

2015年 1月2日

## 博士学位論文審査報告書

大学名 早稲田大学  
研究科名 スポーツ科学研究科  
申請者氏名 安藤 加里菜

学位の種類 博士 (スポーツ科学)  
論文題目 朝と夕の中等度強度運動実施時間帯の相違がマウス体重増加およびヒト脂質酸化量に及ぼす影響

Effects of morning and evening moderate exercises on body weight control in mice  
and on fat oxidation in human

論文審査員 主査 早稲田大学教授 坂本静男 医学博士 (聖マリアンナ医科大学)  
副査 早稲田大学教授 柴田重信 薬学博士 (九州大学)  
副査 早稲田大学教授 樋口 満 教育学博士 (東京大学)  
副査 早稲田大学教授 赤間高雄 医学博士 (筑波大学)  
副査 早稲田大学教授 鈴木克彦 博士 (医学) (弘前大学)

肥満の予防や改善に向けた運動プログラムの開発は、運動処方において重要な役割を果たす。しかし、運動プログラムに関して“いつ運動するか”といった運動実施時間帯に着目した時間運動学的な検討は、未だあまりなされていない。我が国において人々が1日の中で運動を行う時間帯の割合は、運動習慣の有無や性別に関わらず、(午後～)夕方に最も高く、次いで朝(～午前中)に高いと報告されている。運動が脂質代謝に及ぼす影響は運動実施時間帯によって異なる可能性があるが、運動と生体リズムの関連から検討された研究は非常に少ないように思われる。それゆえ本博士論文では、朝と夕の運動実施時間帯の相違が脂質代謝に及ぼす影響をまずマウスを対象に検討した。

検討課題 I では、運動処方に有効であると認められている中等度強度運動の長期的介入がマウス体重増加の抑制に及ぼす影響を朝と夕で検討することを目的とし、朝または夕 1日 30

分の4週間にわたる輪回し運動介入が体重増加の抑制に及ぼす影響を朝と夕で比較検討した。その結果、高脂肪食（カロリーの40%が脂質）負荷下において夕の運動は、朝の同程度の運動と比較して体重増加をより抑制することを明らかにした。マウスを対象にした研究結果では、ヒトに当てはめた場合に夕に相当する時間帯の運動実施の方が同様に朝に相当する時間帯の運動実施よりも有意に体重増加抑制効果があることを、以下の学会雑誌に原著論文にて報告している。

**安藤加里菜、小西真幸、柴田重信、坂本静男：高脂肪食負荷下における朝や夕の自発的慢性運動がマウス体重増加抑制に与える影響。日本臨床生理学会雑誌 43(3)：149-155, 2014**

検討課題Ⅱでは、運動負荷試験で測定される項目の日内変動を朝と夕で比較検討することを目的とした。中間型クロノタイプの若年男性13名を対象に、運動前の食事の内容や運動実施時間と食事摂取時間とのタイミングを統制した条件下において、最高酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\text{peak}$ ) や最大脂質酸化量 (MFO) および最大脂質酸化量時運動強度 (Fatmax) を朝と夕で比較検討した。その結果、食事条件を統制した中間型クロノタイプの若年者では運動処方に必要な  $\dot{V}O_2\text{peak}$  や MFO および Fatmax は運動負荷試験を行う時間帯の影響を受けない可能性が示唆された。また主観的運動強度に基づいて運動強度を決定した場合にも、朝と夕で同程度の運動強度を確保できる可能性が示唆された。

臨床現場では、運動負荷試験により求めた  $\dot{V}O_2\text{peak}$  を用いて運動強度を設定し、運動処方を行う。しかしながら、運動処方を実施する場合に、運動を実施する時間帯によって運動中および運動終了後の脂質酸化量は異なる可能性がある。

検討課題Ⅲでは、中間型クロノタイプ若年男性10名（検討課題Ⅱの13名のうち）を対象に、運動前の食事の内容やタイミングを統制した条件下において、一過性中等度強度運動が脂質酸化量に及ぼす影響を朝と夕で比較検討することを目的とした。一過性中等度強度運動が運動中、運動終了後1時間、運動終了後2時間の脂質酸化量に及ぼす影響を、朝と夕で比較検討した。その結果、試行前に朝と夕で認められた心拍数やコルチゾール濃度、呼吸交換比の有意差は、運動後に消失した。中間型クロノタイプを対象に試行前の食事の内容や運動実施時間と食事摂取時間とのタイミングを統制した条件下では、安静および運動の両試行に

において脂質酸化量に朝と夕で有意差は認められなかった。食事条件を統制した中間型クロノタイプの若年者では、脂質酸化量は朝または夕といった1日の中で運動が行われる時間帯の影響を受けないことが示唆された。

以上、食事条件が統制され、生活習慣が朝や夜に偏っていない中間型クロノタイプの若年者において、本研究結果より次の2点が示唆された：1) 運動処方作成に必要な心肺体力や脂質酸化能は朝と夕で同程度であること、2) 一過性中等度強度運動が脂質酸化量に及ぼす影響は朝と夕で同程度であること。

しかしながら、肥満者では非肥満者と比較して生体リズムが乱れ、絶対的な脂質酸化量が多いことが報告されている。マウスで行われた研究（検討課題I）では夕30分の長期的な自発運動は、高脂肪食負荷下において朝の同程度の運動と比較して体重増加、内臓脂肪量、皮下脂肪量をより抑制した。しかしながらヒトにおいても、朝と夕の運動実施時間帯の相違が長期的な運動介入で肥満者の脂質酸化量や体重増加の抑制に及ぼす影響に関しては、未だ明らかでない。中等度強度運動の長期的運動介入が体重増加抑制や脂質代謝に及ぼす影響は、朝と夕で異なる可能性がある。肥満者を対象としてクロノタイプ別に、朝と夕の中等度強度運動が脂質酸化量や体重増加の抑制に及ぼす影響を、長期的な運動介入プログラムの実施により今後さらに検討する必要がある。

本博士論文は、マウスにおける夕での運動実施の方が朝の運動に比較してより体重増加の抑制効果があること、その結果を基に中間型クロノタイプの若年者を対象に運動前の食事条件を統制した条件下において、一過性中等度強度運動が脂質酸化量に及ぼす影響を朝と夕で比較検討したものである。本研究は運動生理学および予防医学的に意義があり、若年期の肥満予防に関するエビデンスとして、時間運動学的観点から運動処方の開発に有用な知見を与えるものと考えられる。

また安藤加里菜は、これらの研究を通して、研究の企画立案、測定手技の会得、結果の編纂、そして考察に関して、自然科学研究者としての資質を獲得したものと推察される。

よって、安藤加里菜が申請した博士学位論文は、博士（スポーツ科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

以 上