

女性におけるレジスタンス運動が  
血清リポ蛋白および脂質に及ぼす効果

所属領域 スポーツ科学

著者名 畑中 恵子

論文指導教員 青木純一郎

合格年月日 平成 13年 3月 / 日

論文審査教員

主査 青木純一郎  
副査 南谷和利  
副査 形本静夫

## 目次

第1章 緒言	1
第2章 関連文献の考証	3
第1節 コレステロールおよびトリグリセライドの動態	3
第2節 運動とコレステロールおよびトリグリセライド	4
(1) 運動に対する応答	4
1) 持久的運動	4
2) レジスタンス運動	5
(2) トレーニング効果	7
1) 鍛練者と非鍛練者	7
2) レジスタンストレーニングの効果	8
第3節 月経周期とコレステロールおよびトリグリセライドの関係	10
(1) 月経周期に伴う変化	10
(2) 運動による変化と月経周期との関係	12
第3章 実験方法	14
第1節 被験者	14
第2節 負荷運動	14
第3節 実験手順	14
(1) 1RMの測定	14

(2) 運動負荷および採血 .....	15
第4節 血液の処理および分析 .....	16
第5節 測定条件 .....	17
第6節 統計処理 .....	17
第4章 実験結果 .....	18
第1節 安静値の変化 .....	18
第2節 レジスタンス運動に伴う変化 .....	18
第5章 考察 .....	20
第1節 月経周期と安静値の関係 .....	20
第2節 月経周期別に行ったレジスタンス運動に伴う影響 .....	20
第6章 結論 .....	24
第7章 要約 .....	25
引用文献 .....	26
欧文要約 .....	34
表1～5	
附表1	

## 第1章 緒言

近年、レジスタンス運動について血清コレステロールおよびトリグリセライド(TG)との関係が研究され<sup>4) 21) 29) 47) 62) 63)</sup>、これらの変化が、持久的運動と同様に、その安静値、トレーニングの量および強度と関係することが示唆されている<sup>10)</sup>。しかし、持久的運動のようにそれらの増減は研究者によって必ずしも一致が見られていない。

例えば、男女の青年を対象としたレジスタンストレーニングあるいは男性における一過性のレジスタンス運動ではTGの減少が<sup>46) 62) 63)</sup>確認されているが、Guezennecら<sup>21)</sup>は男性を対象とした一過性のレジスタンス運動でTGの増加を示し、Boydenら<sup>4)</sup>およびPrabhakaranら<sup>47)</sup>は女性の、Josephら<sup>29)</sup>は男女高齢者のレジスタンストレーニングによって変化が見られないとしている。

また、高比重リポ蛋白コレステロール(HDL-C)は一過性の持久的運動により男女とも増加することが報告されている<sup>9) 17) 20) 54) 59)</sup>。一方、レジスタンス運動によるHDL-Cの増加は、一過性のレジスタンス運動<sup>62) 63)</sup>およびトレーニング実験<sup>16) 29)</sup>によって男性では確認されているが、女性では認められていない。特に閉経前の女性では月経周期に伴い、エストロゲンおよびプロゲステロンの分泌が増減し、その影響でリポ蛋白および脂質の安静値が変化する<sup>33) 36)</sup>。HDL-Cは、卵胞期と黄体期では約5 mg/dlの差があり<sup>33)</sup>、測定する時期によっては、この安静値の差がトレーニング効果をうち消してしまうことにもなりかねない。加えて、プロゲステロンには脂肪蓄積作用<sup>51)</sup>があり、そのために脂質代謝を抑制し、安静値だけではなく、運動によるコレステロールの代謝にも影響を及ぼすことが予期され

る。しかし、閉経前の女性によるレジスタンス運動の効果を検討した従前の先行研究<sup>4) 47)</sup>では、月経周期が考慮されてはいない。従って閉経前の女性でレジスタンス運動によるHDL-Cの増加が確認できなかったのは、月経周期がコントロールされていなかったことが原因ではないかと考えられる。月経周期の卵胞期と黄体期では、エストロゲンおよびプロゲステロンの分泌が異なり、その差はレジスタンス運動によるコレステロールおよびTGに対する応答に異なった効果をもたらすと考えられる。

そこで、閉経前の女性を対象として、異なった月経周期（卵胞期および黄体期）に一過性のレジスタンス運動を行い、リポ蛋白および脂質の応答に月経周期がどのように影響するかを検討することを目的として本研究を行った。

## 第2章 関連文献の考証

血清コレステロールは生体内で細胞膜およびホルモンの構成成分として利用され、また、TG は遊離脂肪酸（FFA）に変換されエネルギー源として利用される。いずれの安静値にも臨床医学的に正常範囲が設定されている。健康の保持増進という観点から、これらの安静値に変動を与える要因として、運動および女性ホルモンが注目されている。本章では、女性の月経周期を配慮して特にレジスタンス運動が血清コレステロールおよび TG に及ぼす影響について文献を紹介し考証を進めたい。

### 第1節 コレステロールおよびトリグリセライドの動態

人の血液中には健常者で約 15 g の脂質（コレステロール、リン脂質および TG）が含まれている。脂質は本来水に不溶であるが血中の脂質は蛋白質に表面を覆われた微小粒子（リポ蛋白）を形成することで血中に可溶化されている<sup>22)</sup>。血中のリポ蛋白は脂質が多いほど比重が低く、蛋白質が多いほど比重が高くなるので、比重によって分類される<sup>40)</sup>。

最も比重が低いリポ蛋白はカイロミクロンと呼ばれ、以下、比重の低い順に超低比重リポ蛋白(VLDL)、低比重リポ蛋白(LDL)、中間比重リポ蛋白(IDL)および高比重リポ蛋白(HDL)に分類され<sup>23)</sup>、HDL はさらに比重によって分画に分けられ比重の低い HDL<sub>2</sub> および比重の高い HDL<sub>3</sub> に分類される<sup>42)</sup>。VLDL は肝臓で合成されて主として TG を運び、LDL は正常時総血漿コレステロールの 60~80 % を運搬し、動脈壁に最も高い親和性を持つ<sup>27)</sup>。最も比重が高いリポ蛋白である HDL はコレステロール含量が最も少なくコレステロールを

動脈壁から肝臓に運び、そこで胆汁に変換させる役割を果たしている<sup>40)</sup>。

血清リポ蛋白は、体内を循環し組織に脂質を運搬する。運搬された脂質のうちコレステロールは組織を構成する細胞の膜の合成に利用され、TG は LPL (リポ蛋白リパーゼ) によって加水分解され FFA に変換された後エネルギー源として利用される<sup>22)</sup>。

## 第2節 運動とコレステロールおよびトリグリセライド

### (1) 運動に対する応答

#### 1) 持久的運動

運動に対するコレステロールおよび TG の応答に関する研究は、主としてこれまで持久的運動によって行われ<sup>15)</sup>、以下のような報告がされている。

Kantor ら<sup>31)</sup>は、男性の鍛錬者および非鍛錬者を用いて自転車エルゴメータによる運動を行い、運動後に HDL-C が増加することを報告した。Davis ら<sup>7)</sup>は、男性の鍛錬者と対象として2種類の強度 (50 %および75 % $\dot{V}O_2\max$ ) のランニングで運動後に HDL-C の変化を認めず、多くの研究<sup>9) 20) 31) 54) 59)</sup> (安静値 39~52 mg/dl) が HDL-C の増加を報告する中で変化を見いだせなかった理由として、安静値が高かった (53~55 mg/dl) ことが原因ではないかと考察している。一般的には、長時間の運動は男女における運動後に HDL-C を増加させ<sup>5) 9) 12) 17) 20) 38) 54) 59)</sup>、HDL-C は安静値が低いほど運動による増加が起こりやすい。また、HDL-C の増加は、HDL<sub>2</sub>-C あるいは HDL<sub>3</sub>-C のどちらか一方の分画の増加を反映する。増加する分画は HDL-C の安静値に左右され<sup>38)</sup>、HDL-C の安静値が高場合には HDL<sub>2</sub>-C が増加し、低い場合には HDL<sub>3</sub>-C が増加する傾向が見られる<sup>31)</sup>。

何例かのランニングによる研究<sup>18) 24) 61)</sup>では、運動後の LDL-C の変化は認められなかったが、Ferguson ら<sup>12)</sup>は鍛錬者で、4 種類のエネルギー消費量 (800~1500 kcal) の運動を行い、1300 kcal (95 分) および 1500 kcal (110 分) のランニング後に LDL-C が減少することを報告した。他にも自転車エルゴメータ運動後の男女<sup>31)</sup>およびマラソン後の女性<sup>17)</sup>に LDL-C の減少が認められ、男女、鍛錬者、非鍛錬者を問わず 1000 kcal (75 分) 以上を消費する運動量の多い持久的運動後には LDL-C が減少する<sup>10)</sup>ことが示唆されている。

TC は男性のランニング<sup>7)</sup>、男女の歩行<sup>24) 39)</sup>による実験では変化がみられなかった。しかし、Goodyear ら<sup>17)</sup>は女性で、Thompson ら<sup>59)</sup>は男性でマラソン後に TC の減少を確認している。また、Ferguson ら<sup>12)</sup>は男性鍛錬者のランニング実験により、1300 kcal (95 分) の運動直後に TC および LDL-C の減少を確認し、TC の減少は LDL-C の減少を反映しているのかも知れないと述べている。

一般に運動時間が長く、そのエネルギー需要量が多ければ TG 濃度は運動の直後もしくは、数日間低くなり<sup>12) 17) 31) 39) 50) 59)</sup>、TG が減少するためには、800 kcal (60 分) あるいは、1 時間以上の運動が必要である。

## 2) レジスタンス運動

持久的運動に続いて、レジスタンス運動による血清リポ蛋白および脂質の応答<sup>15) 21) 53) 62) 63)</sup>に関する研究報告が見られるようになった。レジスタンス運動には、本質的に異なる 2 つのタイプが存在する。すなわち、トレーニングに重負荷、低反復、長いインターバル休憩を用いるパワーリフティング、および、中負荷、高反復、短いインターバル休憩を用いるボディビルディングである<sup>10)</sup>。



Guezennec ら<sup>21)</sup>は、男性のウエイトトレーニング鍛練者を対象として、ベンチプレスによるウエイトリフティングにより、安静値と比較してカテコールアミンが運動直後に増加することを見出した。一方、Shoup と Durstine<sup>53)</sup>はの非活動的な男性でサーキットウエイトトレーニングを行い、総リパーゼ活性および LPL 活性は増加し、肝性リパーゼ(HL)活性は変化しないという結果を得ている。これらの研究より、レジスタンス運動が血清脂質の応答に影響する LPL 等の酵素の活性を高めることが示唆されている<sup>21)53)</sup>。

Wallace と Moffatt<sup>62)</sup>および Wallace ら<sup>63)</sup>は男性鍛練者を対象として高運動量（中等度負荷・高反復運動、90 分）および低運動量（高負荷・低反復運動、60 分）のレジスタンス運動を行い、高運動量群で運動直後の HDL-C、HDL<sub>3</sub>-C の増加を、24 時間後の TG の減少および HDL-C の増加を認めた。対照的に、低運動量群は LCAT（レシチン：コレステロールアシルトランスフェラーゼ）活性が運動直後に増加しただけでコレステロールおよび TG は変化しなかった。この研究から、レジスタンス運動が血清コレステロールおよび TG を変化させるかどうかは、実施する運動の量に依存している可能性が示された。またコレステロールおよび TG に対するレジスタンス効果の決定には運動のタイプは重要であり、比較的軽い負荷で、反復回数の多い、ボディビルディングタイプのウエイトトレーニングは運動量も多く、HDL-C を増加させ、TG を減少させる可能性が示唆され<sup>63)</sup>、横断的先行研究<sup>25)46)</sup>とも一致している。

一方、同じ 800 kcal (60 分) のエネルギー消費量である Ferguson ら<sup>12)</sup>の男性鍛練者によるランニング実験では運動後 TG は減少したが、HDL-C は変化しなかった。HDL-C の増加はランニング実験では 1100 kcal (80 分) 以上のエネルギー消費を必要としたが、レ

レジスタンス運動はランニングとほぼ同じかやや低いエネルギー消費量の運動で HDL-C が増加し、TG が減少する可能性を示した。持久的運動では HDL<sub>2</sub>-C、HDL<sub>3</sub>-C のどちらが増加する例もあったが、レジスタンス運動では HDL<sub>3</sub>-C の増加のみが報告されている。しかし、レジスタンス運動による応答を研究した例は男性鍛錬者によるもののみで、非鍛錬者および女性の例はなく、運動の種類が要因となるか否かは明らかではない。

レジスタンス運動の血清リポ蛋白および脂質に対する応答を調べた研究は、数が少なく成人の男性鍛錬者を対象としたもののみであり、被験者のトレーニング状態、年齢、性別、運動プロトコル、トレーニング内容などの応答に影響する要因について検討すべき課題は多い。

## (2) トレーニング効果

### 1) 鍛錬者と非鍛錬者

鍛錬者と非鍛錬者のコレステロールおよび TG の安静値を比較することにより鍛錬者の実施した運動のトレーニング効果を知ることができる。

Schnabel と Kinderman<sup>52)</sup>は、様々な競技に参加している男性の鍛錬者、レジャースポーツ実施者および非鍛錬者のリポ蛋白を測定し、HDL-C が非鍛錬者で最も低く、レジャースポーツ実施者、鍛錬者（長距離走者が最も高い値）の順に高くなることから、身体活動が HDL-C を増加させることを示唆した。また、最大酸素摂取量( $\dot{V}O_2\max$ )と HDL-C の間に有意な正の相関を見だし、中等度の強度であっても多くの筋群を使用する全身的な運動が HDL-C を増加させると述べている。加藤<sup>32)</sup>は男子学生長距離ランナー、短距離ランナーおよび非鍛錬者の安静時の TC（総コレステロール）、HDL-C および TG を比較し、

短距離および長距離ランナーの TG は非鍛練者より低く、長距離ランナーの HDL-C は短距離ランナーおよび非鍛練者のいずれより有意に高いことを報告した。また、女性の横断的研究でも、持久的運動の鍛練者が閉経前後に無関係に非鍛練者と比較して HDL-C が高く、LDL-C が低いことが示されている<sup>36)</sup>。一方、Farrel ら<sup>11)</sup>および Berg ら<sup>3)</sup>は、男性のレジスタンス運動による鍛練者は持久的トレーニングによる鍛練者より HDL-C が低く、逆に LDL-C が高いことを指摘している。しかし、根本ら<sup>46)</sup>は一般の中高年男性と比較して、ボディビルダーは  $\dot{V}O_2\max$  および HDL-C が高く、TG が低い水準にあるとしている。同様に、Hurley ら<sup>25)</sup>は男性ボディビルダーはパワーリフターより、HDL-C が高く、LDL-C が低いことを示した。ボディビルディングはパワーリフティングに比べ有酸素的であり、従って、同じレジスタンス運動でも、有酸素的であるほど HDL-C を高くし、TG を低くすることが考えられる。

以上より、男女ともに、持久的運動の鍛練者の安静時の HDL-C は非鍛練者より高く、LDL-C および TG は低い。一方、レジスタンス運動は男性についての研究のみではあるが、有酸素性の高いボディビルディングタイプの鍛練者は、非鍛練者より HDL-C が高く、LDL-C および TG が低い傾向があるが、有酸素性の低い、パワーリフティングタイプの鍛練者ではコレステロールおよび TG は非鍛練者との間に差は見られないことが示唆されている。

## 2) レジスタンストレーニングの効果

Goldberg ら<sup>16)</sup>は非鍛練者の男女で 1 回 45~60 分でユニバーサルトレーニングマシンを用いて週 3 回のトレーニングを 16 週間行い、男性の HDL-C の増加および LDL-C の減少

を、女性の TC、LDL-C、および TG の減少を認めた。一方 Kokkinos ら<sup>35)</sup>は男性の非鍛練者でノーチラストレーニングマシンを用いて、2種類の強度の運動（1~4 RM および 4~16 RM）を 10 週間行ったが、TC および HDL-C は変化しなかった。その理由として彼らの被験者は他の研究の被験者と比較して TC の安静値(150±7 mg/dl)が低かったためトレーニングによる差が現れにくかったと考察している。加えて多くの研究は、12 週間あるいはそれ以上の期間のトレーニングを行っているが、10 週間と期間が短かったので、その短さも原因として考えられる。さらに年齢が低いために血清脂質が変化しなかったのではないかと<sup>35)</sup>とも考察している。Joseph ら<sup>29)</sup>の高齢者による研究では、男性の HDL-C は増加しており、レジスタンス運動に対する血清脂質の応答は年齢によって異なる可能性があるようにも見えるが、しかし、Goldberg ら<sup>16)</sup>の被験者は、ほぼ同年齢だったがトレーニングにより HDL-C の増加および LDL-C の減少を示しており、応答の差の要因が年齢とは限らないことを示している。

Boyden ら<sup>4)</sup>は女性で 70 %1 RM のレジスタンス運動を 5 か月間行い、TC および LDL-C の減少を確認した。HDL-C は増加の傾向はあったが有意な変化ではなかった。HDL-C の安静値が 53~55 mg/dl と高いためにトレーニングによる増加が現れにくかったのかも知れない。同様に女性については Prabhakaran ら<sup>47)</sup>も、85 %1 RM の 14 週間のレジスタンス運動によって TC および LDL-C の減少を記録しているが、HDL-C の増加は認めていない。

一般に、レジスタンス運動によるトレーニングは男女の LDL-C および女性の TC を減少させ、男性の HDL-C を増加させる。

### 第3節 月経周期とコレステロールおよびトリグリセライドの関係

#### (1) 月経周期に伴う変化

月経周期は、卵巣から分泌される卵胞ホルモン（エストロゲン）と黄体ホルモン（プロゲステロン）の子宮内膜に対する作用によってもたらされる。卵胞刺激ホルモンの作用により、卵巣で卵胞が成熟し、多量のエストロゲンが分泌され、排卵が起こる。排卵後の卵胞内には、黄体が形成され多量のプロゲステロンと少量のエストロゲンが分泌される。黄体は、排卵の10～12日後変性縮小してホルモンの分泌活動も停止する。これに伴い、子宮内膜は、壊死、剥離し、月経が発来する<sup>42)</sup>。エストロゲンは、その生理作用として体温下降作用を有し、卵胞期における低温相を導く。エストロゲンは男性ホルモンと異なり、蛋白代謝に対しては作用しないが、脂肪組織での脂肪合成を盛んにする。一方、プロゲステロンは体温上昇効果を有し黄体期の基礎体温を約0.5℃上昇させるとともに、蛋白異化および脂肪蓄積作用を有する<sup>56)</sup>。また、これらのホルモンが、コレステロールおよびTGに及ぼす影響も検討されている。

Kim と Kalkhoff<sup>33)</sup>は、主な血漿リポ蛋白成分の月経周期に伴う変化を評価するために、正常月経の女性を用いて、3か月間3～5日ごとにTC、LDL-C およびHDL-Cを測定し、TC およびLDL-C が、卵胞期と比較して黄体期に有意に減少することを確認している。エストロゲンには肝臓内のLDL-受容体を増加させ、肝臓へのLDL-Cの取り込みを亢進させる作用があり<sup>23)</sup>、排卵直前に分泌が増加するエストロゲンの作用により、黄体期のLDL-Cの減少および、それに伴うTCの減少が見られたものと考えられる。また、プロゲステロンは肝臓からのVLDLの分泌を亢進させ卵胞期の血中LDL-Cを増加させる<sup>45)</sup>。

同じ実験で Kim と Kalkhoff<sup>33)</sup>は、有意ではないが、黄体期の HDL-C は卵胞期より高値であると報告しており、同様の報告は Woods ら<sup>65)</sup>からも得られている。エストロゲンは HDL<sub>2</sub>の主要アポ蛋白の合成を合成亢進を介して HDL<sub>2</sub>の増加による HDL-C の増加をもたらす<sup>23)</sup>。また、Tikkanen ら<sup>60)</sup>は正常プロゲステロン水準の女性で、排卵の前にエストロゲンの分泌がピークに達することに帰因して、黄体期の HL 活性が有意に減少することを見いだした。HL は HDL<sub>2</sub>を HDL<sub>3</sub>に変化させる作用を有するため HL 活性の減少により HDL<sub>2</sub>が HDL<sub>3</sub>に変化する量が減り、HDL<sub>2</sub>が増加し、最終的には HDL-C を増加させることが考えられる<sup>37)</sup>。しかし、HL の変化は確認されたが、HDL-C は変化せず、HDL<sub>2</sub>が増加したかどうかの確認はできなかった。彼らは、その原因を1月経周期にわずか2回しかサンプリングしなかったためと考えた<sup>60)</sup>。黄体期と卵胞期の HDL-C を比較した他の研究からも HDL-C の変化がないという結果が多く示されている<sup>6)28)65)66)</sup>。

Cullinane ら<sup>6)</sup>は月経周期を通して、変化はないと報告している。一方、Woods ら<sup>65)</sup>は、排卵期における急激なエストロゲンの増加により、TG に富むリポ蛋白である VLDL が増加し、その結果として TG が増加したことを確認している。TG の排卵期の増加は、Kim と Kalkhoff<sup>33)</sup>も報告している。

以上より、エストロゲンおよびプロゲステロンの作用により、TC および LDL-C が黄体期に卵胞期より減少すること、TG が排卵期に高値を示すことおよび HDL-C には変化が見られないとする知見が優勢のように見受けられる。

## (2) 運動による変化と月経周期との関係

月経周期に伴い、女性の身体では、一定の周期をもって全身的な変化、すなわち、基礎体温、基礎代謝、体内各物質の代謝、血液組成、体内酵素系などに周期的な変化が見られるといわれている<sup>4)</sup>。エストロゲンの作用により閉経前の女性は同年齢の男性に比べて、血漿中の HDL-C 濃度が高く、逆に LDL-C 濃度が低く、そのことが運動によるコレステロールおよび TG の変化に影響を及ぼし、男女間の差をもたらすことが考えられる。

持久的運動では男女間でコレステロールおよび TG の変化がほぼ同様であるという知見が得られている。一方、レジスタンス運動ではトレーニング後の男性で血清 HDL-C の増加が報告されているが<sup>16) 29)</sup>、女性被験者を用いた研究では、有意な増加は見られていない<sup>4) 16) 47)</sup>。女性の HDL-C の安静値 (46 mg/dl)<sup>47)</sup>は男性のトレーニング後の HDL-C (44mg/dl)<sup>25)</sup>より高いので、女性あるいは、HDL-C の安静値の高い被験者では、レジスタンストレーニングによって HDL-C は変化しないのかも知れない。

Pronk ら<sup>48)</sup>は閉経前および閉経後の女性で 350 kcal を消費する 2 種類の強度の運動 (70 % $\dot{V}O_2\text{max}$  および 50 % $\dot{V}O_2\text{max}$ ) を行い、70 % $\dot{V}O_2\text{max}$  の歩行の直後 LDL-C の減少を両群に、50 % $\dot{V}O_2\text{max}$  歩行後には閉経後の女性のみ HDL<sub>2</sub>-C の増加を確認した。この際、閉経前の女性では、血清リポ蛋白の変動が最も少ないという理由で卵胞期初期に実験を行っている。また、Gordon ら<sup>19)</sup>は同じく卵胞期初期の女性で 800 kcal を消費するトレッドミルランニングを行い、運動後に HDL-C が増加し、中等度の長時間運動は男性と同様女性の HDL-C を増加させることを示した。

しかし、月経周期を考慮して同一月経周期の複数の時期に同じ運動を行iriポ蛋白およ

び脂質に対する応答を確認した研究は行われていない。Krummel ら<sup>36)</sup>も述べているように、女性の血清コレステロールおよび TG を変化させる運動プログラムを確定するためには、月経周期の異なる時期にも同様の応答が起こるか否か、もし応答が異なるとすればプログラム（運動強度、運動量など）を変えることで異なる月経期でも同様の応答を期待できるかなど検討すべき課題は多い。



## 第3章 実験方法

### 第1節 被験者

質問紙によって月経周期に特別異常がないと推定され、現在は運動部等で特別な身体活動を定期的に行っていない本学スポーツ健康科学部に在籍する女子学生 10 名を対象とした。2 か月間にわたって基礎体温を測定した結果、2 相性の体温曲線を示し、正常月経であると判断された 6 名 (21±1 歳) を被験者とした。彼女たちの年齢、身長、体重および体脂肪率 (皮脂厚<sup>34)</sup>をもとに Nagamine と Suzuki<sup>43)</sup>に従って求めた) を表 1 に示した。 (表 1)

実験に先立って、被験者に実験内容および手順等を説明し、研究に協力することの承諾を得た (附表 1)。 (附表 1)

### 第2節 負荷運動

負荷した運動はノーチラストレーニングマシン (ノーチラス社製) によるレジスタンス運動とし、主な使用部位別に採用した種目を表 2 に示した。試行にあたっては、主に使用する部位が連続しないよう配慮して、duo squat、rotary torso、super pullover、lower back、70° shoulder、leg curl、decline press の順序で行った。 (表 2)

### 第3節 実験手順

#### (1) 1 RM の測定

テスト運動に先立って、7~10 日前に 7 種目それぞれの 1 RM (1 repetition maximum)

を測定した。軽い体操およびストレッチングによるウォームアップの後に、種目ごとに注意点を説明し、設定可能な最も軽い負荷で動作練習を兼ねて 5~10 回の挙上を行った。1 RM 測定にあたっては、被験者の主観および験者の推定により、5~6 回目の挙上で 1 RM に到達するように負荷を漸増した。

## (2) 運動負荷および採血

運動負荷は、各被験者について、月経周期の卵胞期および黄体期に 1 回ずつ行った。その際、運動の順序性が影響しないよう配慮し、被験者のうち 3 名は卵胞期、残りの 3 名は黄体期に最初の実験を行った。テスト運動当日は、12 時間の絶食後、午前 9 時 30 分~10 時 30 分の間研究室に出頭し、5 分間の座位安静の後、前腕肘静脈より真空採血管（テルモ社製）および使い捨て採血針（テルモ社製）を用いて採血を行った。採血量は 5 ml とした。

採血後、被験者は、約 200 m 離れたトレーニング場へ徒歩で移動し、ウォームアップとして、約 5 分間の体操とストレッチングを行い、本運動の 1/2 の負荷で 7 種目のレジスタンス運動を 10 回ずつ実施した。

本運動は、各種目とも 1 RM の 70 % の負荷で、セット法により 3 セット実施した。セット間の休息は 1 分間とした。本運動終了直後に採血を行った。採血後ストレッチングによるクールダウンを行い、再び徒歩で移動し、1 時間後および 24 時間後の採血を行った。

安静時およびテスト運動中の心拍数は、ハートレイトモニター（アキュレックスプラス、ポーラエレクトロ社製）を用いてモニターし、得られた心拍数は、運動の実施日、実施した運動の継続時間および本運動の負荷量とともに表 3 に示した。運動の継続時間、負荷量

表 3

および運動中の平均心拍数には、卵胞期および黄体期の2回の試行間に差はなかった。

なお、テスト運動に先立つ72時間は、飲酒および激しい運動をしないよう全ての被験者に指示した。

#### 第4節 血液の処理および分析

採取された血液は室温に30分間放置した後、3000 rpmで20分間遠心分離した。血清は、3本のサンプルチューブに分けられ、4℃で冷蔵保存し、各成分が安定に保たれる期間である2日以内に分析を行った<sup>30)64)</sup>。

各脂質成分の分析には、検査用キット（和光純薬社製）を用いた（TC：コレステロールE-テストワコー、HDL-CおよびHDL<sub>3</sub>-C：HDL-コレステロールE-テストワコー、TG：トリグリセライドG-テストワコー）。TCは酵素法<sup>1)30)49)</sup>、HDL-CおよびHDL<sub>3</sub>-Cはヘパリン・マンガン結合沈殿法<sup>2)44)</sup>、TGは酵素法<sup>13)55)</sup>を測定原理としている。HDL<sub>3</sub>-Cの測定は、ヘパリン・マンガン結合沈殿法に加えて、HDL<sub>2</sub>-Cを沈殿させるためにデキストラン硫酸結合沈殿法<sup>14)58)</sup>（デキストラン硫酸、MW5000：Sochibo社製）を用い、HDL<sub>2</sub>-CはHDL-CからHDL<sub>3</sub>-Cを減じることにより算出した。LDL-Cは、求められたTC、HDL-CおよびTGから、DeLongら<sup>8)</sup>の式を用いて算出した。

なお、各項目毎に同一検体を同じ検査者によって10回連続で測定した結果、変動係数は5%未満であり、その値は先行研究の値とほぼ同等であった<sup>26)61)</sup>。

## 第5節 測定条件

実験は、順天堂大学さくらキャンパスのトレーニング場で、平成12年11月2日から12月23日に行った。その間のトレーニング場内の気温は  $17.5 \pm 2.7$  °C、相対湿度は  $67.9 \pm 13.5$  %であった。

## 第6節 統計処理

測定値は平均および標準偏差を求め、運動前に対する運動直後、1時間後、24時間後間の平均値の差の検定については対応のあるスチューデントの t テストを用いた。なお、危険率  $p < 0.05$  を設定した。

## 第4章 実験結果

### 第1節 安静値の変化

卵胞期および黄体期におけるコレステロールおよびTGの安静値を表4に示した。

表4

いずれの値も正常範囲ではあったが、TC、HDL-C、HDL<sub>2</sub>-C および LDL-C は、卵胞期において高く、特に TC および LDL-C については統計的にも有意であった ( $p<0.05$ )。しかし、HDL<sub>3</sub>-C は黄体期の方が高い傾向にあった。一方、TG は卵胞期に有意ではないが高値を示した。

### 第2節 レジスタンス運動に伴う変化

卵胞期および黄体期に行ったレジスタンス運動によるコレステロールおよびTGの変化を表5に示した。

表5

卵胞期のコレステロールのうち TC、HDL<sub>3</sub>-C および LDL-C は、レジスタンス運動前と比較して運動後にほとんど変化は見られなかった。一方、HDL-C および HDL<sub>2</sub>-C は運動直後から24時間後にかけて増加の傾向を示し、特に HDL<sub>2</sub>-C の24時間後の値は統計的にも有意であった ( $p<0.05$ )。

黄体期のコレステロールは、測定したコレステロールの全項目 (TC、HDL-C、HDL<sub>3</sub>-C、HDL<sub>2</sub>-C、LDL-C) で運動後に増加も、減少も見られなかった。

TG は卵胞期および黄体期に、運動直後から24時間後まで一貫して減少し、卵胞期の運動1時間後および24時間後、並びに黄体期の運動直後、1時間後および24時間後の減

少は統計的に有意であった ( $p < 0.05$ )。

## 第5章 考察

### 第1節 月経周期別と安静値の関係

黄体期の TC は卵胞期より 18.6 mg/dl 有意に低かった。黄体期に低い TC 値が得られることは Kim と Kalhoff<sup>33)</sup>、および Jones ら<sup>28)</sup> も認めており、これはエストロゲンの作用<sup>5)</sup>によるものと考えられる。また、LDL-C も卵胞期より黄体期に 15.6 mg/dl 低く、その差は有意であった。その理由としては、排卵直前に増加するエストロゲンおよび黄体期に分泌されるプロゲステロンの作用<sup>33)</sup>であることが示唆されている。なお、HDL-C およびその分画 (HDL<sub>3</sub>-C および HDL<sub>2</sub>-C) 並びに TG には卵胞期および黄体期の間でほとんど差が見られなかった。

このように、閉経前の女性では安静時における黄体期の TC および LDL-C は卵胞期よりも有意に低い値を示し、HDL-C およびその分画並びに TG は、有意な差が見られないという結果は先行研究とほぼ一致している。男性では安静時のコレステロールおよび TG に周期的な変化が見られない<sup>33)</sup>ことから、それらの現象は閉経前の女性において月経周期に伴ってみられる特有の変化と考えられる。

### 第2節 月経周期別に行ったレジスタンス運動による影響

黄体期におけるレジスタンス運動に対して、測定したコレステロール (TC、HDL-C、HDL<sub>3</sub>-C、HDL<sub>2</sub>-C、LDL-C) には、安静値と比較して運動後に変化は見られなかった。

卵胞期において TC、HDL<sub>3</sub>-C および LDL-C にレジスタンス運動による影響は認められ

なかった。しかし、HDL-C は安静値との比較で運動直後、1 時間後、24 時間後と経時的に増加し、また HDL<sub>2</sub>-C も運動直後、1 時間後、24 時間後と増加し、特に HDL<sub>2</sub>-C の 24 時間後の値は安静値と比較して統計的に有意に高かった。

HDL-C はその安静値が低いほど運動による増加が見られやすい。HDL-C の増加を記録した男性による研究では HDL-C の安静値はほぼ 39~52 mg/dl であり、それ以上の高値では HDL-C の増加は起こりにくいとされている。しかし、女性の研究例では、62 mg/dl<sup>38)</sup> という高値でも持久的運動による HDL-C の増加例があり、女性における先行研究から考えると、本実験の卵胞期の HDL-C の安静値は高い値(60.5 mg/dl)であったが運動後の増加は起こり得ることである。HDL-C 増加の閾値は、女性と男性では異なる可能性があると考えられる。

男性による持久的運動に対する応答では HDL<sub>3</sub>-C<sup>18) 39)</sup>、HDL<sub>2</sub>-C<sup>16) 38) 49) 53) 57)</sup>いずれの増加も報告されているが、レジスタンス運動<sup>62) 63)</sup>による応答では HDL-C の増加は HDL<sub>3</sub>-C によるもののみであった。しかし、レジスタンス運動に対する応答は、男性鍛練者による例しなく、非鍛練者および女性では異なる応答が起こるかも知れない。一般には、HDL 分画 (HDL<sub>3</sub> および HDL<sub>2</sub>) のどちらが増加するかについては HDL-C の安静値に関連していることが示唆されており、HDL-C の安静値が高い場合は HDL<sub>2</sub>-C が増加し、逆に HDL-C の安静値が低い場合は HDL<sub>3</sub>-C が増加する<sup>31)</sup> とされ、Wallace ら<sup>63)</sup>はその閾値は、1.25 mmol/l (48 mg/dl) であると述べている。本研究の被験者は 20 歳代の女性ということもあり HDL-C の安静値が高い値(60.5 mg/dl)であったため HDL<sub>2</sub>-C が増加したと考えられる。

先行研究において、女性のレジスタンス運動による HDL-C の増加は報告されていない



が、本研究の卵胞期において安静値と比較して HDL-C および HDL<sub>2</sub>-C がレジスタンス運動直後から 24 時間後にかけて増加の傾向を示し、特に HDL<sub>2</sub>-C の運動 24 時間後の増加が統計的に有意であったことにより、閉経前の女性では卵胞期にはレジスタンス運動後に HDL-C および HDL<sub>2</sub>-C が増加する可能性が考えられる。黄体期にはそれらの変化が無く、月経周期によってレジスタンス運動に対して HDL-C および HDL<sub>2</sub>-C の応答が異なる可能性が示された。このことにより、運動が血清リポ蛋白に及ぼす影響を評価する際には、閉経前の女性では月経周期を考慮する必要があることが示唆される。

一方、TG は卵胞期および黄体期には運動直後から 24 時間後に至るまで経時的に低下する傾向を示し、卵胞期の運動 1 時間後および 24 時間後における減少並びに黄体期の運動直後、1 時間後、および 24 時間後の減少は統計的にも有意であった。TG の運動 24 時間後の減少は男性を対象としたレジスタンス運動<sup>62) 63)</sup>の結果と一致し、男性同様、閉経前の女性においてもレジスタンス運動により TG が減少することが示された。Shoup ら<sup>53)</sup>はサーキットウエイトトレーニングの 24 および 48 時間後に LPL 活性の増加を認めており、TG が 24 時間後も減少を続けている背景には、LPL 活性の増加が続いていることが関係していると考えられる。

本研究においてレジスタンス運動実施後、卵胞期および黄体期に TG の減少が見られ、さらに、卵胞期には HDL-C およびその分画 (HDL<sub>2</sub>-C) が増加する傾向が見られた。卵胞期における HDL-C の増加および TG の減少傾向は、男性による先行研究とほぼ一致している<sup>63)</sup>が、HDL-C は増加の傾向はあったものの統計的に有意な増加ではなかった。その原因としては、実験の実施時期が卵胞期内ではあるが被験者により数日の差があり、その

間のホルモン分泌状態の差が、運動に対する応答に差を生じさせたのではないかと考えられる。

## 第6章 結論

20 歳代の日頃特別な身体活動を行っていない正常月経の女性を対象に、卵胞期および黄体期に行ったレジスタンス運動に対し、血清 TG はいずれも減少した。一方、TC および LDL-C は卵胞期および黄体期のいずれの期間においてもレジスタンス運動に対して変化が見られなかったが、HDL-C および HDL<sub>2</sub>-C が卵胞期のみ、運動後の時間の経過に伴い増加する傾向が認められた。従って、閉経前の女性を対象としてレジスタンス運動が血清リポ蛋白の応答に及ぼす効果を評価する際には、月経周期の時期を考慮する必要があることが示唆された。

## 第7章 要約

- 1) リポ蛋白および脂質に及ぼすレジスタンス運動の効果が月経周期の時期によって異なるか否かを明らかにするために、日頃特別な身体活動に参加していない正常月経の女性(平均21歳)6名を対象に卵胞期および黄体期にレジスタンス運動(70%1RMで各種目を10回×7種目×3セット)を行い、運動前、運動直後、1時間後および24時間後のコレステロール(TC、HDL-C、HDL<sub>3</sub>-C、HDL<sub>2</sub>-C、LDL-C)およびTGの応答について検討した。
- 2) 安静時のHDL-C、HDL<sub>2</sub>-C、HDL<sub>3</sub>-CおよびTGは卵胞期および黄体期の間でほとんど差は認められなかったが、黄体期のTCおよびLDL-Cは卵胞期より有意に低かった( $p<0.05$ )。
- 3) 卵胞期に行われたレジスタンス運動では、TC、HDL<sub>3</sub>-CおよびLDL-Cには運動後ほとんど変化が見られなかった。しかし、HDL-CおよびHDL<sub>2</sub>-Cは運動後の時間経過に伴い増加の傾向を示し、特にHDL<sub>2</sub>-Cの運動24時間後の値は安静値に比べて統計的に有意に高い値であった( $p<0.05$ )。一方、黄体期に行われたレジスタンス運動後には、TC、HDL-C、HDL<sub>3</sub>-C、HDL<sub>2</sub>-CおよびLDL-Cに変化が見られなかった。
- 4) TGは卵胞期および黄体期において、運動直後から24時間後まで減少した( $p<0.05$ )。
- 5) 以上の結果より、レジスタンス運動に対する血清リポ蛋白の応答は卵胞期および黄体期で異なるため、閉経前の女性においてレジスタンス運動に対するこれらの応答を評価する際には、月経周期の時期を考慮する必要があることが示唆された。

## 引用文献

- 1)Allain, C. C., L. S. Poon, C. S. G. Chan, W. Richmond, and P. C. Fu : Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.* **20**, 470-475 (1974)
- 2)Ash, K. O., and W. M. Hentschel : High density lipoproteins estimated by an enzymatic cholesterol procedure ,with a centrifugal analyzer. *Clin. Chem.* **24**, 2180-2184 (1978)
- 3)Berg, A., G. Ringwald, and J. Keul : Lipoprotein-cholesterol in well trained athletes a preliminary communication :Reduced HDL-cholesterol in power athletes. *Int. J. Sports Med.* **1**, 137-138 (1980)
- 4)Boyden, T. W., R. W. Pamentor, S. B. Going, T. G. Lohman, M. C. Hall, L. B. Houtkooper, J. C. Bunt, C. Ritenbaugh , and M. Aickin : Resistance exercise training is associated with decreases in serum low-density lipoprotein cholesterol levels in premenopausal women. *Arch. Intern. Med.* **53**, 97-100 (1993)
- 5)Crouse, S. F., B. C. O'brien, J. J. Rohack, R. C. Lowe, J. S. Green, H. Tolson, and J. L. Reed : Changes in serum lipids and apolipoproteins after exercise in men with high cholesterol : influence of intensity. *J. Appl. Physiol.* **79**, 279-286 (1995)
- 6)Cullinane, E. M., S. M. Yurgalevitch, A. L. Saritelli, P. N. Herbert , and P. D. Thompson : Variation in plasma volume affect total and low-density lipoprotein cholesterol concentrations during the menstrual cycle. *Metabolism* **44**, 965-971 (1995)
- 7)Davis, P. G., W. P. Bartoli, and J. L. Durstine : Effects of acute exercise intensity on plasma

- lipids and apolipoproteins in trained runners. *J. Appl. Physiol.* **72**, 914-919 (1992)
- 8) DeLong, D. M., E. R. DeLong, P. D. Wood, K. Lippel, and B. M. Rifkind : A comparison of methods for the estimation of plasma low- and very low- density lipoprotein cholesterol. *J. Am. Med. Assoc.* **256**, 2372-2377 (1986)
- 9) Dufaux, B., U. Order, R. Muller, and W. Hollmann : Delayed effects of prolonged exercise on serum lipoprotein. *Metabolism* **35**, 105-109 (1986)
- 10) Durstine, J. L., and W. L. Haskell : Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exerc. Sport Sci. Reviews* **22**, 477-521(1994)
- 11) Farrell, P. A., M. G. Maksud, M. L. Pollock, C. Foster, J. Anholm, J. Hare, and A. S. Leon : A comparison of plasma cholesterol, triglycerides, and high density lipoprotein-cholesterol in speed skaters, weight lifters and non-athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* **48**, 77-82 (1982)
- 12) Ferguson, M. A., N. L. Alderson, S. G. Trost, D. A. Essig, J. R. Burke, and J. L. Durstine : Effects of four different single exercise sessions on lipids, lipoproteins, and lipoprotein lipase. *J. Appl. Physiol.* **85**, 1169-1174 (1998)
- 13) 福井 巖, 久城英人, 高野圭以 : トリグリセライドおよびその分画. *日本臨床* **40**, 264-276 (1982)
- 14) Gidez, L. I., G. J. Miller, M. Burstein, S. Slangle, and H. A. Eder : Separation and quantitation of subclasses of human plasma high density lipoproteins by a simple precipitation procedure. *J. Lipid Res.* **23**, 1206-1223 (1982)
- 15) Goldberg, L., and D. L. Elliot : The effect of exercise on metabolism in men and women.

Sports Med. 4, 307-321 (1987)

16)Goldberg, L., D. L. Elliot, R. W. Schutz, and F. E. Kloster : Changes in lipid and lipoprotein

levels after weight training. *J. Am. Med. Assoc.* 252, 504-506 (1984)

17)Goodyear, L., J. D.R. Van Houton, M. S. Fronsoe, M. L. Rocchio, E. V. Dover, and J. L.

Durstine : Immediate and delayed effects of running on lipids and lipoprotein. *Med. Sci. Sports*

*Exerc.* 22, 588-592 (1990)

18)Gordon, P. M., F. L. Goss, P. S. Visich, V. Warty, B. J. Denys, K. F. Metz, and R. J.

Robertson : The acute effects of exercise intensity on HDL-C metabolism. *Med. Sci. Sports*

*Exerc.* 26, 671-677(1994)

19) Gordon, P. M., S. Fowler, V. Warty, M. Danduran, P. Visich, and S. Keteyian : Effects of acute

exercise on high density lipoprotein cholesterol and high density cholesterol subfractions in

moderately trained females. *Br. J. Sports Med.* 32, 63-67 (1998)

20)Griffin, B. A., E. R. Skinner, and R. J. Maughan : The acute effect of prolonged walking and

dietary changes on plasma lipoprotein concentrations and high-lipoprotein subfractions.

*Metabolism* 37, 535-541 (1988)

21)Guezennec, Y., L. Leger, F. Lhoste, M. Aymonod, and P. C. Pesquies : Hormone and

metabolite response to weight-lifting training sessions. *Int. J. Sports Med.* 7, 100-105 (1986)

22)秦 葭哉 : リポ蛋白代謝.臨床検査 29, 1255-1272 (1985)

23)樋口 満 : 女性の代謝特性と減量. 加賀谷淳子編 女性とスポーツ pp.121-139.朝

倉書店 : 東京 (1998)

- 24) Hughes, R. A., W. G. Thorl, T. Eyford, and T. Hood : The acute effects of exercise duration on serum lipoprotein metabolism. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **30**, 37-44 (1990)
- 25) Hurley, B. F., J. M. Hargberg, A. P. Goldberg, D. R. Seals, A. A. Ehsani, R. E. Brennan, and J. O. Holloszy : Resistive training can reduce coronary risk factors without altering  $\dot{V}O_{2max}$  or percent body fat. *Med. Sci. Sports Exerc.* **20**, 150-154 (1988)
- 26)伊藤 朗, 河北尚夫, 岩田 惇, 岩本圭史 : 全身持久性トレーニングのための運動処方に関する生化学的研究. *体育科学* **1**, 41-57 (1973)
- 27)岩垣丞恒 : 運動と代謝・栄養. 石河利寛, 杉浦正輝編 *運動生理学* pp.89-143. 建帛社 : 東京 (1999)
- 28)Jones, D. Y., T. Judd, P. R. Taylor, W. S. Campbell, and P. P. Nair : Menstrual cycle effect on plasma lipids. *Metabolism* **37**, 1-2 (1988)
- 29) Joseph, L. J. O., S. L. Davey, W. J. Evans, and W. W. Cambell : Differential effect of resistance training on the body composition and lipoprotein-lipid profiles. *Metabolism* **48**, 1474-1480 (1999)
- 30)金井 泉, 金井正光 : 臨床検査法提要 第28版 pp.67-69 金原出版 : 東京 (1978)
- 31)Kantor, M. A., E. M. Cullinane, S. P. Sady, P. N. Herbert, and P. D. Thompson : Exerciseacute increases high density lipoprotein-cholesterol and lipoprotein lipase activity in trained untrained men. *Metabolism* **36**, 188-192(1987)
- 32)加藤 等 : 血清総コレステロール、トリグリセリドおよびHDL-コレステロールに及ぼす運動の影響 順天堂大学体育学研究科修士論文 未刊行 (1980)



- 33) Kim, H. and R. K. Kalkhoff : Changes in lipoprotein during the menstrual cycle. *Metabolism* **28**, 663-668 (1979)
- 34) 北川 薫 : 身体組成とウェイトコントロール pp.20-32 杏林書院 : 東京. (1996)
- 35) Kokkinos, P. F., B. F. Hurley, P. Vaccaro, J. C. Patterson, L. B. Gardner, S. M. Ostrove, and P. Goldberg : Effects of low-and-high-repetition resistive training on lipoprotein lipid profiles . *Med. Sci. Sports Exerc.* **20**, 50-54 (1988)
- 36) Krummel, D., T. D. Etherton, S. Peterson, and P. M. Kris-Etherton : Effects of exercise on plasma lipids and lipoproteins of women. *Proc. Sci. Exp. Biol. Med.* **204**, 123-137 (1993)
- 37) 熊谷 秋三, 庄野 菜穂子 : 運動・スポーツによる脂質代謝. *臨床スポーツ医学* **13**, 53-60 (1996)
- 38) Kuusi, T., E. Kostianen, E. Vartanen, L. Pitkanen, C. Ehnholm, H. J. Korhonen, A. Nissinen, and P. Puska : Acute effects of marathon running on levels of serum lipoproteins and androgenic hormones in healthy males. *Metabolism* **33**, 527-531 (1984)
- 39) Lee, R., D. Nieman, R. Raval, J. Blankenship, and J. Lee : The effects of acute moderate exercise on serum lipids and lipoproteins in mildly obese women. *Int. J. Sports Med.* **12**, 537-542 (1991)
- 40) Maughan, R., M. Gleeson, and P. L. Greenhaff : スポーツとトレーニングの生化学, pp.90-117 メディカル・サイエンス・インターナショナル : 東京. (1999)
- 41) 目崎 登 : 女性スポーツの医学. pp.22-31. , pp.156-160 文光堂 : 東京. (1997)
- 42) 宮下充正 : 女性のライフステージからみた身体運動と健康. pp. 104-112 杏林書院 : 東京

(1995)

- 43) Nagamine, S., and S. Suzuki : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.* 36,8-15 (1964)
- 44) 内藤周幸 : アメリカにおける血漿脂質並びにリポ蛋白測定法の標準化—lipid research clinics における測定法便覧. *医学のあゆみ* 94 : 359-362 (1975)
- 45) 名和田 新, 柳瀬敏彦 : 性ステロイドホルモンと脂質代謝, 動脈硬化. *医学のあゆみ* 168 : 908-912(1994)
- 46) 根本 勇, 青山正恵, 石村久乃, 柳田美佳, 山川 純, 木村靖夫, 吉武 裕, 樋口 満 : 中高年齢者のレジスタンストレーニングが持久性能力と血中脂質とに及ぼす影響. *体力研究* No.83, 164-180 (1993)
- 47) Prabhakaran, B., E. A. Dowling, J. D. Branch, D. P. Swain, and B. C. Leutholtz : Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women. *Br. J. Sports Med.* 33, 190-195 (1999)
- 48) Pronk, N. P., S. F. Crouse, B. C. O'Brien, and J. J. Rohack : Acute effects of walking on serum lipids and lipoproteins in women. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 35, 50-58 (1995)
- 49) Richmond, W. : Preparation and properties of a cholesterol oxidase from *Nocardia* sp. and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *Clin. Chem.* 19, 1350-1356 (1973)
- 50) Sady, S. P., P. D. Thompson, E. M. Cullinane, M. A. Kantor, E. Domagala, and P.N. Herbert : Prolonged exercise augments plasma triglyceride clearance. *J. Am. Med. Assoc.* 256, 2552-

2555 (1986)

- 51) 佐々木 淳, 高原和子 : 高脂血症の運動療法(b)高脂血症者における運動療法の実際. 臨床スポーツ医学 115,363-371. (1998)
- 52) Schnabel, A., and W. Kindermann : Effect of maximal oxygen uptake and different forms of physical training on serum lipoproteins. *Eur. J. Appl. Physiol.* **48**, 263-277 (1982)
- 53) Shoup, E. E., and J. L. Durstine : Acute circuit weight lifting and its effect on postheparin lipoprotein lipase activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* **23**, S22 (1991)
- 54) Skinner, E. R., C. Watt, and R. J. Maughan : The acute effect of marathon running on plasma lipoproteins in female subjects . *Eur. J. Appl. Physiol.* **56**, 451-456 (1987)
- 55) Spayd, R. W., B. Bruschi, B. A. Burdick, G. M. Deppen, J. N. Eikenberry, T. W. Esders, J. Figuras , C. T. Goodhue, D. D. LaRossa, R. W. Nelson, R. N. Rand, and T. W. Wu : Multilayer film elements for clinical analysis: applications to representative chemical determinations. *Clin. Chem.* **24**, 1343-1350 (1987)
- 56) 鈴木泰三, 樋渡宏一、金谷晴夫 : 新生理学大系 21 生殖の生理学 pp.157-165 医学書院 東京. (1989)
- 57) Swank, A. M., R. J. Robertson, R. W. Deitrich, and M. Bates : The effect of acute exercise on high density lipoprotein-cholesterol and the subfractions in females. *Atherosclerosis.* **63**, 187-192 (1987)
- 58) 高松和永, 川田益意, 末廣 正, 大野文俊 : デキストラン硫酸沈殿法による HDL<sub>2</sub>-,HDL<sub>3</sub>-コレステロールの測定と臨床的有用性の検討. 臨床病理 **32**, 1235-1241

(1984)

59)Thompson, P. D., E. Cullinane, L. O. Henderson, and P. N. Herbert : Acute effects of prolonged exercise on serum lipids. *Metabolism* 29, 662-665 (1980)

60)Tikkanen, M. J., T. Kuusi, E. A. Nikkila, and U. Stenman : Variation of postheparin plasma hepatic lipase by menstrual cycle. *Metabolism* 35, 99-104(1986)

61)Visich, P. S., F. L. Goss, P. M. Gordon, R. J. Robertson, V. Warty, B. G. Denys, and K. F. Metz : Effects of exercise with varying energy expenditure on high-density lipoprotein cholesterol. *Eur. J. Appl. Physiol.* 72, 242-248 (1996)

62) Wallace, M. B., and R. J. Moffatt : Acute effects of resistance exercise on plasma lipids and lipoproteins. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19, S116 (1989)

63) Wallace, M. B., R. J. Moffatt, E. M. Haymes, and N. R. Green : Acute effects of resistance exercise on parameters of lipoprotein metabolism. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23, 199-204 (1991)

64)Warnick, G. R., M. C. Cheung, and J. J. Albers : Comparison of current methods for high-density lipoprotein cholesterol quantitation. *Clin. Chem.* 25, 596-604 (1979)

65)Woods, M., E. J. Schaefer, A. Morrill, B. R. Goldin, C. Longcope, J. D. Dwyer and S. L. Gorbach : Effect of menstrual cycle phase on plasma lipids. *J. Clin. End. Met.* 65, 321-323 (1987)

66) Woods, N. G., and T. E. Graham : Effect of menstrual cycle phase and exercise training on serum lipids. *Can. J. Appl. Sports Sci.* 11, 88-93 (1986)

## Effects of resistance exercise on serum lipoprotein and lipid in women

Keiko HATANAKA

### Summary

- 1) To determine the influence of resistance exercise on serum lipoprotein and lipid responses in women, 6 untrained premenopausal women performed 7 different exercises  $\times 10$  times each  $\times 70\% 1RM \times 3$  sets at the follicular phase and the luteal phase. Fasting blood samples were drawn immediately before and after exercise as well as 1 and 24 hours post exercise. Serum total cholesterol (TC), high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), HDL<sub>3</sub>-C, HDL<sub>2</sub>-C, low density lipoprotein (LDL-C), and triglyceride (TG) were measured.
- 2) Before resistance exercise HDL-C, HDL<sub>3</sub>-C, HDL<sub>2</sub>-C and TG showed the almost same values during both the follicular and luteal phase. But TC and LDL-C during the follicular phase were significantly higher than those of the luteal phase.
- 3) Resistance exercises during the follicular phase had no influence on TC, HDL<sub>3</sub>-C and LDL-C. On the other hand, HDL-C and HDL<sub>2</sub>-C tended to be increased during same phase, especially the increase of HDL<sub>2</sub>-C concentration after 24 hours of resistance exercises was statistically significant ( $p < 0.05$ ). However, all cholesterol-related variables (TC, HDL-C, HDL<sub>3</sub>-C, HDL<sub>2</sub>-C, LDL-C) during the luteal phase showed no change after resistance exercise.
- 4) After resistance exercise, during the follicular phase and the luteal phase TG was continued over 24 hours, the decrements obtained at 1st and 24th hours after the exercise were statistically significant.
- 5) From these results, it was suggested that although TG concentration was decreased over 24 hours after resistance exercises independent of menstrual cycle, and the menstrual cycle had no effect on responses of most lipoprotein parameters to resistance exercise, the increase of HDL-C and HDL<sub>2</sub>-C after the resistance exercise during the follicular phase would be influenced by menstrual cycle.

Table1.Physical characteristics of the subjects.

Subjects	Age <i>yr</i>	Height <i>cm</i>	Weight <i>kg</i>	%Fat <i>%</i>
A	23	161.6	53.2	23.5
B	20	156.7	50.1	16.7
C	20	158.0	58.9	22.7
D	22	160.1	56.6	18.6
E	20	156.6	52.0	15.9
F	22	159.8	54.0	21.3
Mean	21	158.8	54.1	19.8
SD	1	2.0	3.2	3.2

Table2. Using major muscle group for each exercise.

Major muscle group	Exercise	
Arms	70° shoulder	Decline press Super pullover
Legs	Duo squat	Leg curl
Trunk and lower back	Lower back	Rotary torso

Table3. Characteristics of follicular and luteal phase for resistance exercise.

Subjects	Follicular Phase						Luteal Phase					
	Ex. day <i>days</i>	Duration <i>min</i>	Weight <i>kg/rep</i>	% of 1RM <i>%</i>	Volume <i>kg</i>	H.R. <i>beats/min</i>	Ex. day <i>day</i>	Duration <i>min</i>	Weight <i>kg/rep</i>	% of 1RM <i>%</i>	Volume <i>kg</i>	H.R. <i>beats/min</i>
A	6	28.0	23.9	71.5	5738	110	10	30.8	23.3	68.8	5603	110
B	2	30.0	26.7	70.0	6413	129	4	29.2	26.7	70.0	6413	108
C	2	25.6	27.8	70.1	6683	99	4	28.5	27.8	70.1	6683	95
D	7	26.7	33.5	70.4	8033	111	2	25.0	33.5	70.4	8033	91
E	1	30.2	32.6	70.1	7830	116	2	26.6	32.6	70.1	7830	120
F	6	30.2	31.8	71.2	7628	122	4	25.0	31.8	71.2	7628	124
Mean	4	28.4	29.4	70.6	7054	115	4	27.5	29.3	70.1	7032	108
SD	3	2.0	3.8	0.6	913	10	3	2.4	4.0	0.8	953	13

Ex. day(follicular phase) : Days after bleeding

Ex. day(luteal phase) : Days before next bleeding

Duration : Total of each sets duration

Volume : Weights×Repetitions×Sets

H.R. : H.R. during exercise



Table4. Change of cholesterol and TG at rest.

	(mg/dl)	
	Folliculae Phase	Luteal Phase
TC	171.1 ± 20.0	152.5 ± 20.7*
HDL-C	60.5 ± 5.1	59.0 ± 9.6
HDL <sub>3</sub> -C	22.7 ± 3.9	25.7 ± 4.8
HDL <sub>2</sub> -C	37.8 ± 7.0	33.3 ± 8.8
LDL-C	97.2 ± 19.9	81.6 ± 19.0*
TG	83.2 ± 26.1	80.1 ± 14.0

\*p<0.05 for the difference from follicular phase

Table5. Change of serum lipoprotein and TG concentration before and after exercise.

	(mg/dl)							
	Follicular Phase				Luteal Phase			
	Rest	Imm.Post	1h.Post	24h.Post	Rest	Imm.Post	1h.Post	24h.Post
TC	171.1±20.0	170.5±12.3	168.7±16.2	169.8±19.8	152.5±20.7	155.3±21.1	152.9±25.3	153.0±20.7
HDL-C	60.5±5.1	61.4±8.9	62.4±7.7	65.1±9.5	59.0±9.6	60.0±8.5	59.5±10.3	60.5±12.9
HDL3-C	22.7±3.9	23.2±4.7	23.0±3.9	22.6±4.8	25.7±4.8	26.0±3.5	26.4±4.8	27.9±6.2
HDL2-C	37.8±7.0	38.2±9.7	39.4±8.8	42.5±9.4*	33.3±8.8	33.6±7.5	33.1±8.0	32.7±13.2
LDL-C	97.2±19.9	96.7±14.2	94.5±18.9	95.0±21.1	81.6±19.0	82.9±20.3	81.8±20.4	81.5±18.7
TG	83.2±26.1	74.3±26.2	67.8±24.1*	56.5±15.3*	80.1±14.0	73.6±13.6*	69.6±15.7*	64.4±18.5*

Imm.Post : Immediately Post Exercise

1h.Post : 1hour Post Exercise

24h.Post : 24hours Post Exercise

\*p<0.05 for the difference from rest

附表1. 同意書

様

平成12年 月 日

被験者のお願い

スポーツ科学研究科博士前期課程  
2年 畑中 恵子  
論文指導教員 青木純一郎

この度、私は修士論文作成にあたり、以下の実験を計画しています。つきましては、被験者としてあなたのご協力をいただきたくお願い申し上げます。実験にご協力いただけるときは、同意書にご署名、捺印下さい。なお、質問がございましたら遠慮なくお申し出下さい。

論文テーマ

女性におけるレジスタンス運動が血清リポ蛋白および脂質に及ぼす効果  
研究の目的

レジスタンス運動が血清脂質の代謝に及ぼす効果は、月経の時期の違いによって異なることを明らかにする。

実験の概要

- ①筋力トレーニングマシンを用いて、7種類の運動の1RMを測定する。
- ②筋力トレーニングマシンによるレジスタンス運動（70%1RM×10回反復×3セット）を行い、運動直前および、運動終了直後、1時間後、24時間後に各5ml採血を行う。
- ③レジスタンス運動は、卵胞期および黄体期に各1回実施する。

実験によって得られるメリット

この実験を行うことにより、血液中の総コレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪が、月経周期に伴ってどのように変化するかをお知らせすることができます。

実験に伴う安全対策

運動により強い疲労感や、局所的な筋肉痛を感じるがありますが、運動開始前の体調チェックおよび補助者による運動中の監視によって、安全には十分注意を払います。ただし、途中で気分が悪くなった場合には自発的に運動を中止してかまいません。採血は、医師または看護婦によって、使い捨て採血針を用いて行われます。

同意書

畑中恵子殿

実験の内容を理解し、被験者として実験に参加することを承諾します。

平成12年 月 日  
氏名\_\_\_\_\_