング後において低下していた。低下の程度に群間差はなかった。

マスターズ自転車競技者 (平均年齢 53 歳) を対象とした研究<sup>5</sup>では、自転車による持続的トレーニングを普段通り実施させる群 (CTR) と、持続的トレーニングとスプリントトレーニングを組み合わせさせて実施させる群 (ETC)、持久力トレーニングとレジスタンストレーニングとスプリントトレーニングを組み合わせさせて実施させる群 (RTC) における心血管代謝系因子に対する効果を検証している。トレーニング前後で、3 群における空腹時血糖値の変化は CTR 群でトレーニング前 : 5.1 mmol/L、トレーニング後 : 5.2 mmol/L、ETC 群でトレーニング前 : 5.3 mmol/L、トレーニング後 : 4.6 mmol/L、RTC 群でトレーニング前 : 5.1 mmol/L、トレーニング後 : 5.0 mmol/L であった。

最近の研究<sup>6</sup>では、電動アシスト自転車を使った介入効果に関する研究も報告されている。運動習慣のない通勤者 (平均年齢 42 歳) に対して、通勤の際に電動アシスト自転車を最低でも週 3 日間、少なくとも週に合計 40 分は利用するよう指示された。4 週間の介入前後において、空腹時血糖値の低下はみられなかったが、経口糖負荷試験 120 分値において低下がみられた (介入前 : 5.53 mmol/L、介入後 : 5.03 mmol/L)。

## C-1-(2). 疾患における効果

### ■2 型糖尿病患者を対象とした効果

過体重の 2 型糖尿病患者の男性 (平均年齢 61 歳) を対象とした研究<sup>7</sup>では、中強度の自転車運動を 1 回約 15~45 分で週 2 回実施した。12 週間のトレーニング前後において、空腹時血糖値はトレーニング前で 155 mg/dL、トレーニング後で 145 mg/dL であった。

Ruffino ら<sup>8</sup>は、2 型糖尿病患者の男性 (平均年齢 55 歳) を対象に、クロスオーバー試験で、自転

車による高強度インターバルトレーニングを週 3 回実施した試行 (HIT) と中強度のウォーキングを週 5 回実施した試行 (WK) の健康効果を比較した。8 週間のトレーニング前後において、空腹時血糖値は、HIT 試行でトレーニング前 9.9 mmol/L、トレーニング後 9.2 mmol/L、WK 試行でトレーニング前 9.9 mmol/L、トレーニング後 9.7 mmol/L であった。

2 型糖尿病患者の男女 (平均年齢 56 歳) を対象に、自転車運動による高強度インターバルトレーニング群と中強度持続的トレーニング群における糖代謝に対する効果を検証した研究<sup>9</sup>では、高強度インターバルトレーニング群において、トレーニング後の空腹時血糖値の低下がみられた (トレーニング前 : 8.7 mmol/L、トレーニング後 : 8.0 mmol/L)。

■メタボリックシンドローム、肥満者を対象とした効果

Johnson ら<sup>10</sup>は、肥満男女 (平均年齢 48 歳) を対象に、1 回 30~45 分で週 3 回の中強度 (1 週目は 50%VO<sub>2peak</sub>、2 週目は 60%VO<sub>2peak</sub>、3~4 週目は 70%VO<sub>2peak</sub>) の自転車運動を 4 週間実施した。トレーニング前後で、空腹時血糖値の低下はみられなかった (トレーニング前 : 5.62 mmol/L、トレーニング後 : 5.63 mmol/L)。

過体重および肥満男性 (平均年齢 32 歳) を対象に、2 週間で 6 回の高強度インターバルトレーニングを実施して健康関連指標への効果を検証した研究では<sup>11</sup>、トレーニング前後の空腹時血糖値はトレーニング前 : 5.51 mmol/L、トレーニング後 : 5.35 mmol/L であった。

過体重および肥満の若年女性 (平均年齢 20 歳) を対象に、1 回 20 分の短時間高強度インターバルトレーニング (HIT) と 1 回 40 分の中強度トレーニング (MCT) を 5 週間で 20 回実施した研究<sup>12</sup>では、空腹時血糖値はトレーニング後に両群ともに低下傾向であった (HIT トレーニング前 : 4.5 mmol/L、トレーニング後 : 4.4 mmol/L、MCT トレーニング前 : 4.6 mmol/L、トレーニング後 : 4.4

mmol/L)。

Guadalupe-Grau ら<sup>13</sup>は、メタボリックシンドロームの中年男女 (平均年齢 55 歳) を対象に、合計 43 分の有酸素インターバルトレーニング (70%HR<sub>max</sub> で 10 分間ウォームアップ、90%HR<sub>max</sub> で 4 分×4 回に 70%HR<sub>max</sub> で 3 分のアクティブリカバリーを組み込んだインターバルトレーニング、5 分間クールダウン) を週 3 回実施した。6 ヶ月間の介入前後で、空腹時血糖値の低下はみられなかった (トレーニング前 : 6.3 mmol/L、トレーニング後 : 6.3 mmol/L)。

■虚血性心疾患患者を対象とした効果

Goluchowska ら<sup>14</sup>は、虚血性心疾患患者の男性 (平均 60 歳) を対象に、心臓リハビリプログラムの一環として、自転車によるインターバルトレーニングを実施した。1 回 40 分のインターバルプログラムを週 3 回実施した。8 週間の介入後で空腹時血糖値の低下はみられなかった (トレーニング前 : 105 mg/dL、トレーニング後 : 103 mg/dL)。

## C-2. 自転車運動トレーニングによる血圧への影響の文献レビューと採択研究の特徴

自転車運動トレーニングによる血圧への影響に関する研究のエビデンステーブルを健康な人を対象とした研究 (表 3) と疾患患者を対象とした研究 (表 4) としてまとめた。

### C-2-(1). 健康な人における効果

Arroll ら<sup>15</sup>は、中高年男女 (平均年齢 58 歳) を対象に、クロスオーバー試験で、1 回 40 分の中強度 (50%VO<sub>2max</sub>) の自転車運動を連続 4 日間実施させる試行と、1 回の運動時間を 10 分間にして連続 4 日間実施させる試行の血圧への影響を比較した。1 回 40 分間の自転車運動を実施した試行では、収縮期血圧が有意に低下したが (介入前 : 142 mmHg、介入後 : 134 mmHg)、1 回 10 分間の自転車運動では、低下は認められなかった (介入前 : 147 mmHg、介入後 : 159 mmHg)。

de Geus ら<sup>16</sup>は、職場への自転車による通勤が

健康指標に及ぼす効果について介入研究を実施した。通勤に車やバイク等を使用している 30~65 歳の働いている男女の中から、職場から自宅までの距離が 2~15km で週 3 回以上通勤する人を自転車通勤介入群に割り当て、職場から自宅までの距離が 2km 未満あるいは 15km 以上の人、通勤が週 3 回未満の人を比較群に割り当てた。1 年間の介入前後で収縮期血圧は、介入群で介入前 129 mmHg から介入後 126 mmHg、比較群では 132 mmHg から 128 mmHg の変化であった。

Moller ら<sup>17</sup>も、8 週間の自転車通勤介入を実施し、収縮期血圧は、介入群で介入前 133 mmHg から介入後 125 mmHg、比較群で 133 mmHg から 128 mmHg の変化であった。

Vogel ら<sup>18</sup>は、健康的な男女（平均年齢 66 歳）を対象に、週 2 回の自転車運動による間欠的運動トレーニングを 9 週間実施し、血管系指標への効果を検証した。トレーニング前後で収縮期血圧の有意な低下がみられた（トレーニング前：130 mmHg、トレーニング後：120 mmHg）。

Henriquez ら<sup>19</sup>は、閉経後女性を対象に、週 3 日 1 回 40 分の中強度（60~65%VO<sub>2peak</sub>）の自転車運動を 6 ヶ月実施している。トレーニング後において、収縮期血圧の低下がみられた（トレーニング前：124 mmHg、トレーニング後：118 mmHg）。

以下は、血糖値への効果に関する研究でも報告した研究になる（\*は血糖値と血圧の両方に採択されている文献を示す）。Finucane ら<sup>20\*</sup>のランダム化比較試験では、トレーニング前後における収縮期血圧は、トレーニング前 139 mmHg、トレーニング後 136 mmHg であった。高強度トレーニングの Adamson らの研究<sup>3\*</sup>では、トレーニング前後で収縮期血圧は、トレーニング前 137 mmHg、トレーニング後 133 mmHg であった。Shepherd ら<sup>4\*</sup>の中強度の自転車運動トレーニングと高強度間欠的トレーニングの比較をした研究では、中強度トレーニング群では、トレーニング前の収縮期血圧は 127 mmHg、トレーニング後 123 mmHg、高強度間欠的トレーニング群ではトレーニング前 123

mmHg、トレーニング後 123 mmHg であった。Peterman らの電動アシスト自転車を使った介入研究<sup>6\*</sup>では、4 週間の介入前後における平均血圧は、介入前 85 mmHg、介入後 83 mmHg であった。

## C-2-(2). 疾患における効果

### ■循環器系疾患患者を対象とした効果

Katz-Leurer ら<sup>21</sup>は、亜急性期における脳卒中患者（平均 62 歳）を対象に、自転車エルゴメータートレーニングを 6 週間実施している。運動強度は予備心拍数の 60%以下とし、最初の 2 週間は 10~20 分間の運動を週に 5 日、残りの 4 週間は 30 分の運動を週に 3 日実施した。トレーニングプログラム前後における収縮期血圧は、トレーニング前 136 mmHg、トレーニング後 130 mmHg であった。

Goluchowska ら<sup>14\*</sup>の虚血性心疾患患者を対象に心臓リハビリプログラムの研究では、収縮期血圧の低下がみられた（トレーニング前：130 mmHg、トレーニング後：124 mmHg）。

### ■2 型糖尿病患者を対象とした効果

Ruffino ら<sup>8\*</sup>の 2 型糖尿病患者の男性を対象にしたクロスオーバー試験による、高強度インターバルトレーニング (HIT) と中強度ウォーキング (WK) による比較研究では、収縮期血圧は、HIT 試行でトレーニング前 132 mmHg、トレーニング後 127 mmHg、WK 試行でトレーニング前：132 mmHg、トレーニング後：130 mmHg であった。

Winding ら<sup>9\*</sup>の 2 型糖尿病患者の男女を対象に、自転車運動による高強度インターバルトレーニングと中強度トレーニングを実施した研究では、両群において収縮期血圧の変化はみられなかった。

### ■メタボリックシンドローム、肥満者を対象とした効果

Brixius ら<sup>22</sup>は、過体重の男性（平均年齢 59 歳）を対象に、1 回 90 分で週 3 回の中強度自転車運動トレーニングを 6 ヶ月間実施した。トレーニング前後で、有意な収縮期血圧の低下がみられたが（トレーニング前：138 mmHg、トレーニング後：126

mmHg)、対照群においても同様に有意な収縮期血圧の低下がみられていた (137 mmHg→126 mmHg)。

過体重および肥満男性を対象に、高強度インターバルトレーニングを実施した Whyte ら<sup>11\*</sup>の研究では、介入前後で収縮期血圧の低下がみられた (トレーニング前: 127 mmHg、トレーニング後: 121 mmHg)。

Guadalupe-Grau ら<sup>13\*</sup>のメタボリックシンドロームの中年男女を対象に有酸素インターバルトレーニングを実施した研究では、6ヶ月間の介入前後で、収縮期血圧における低下がみられた (トレーニング前: 134 mmHg、トレーニング後: 121 mmHg)

#### ■変形性関節症、線維筋痛症患者を対象とした効果

変形性関節症の男女 (平均年齢 61 歳) を対象にした研究<sup>23</sup>では、週に3日の中強度 (最初は予備心拍数の 40~50%強度で1回 20~30分、その後予備心拍数の 60~70%強度で1回 40~45分) の自転車運動トレーニングを12週間実施した。トレーニング前後での収縮期血圧は、トレーニング前 126 mmHg、トレーニング後 120 mmHg であった。

線維筋痛症の女性 (平均年齢 54 歳) を対象に、中強度の自転車運動トレーニングを12週間実施した研究<sup>24</sup>では、トレーニング前後での収縮期血圧は、トレーニング前 125 mmHg、トレーニング後 117 mmHg であった。

### C-3. 自転車利用による健康効果と医療費抑制効果の文献レビューと採択研究の特徴

#### C-3-(1). 自転車利用と健康効果

自転車通勤利用と健康効果に関しては、Dinu ら<sup>1</sup>が、コホート研究を対象として、活動的な通勤 (徒歩通勤や自転車通勤) と健康に関するシステムティックレビューとメタ分析の結果を最近報告している。このシステムティックレビューで採用された論文の中から、自転車通勤と健康効果に関する6論文<sup>25-30</sup>と、このシステムティックレビュー以

降に報告されていた自転車利用習慣と健康に関する1論文<sup>31</sup>の内容について表5にまとめた。全ての研究は、対象者から自己報告された自転車通勤時間や自転車利用習慣を評価し、様々な健康アウトカム (総死亡、心血管死亡、心血管疾患発症、がん死亡、乳癌発症、糖尿病発症、肥満発症) との関係进行调查している。自転車通勤や自転車を使用していない人と比較すると、自転車通勤あるいは自転車利用習慣がある人では、各健康アウトカムの相対危険度 (RR: relative risk) が低い (RR: 0.48~0.91) ことが示されていた。つまり、自転車通勤利用者では全死亡や疾患発症リスクが低く、好ましい健康効果が得られている可能性があると考えられる。また、Dinu ら<sup>1</sup>は、メタ解析において、自転車通勤と徒歩通勤に分けて層別化分析をし、自転車通勤のほうが総死亡リスク (自転車の統合相対危険度 0.76 (0.63-0.94) vs 徒歩の統合相対危険度 0.92 (0.82-1.03)) と癌死亡リスク (自転車の統合相対危険度 0.75 (0.59-0.89) vs 徒歩の統合相対危険度 0.92 (0.82-1.03)) が低かったことを報告している。

#### C-3-(2). 自転車通勤利用と医療費抑制効果

Taddei ら<sup>32</sup>は、イタリアのフィレンツェにおいて、学校や職場へ通学・通勤する15歳以上の人たちを対象集団として、自転車通勤・通学が促進された2つのシナリオを設定し、10年間 (2013年~2022年間) の非感染性疾患の発症リスクや医療費への影響をシミュレーションしている。2011年の国勢調査から、フィレンツェにおいて、学校や職場へ自転車で通う15歳以上の人の割合は、7.5% (約1万3千人) であった (1日の自転車利用時間は平均33分)。そこで、通学・通勤における自転車活用が7.5%から17% (シナリオ①) または27% (シナリオ②) へ増えると、非感染性疾患の発症リスクや地域医療保健サービスの直接医療費がどのように変化するかを推定した。シナリオ①では、自転車利用によって、10年間で予防できる症例数は、2型糖尿病280症例、急性心筋梗塞

51 症例、脳卒中 51 症例で、地域医療保健サービスの 10 年間の貯蓄額は 4,008,037 ユーロ（約 5 億円(1 ユーロ 125 円とした場合)）と推定された。シナリオ②では、自転車利用によって、10 年間で予防できる症例数は、2 型糖尿病 549 症例、急性心筋梗塞 100 症例、心不全 14 症例、脳卒中 99 症例で、10 年間の貯蓄額は 7,712,006 ユーロ（約 9 億 6 千万円 (1 ユーロ 125 円とした場合)）と推定された。

#### D. 考察

実験的環境下での自転車運動トレーニングの生理的効果に関する研究では、血糖値や血圧への効果は研究間で異なる結果であった。今回の文献レビューでは、血糖値、血圧に対する自転車トレーニングの影響を中心に報告したが、同時に全身持久力に関連する指標（ $VO_{2max}$ 、 $VO_{2peak}$ 、 $W_{max}$ ）への影響も確認した。全身持久力は健康関連体力の代表であり、非感染性疾患<sup>33, 34</sup>、がん<sup>35</sup>、心血管疾患<sup>36</sup>、死亡リスク<sup>37</sup>と関連することが報告されている。レビューした文献のほとんどの研究において、自転車運動トレーニングや自転車活用により全身持久力は向上していた。そのため、自転車活用が促進されることで、将来的に非感染性疾患、がん、心血管疾患、死亡リスク低下に繋がる可能性があると考えられる。

自転車運動の特徴として、ランニングと比較すると体重負荷が小さく、有酸素性運動の中でも関節や骨格筋への負担が少ない運動であると言える。それゆえ、肥満者や妊娠中の女性、高齢者にとって、取り組みやすい運動の一つであると考えられる。実際に、本文献レビューにおいても、そのような人を対象として行われていた。また、ここ 10 年における自転車運動トレーニングの報告は、高強度の自転車運動を短時間で実施した際の健康効果に関する研究が多かった。現代では特に、働き世代の運動実施率が低く、その大きな理由の一つとして、「運動をする時間がない」ということがあげられている。それゆえ、短時間で健康効果が

得られるかどうかを検証している研究が増えているものと考えられた。

自転車利用と健康効果に関するコホート研究では、自転車通勤・自転車利用習慣のある人において、各健康アウトカムに対して好ましい関係がみられた。また、自転車通勤は、歩行よりもさらに健康効果が期待できる可能性があることも示唆されていた。通勤や通学において自転車活用が促進されれば、長期的な身体活動量の維持・増進効果が期待できる。一方で、今回の文献レビューでは、日本人を対象とした自転車通勤と健康効果に関するコホート研究がなかったため、日本人を対象とした自転車通勤と健康効果に関する研究が今後は必要である。

シミュレーションモデルによって、自転車活用促進による健康効果と医療費抑制効果が期待できることが分かった。一方で、自転車による事故は重篤な怪我に繋がり、高額な医療費がかかることも日本のグループから報告されている。例えば、道路の溝による事故の多くは自転車での転倒によるものが多く、高額な医療費に繋がっている<sup>38</sup>ことや、自転車の飲酒運転での事故が高額な医療費に繋がっている<sup>39</sup>ことが報告されていた。Taddei ら<sup>32</sup>の報告では、交通事故による影響は考慮されていない医療費抑制効果のシミュレーションモデルであった。車通勤を自転車通勤に変えた場合と、原動機付自転車・バイク通勤から自転車通勤に変えた場合では、交通事故のリスクが異なるため、今回のモデルには含めなかったとしている。この論文では、自転車による交通事故のリスクは、車と比較すると 52% 低く、原動機付自転車・バイクと比較すると 69% 低いと推定された。一方で、交通事故による死亡リスクは、サイクリストでは、車の運転手と比較すると 1.4 倍、原動機付自転車・バイク運転手と比較すると 0.48 倍と推定された。この結果から、例えば、自転車通勤者の増加の全てが、原動機付自転車・バイク通勤者からであった場合には、交通事故（シナリオ①-10.3%、シナリオ②-20.6%）や交通事故による死亡（シナリオ



①-18.4%、シナリオ②-36.9%) はとても低くなる。一方で、それが全て車通勤の人からであれば、交通事故の低下の程度は小さくなり (シナリオ①-4.9%、シナリオ②-9.9%)、交通事故による死亡に関しては高くなる (シナリオ①+1.0%、シナリオ②+2.0%) と推定されている。そのため、交通事故による影響には不確実な部分が大きく、今回の医療費抑制効果のシミュレーションモデルには含めなかったと報告していた。いずれにいても自転車活用による医療費抑制効果への期待は、自転車事故を予防的に減らすための安全対策や環境整備を促進することでも得られると考えられる。

#### E. 結論

本文献レビューにより、自転車運動トレーニングの生理的効果や健康効果、医療費抑制効果が明らかとなった。日本における自転車活用によるこれらの効果に関するエビデンスはほとんど報告されていないため、今後は日本においても同様の効果があるのかを検討する必要があると考えられる。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

#### 引用文献

1. Dinu M, Pagliai G, Macchi C, Sofi F. Active Commuting and Multiple Health Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018.
2. Hopkins SA, Baldi JC, Cutfield WS, McCowan L, Hofman PL. Exercise training in pregnancy reduces offspring

size without changes in maternal insulin sensitivity. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;**95**: 2080-2088.

3. Adamson S, Lorimer R, Cobley JN, Lloyd R, Babraj J. High intensity training improves health and physical function in middle aged adults. *Biology (Basel).* 2014;**3**: 333-344.
4. Shepherd SO, Wilson OJ, Taylor AS, et al. Low-Volume High-Intensity Interval Training in a Gym Setting Improves Cardio-Metabolic and Psychological Health. *PLoS One.* 2015;**10**: e0139056.
5. Delvecchio L, Reaburn P, Trapp G, Korhonen MT. Effect of concurrent resistance and sprint training on body composition and cardiometabolic health indicators in masters cyclists. *J Exerc Rehabil.* 2016;**12**: 442-450.
6. Peterman JE, Morris KL, Kram R, Byrnes WC. Pedelecs as a physically active transportation mode. *Eur J Appl Physiol.* 2016;**116**: 1565-1573.
7. Wenning P, Kreutz T, Schmidt A, et al. Endurance exercise alters cellular immune status and resistin concentrations in men suffering from non-insulin-dependent type 2 diabetes. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2013;**121**: 475-482.
8. Ruffino JS, Songsorn P, Haggett M, et al. A comparison of the health benefits of reduced-exertion high-intensity interval training (REHIT) and moderate-intensity walking in type 2 diabetes patients. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2017;**42**: 202-208.
9. Winding KM, Munch GW, Iepsen UW, Van Hall G, Pedersen BK, Mortensen

- SP. The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* 2018;**20**: 1131-1139.
10. Johnson NA, Sachinwalla T, Walton DW, et al. Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss. *Hepatology.* 2009;**50**: 1105-1112.
  11. Whyte LJ, Gill JM, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism.* 2010;**59**: 1421-1428.
  12. Kong Z, Sun S, Liu M, Shi Q. Short-Term High-Intensity Interval Training on Body Composition and Blood Glucose in Overweight and Obese Young Women. *J Diabetes Res.* 2016;**2016**: 4073618.
  13. Guadalupe-Grau A, Fernandez-Elias VE, Ortega JF, Dela F, Helge JW, Mora-Rodriguez R. Effects of 6-month aerobic interval training on skeletal muscle metabolism in middle-aged metabolic syndrome patients. *Scand J Med Sci Sports.* 2018;**28**: 585-595.
  14. Goluchowska A, Rebowska E, Drygas W, Jegier A. Metabolic risk in men with ischaemic heart disease and their participation in ambulatory comprehensive cardiac rehabilitation. *Kardiol Pol.* 2015;**73**: 656-663.
  15. Arroll B, Hill D, White G, Sharpe N, Beaglehole R. The effect of exercise episode duration on blood pressure. *J Hypertens.* 1994;**12**: 1413-1415.
  16. de Geus B, Van Hoof E, Aerts I, Meeusen R. Cycling to work: influence on indexes of health in untrained men and women in Flanders. Coronary heart disease and quality of life. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;**18**: 498-510.
  17. Moller NC, Ostergaard L, Gade JR, Nielsen JL, Andersen LB. The effect on cardiorespiratory fitness after an 8-week period of commuter cycling--a randomized controlled study in adults. *Prev Med.* 2011;**53**: 172-177.
  18. Vogel T, Lepretre PM, Brechat PH, et al. Effect of a short-term intermittent exercise-training programme on the pulse wave velocity and arterial pressure: a prospective study among 71 healthy older subjects. *Int J Clin Pract.* 2013;**67**: 420-426.
  19. Henriquez S, Monsalves-Alvarez M, Jimenez T, et al. Effects of Two Training Modalities on Body Fat and Insulin Resistance in Postmenopausal Women. *J Strength Cond Res.* 2017;**31**: 2955-2964.
  20. Finucane FM, Sharp SJ, Purnslove LR, et al. The effects of aerobic exercise on metabolic risk, insulin sensitivity and intrahepatic lipid in healthy older people from the Hertfordshire Cohort Study: a randomised controlled trial. *Diabetologia.* 2010;**53**: 624-631.
  21. Katz-Leurer M, Shochina M, Carmeli E, Friedlander Y. The influence of early aerobic training on the functional capacity in patients with cerebrovascular accident at the subacute stage. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;**84**: 1609-1614.

22. Brixius K, Schoenberger S, Ladage D, et al. Long-term endurance exercise decreases antiangiogenic endostatin signalling in overweight men aged 50-60 years. *Br J Sports Med.* 2008;**42**: 126-129; discussion 129.
23. Alkatan M, Machin DR, Baker JR, Akkari AS, Park W, Tanaka H. Effects of Swimming and Cycling Exercise Intervention on Vascular Function in Patients With Osteoarthritis. *Am J Cardiol.* 2016;**117**: 141-145.
24. Bardal EM, Roeleveld K, Mork PJ. Aerobic and cardiovascular autonomic adaptations to moderate intensity endurance exercise in patients with fibromyalgia. *J Rehabil Med.* 2015;**47**: 639-646.
25. Andersen LB, Schnohr P, Schroll M, Hein HO. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Am J Epidemiol.* 2000;**160**: 1621-1628.
26. Celis-Morales CA, Lyall DM, Welsh P, et al. Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study. *BMJ.* 2017;**357**: j1456.
27. Matthews CE, Jurj AL, Shu XO, et al. Influence of exercise, walking, cycling, and overall nonexercise physical activity on mortality in Chinese women. *Am J Epidemiol.* 2007;**165**: 1343-1350.
28. Pronk A, Ji BT, Shu XO, et al. Physical activity and breast cancer risk in Chinese women. *Br J Cancer.* 2011;**105**: 1443-1450.
29. Rasmussen MG, Grontved A, Blond K, et al. Associations between Recreational and Commuter Cycling, Changes in Cycling, and Type 2 Diabetes Risk: A Cohort Study of Danish Men and Women. *PLoS Med.* 2016;**13**: e1002076.
30. Sahlqvist S, Goodman A, Simmons RK, et al. The association of cycling with all-cause, cardiovascular and cancer mortality: findings from the population-based EPIC-Norfolk cohort. *BMJ Open.* 2013;**3**: e003797.
31. Rasmussen MG, Overvad K, Tjønneland A, Jensen MK, Ostergaard L, Grontved A. Changes in Cycling and Incidence of Overweight and Obesity among Danish Men and Women. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;**50**: 1413-1421.
32. Taddei C, Gnesotto R, Forni S, Bonaccorsi G, Vannucci A, Garofalo G. Cycling promotion and non-communicable disease prevention: health impact assessment and economic evaluation of cycling to work or school in Florence. *PLoS One.* 2015;**10**: e0125491.
33. Sawada S, Tanaka H, Funakoshi M, Shindo M, Kono S, Ishiko T. Five year prospective study on blood pressure and maximal oxygen uptake. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 1993;**20**: 483-487.
34. Sawada SS, Lee IM, Naito H, et al. Long-term trends in cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2010;**33**: 1353-1357.
35. Sawada SS, Muto T, Tanaka H, et al. Cardiorespiratory fitness and cancer mortality in Japanese men: a

- prospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;**35**: 1546-1550.
- 36.** Sui X, LaMonte MJ, Blair SN. Cardiorespiratory fitness as a predictor of nonfatal cardiovascular events in asymptomatic women and men. *Am J Epidemiol.* 2007;**165**: 1413-1423.
- 37.** 澤田 亨, 武藤 孝. 日本人男性における有酸素能力と生命予後に関する縦断的研究. *日本公衆衛生雑誌.* 1999;**46**: 113-121.
- 38.** Nosaka N, Fujita Y, Morisada S, Ugawa T, Ujike Y. Characteristics and costs of ditch-related injuries: a report from a single emergency center in Okayama. *Acute Med Surg.* 2014;**1**: 145-149.
- 39.** Homma Y, Yamauchi S, Mizobe M, et al. Emergency department outpatient treatment of alcohol-intoxicated bicyclists increases the cost of medical care in Japan. *PLoS One.* 2017;**12**: e0174408.