

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）

日本人柔道重量級競技者に対する
栄養介入による身体機能の変化

The change of body function
induced by dietary intervention
in Japanese heavyweight Judo athletes

2017年1月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

村田 浩子

MURATA, Hiroko

研究指導教員： 樋口 満 教授

目次

第1章 序論.....	1
1. 重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関する先行研究	2
2. 柔道重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関する先行研究.....	6
3. 各種競技者の栄養介入と減量に関する先行研究.....	9
4. 本論文の目的と全体構成	12
第2章 男子柔道重量級競技者の身体組成の特徴と心血管代謝リスク（研究課題1）	14
1. 緒言.....	15
2. 方法.....	16
3. 結果.....	24
4. 考察.....	31
5. 結論.....	34
第3章 男女柔道重量級競技者に対する栄養介入による身体機能の変化（研究課題2）	35
1. 緒言.....	36
2. 方法.....	40
3. 結果.....	43
4. 考察.....	60
5. 結論.....	64

第4章 総括	65
1. 本研究の成果	66
2. 総括討議	67
3. 今後の課題と展望	69
謝辞	71
引用文献	73

第 1 章

序論

1. 重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関する先行研究

重量級競技者に焦点をあてた研究では、1970年代頃からアメリカンフットボール競技者を対象に、体重及び体脂肪率による身体組成の評価、さらにこれらのポジション間での比較を中心とした大きな体格の特性が検討されている[1-3]。これらの研究で主に用いられた体脂肪率の測定法は皮下脂肪厚法や水中体重秤量法であるが、皮下脂肪厚法はフィールド調査で使用するには簡便であるが、ラインマンの体脂肪率の評価法としては限界がある点を指摘した報告もある[3]。その後、アメリカンフットボールのラインマンを中心に、過体重であるとともに体脂肪量過多に関しては注視すべきであるとの報告がされるようになり[4]、競技者の心血管代謝リスクに関する報告が散見されるようになった[5-7]。現役の競技者であっても、高い体脂肪率を有している競技者はインスリン抵抗性を有している[6]ことが報告されている。また、ラインマンが競技者を引退後に中高齢に達した際の、それ以外のポジションの対象者との比較では、メタボリックシンドロームの発症率が約2倍であったことが報告されている[8]。この論文では、プロ選手となる前の食事管理や引退後の健康管理の必要性についても示している。

その後、測定技術の発達により、アメリカンフットボールのラインマンや柔道重量級競技者、レスリングやウエイトリフティングの重量級競技者、相撲力士など体重が多い競技者を対象とした身体組成の評価には、初期の研究で用いられていた皮下脂肪厚法や水中体重秤量法の体脂肪率の評価から二重エネルギーX線吸収法（DXA法）を用いた評価法へと変化し、さらに、コンピュータ断層撮影法（CT法）や磁気共鳴画像法（MRI法）による腹部内臓脂肪の評価も行われるようになった。

すでに、一般成人については腹部内臓脂肪と心血管代謝リスクとの間に強い関係が認められると報告されていた[9]が、その後、競技者の身体組成の研究においても腹部内臓脂肪の評価が用いられるようになった。これらに関する先行研究には、アメリカンフットボール競技者は体重が増加すると除脂肪量より全身の脂肪量が増加することや、その全身の脂肪量の増

加が顕著になる体重の閾値が存在すること、その閾値を超えると腹部内臓脂肪の顕著な蓄積が認められ、下肢の傷害のリスクが増えたとの報告がある[10]。しかし、この先行研究では競技者の心血管代謝と腹部脂肪との関係は検討されていない。このように男子重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関する知見はアメリカンフットボール競技者であるラインマンの研究を中心に蓄積されてきたが、心血管代謝疾患との関係に言及するよりも、身体的特徴と傷害や障害の予防も含めた競技力の向上に主眼が置かれている感がある。このような背景を踏まえ、2011年には重量級競技者の医学的及び健康的な問題にも眼を向けるべきだとする総説[11]が示されている。この総説は、競技力の向上のために過体重を維持している重量級競技者を医学的問題に関して軽視されている状態の競技者グループ“Adipositas athletica”と記述し、その問題点を指摘している。さらに、重量級競技者のメタボリックシンドロームに関する先行研究[12]では、競技に関する規定において、大会出場に際し上限体重の設定がない重量級競技者は、メタボリックシンドロームの発症率が高いことや、腹部周囲径を用いた一般成人のメタボリックシンドロームの診断基準の適応は困難であることが報告されている。

一方で、日本における重量級競技者の身体組成と心血管代謝リスクに関する先行研究には、相撲力士の報告[13]がある。これによると100g糖負荷試験でインスリン抵抗性を示した力士は、その後5～14年間での糖尿病の発症率が極めて高率であったことが報告されている。その後の先行研究では、相撲力士の筋力や身体組成など身体的特徴に関する報告[14]や体重が多いこと自体が相撲の競技力を高めるために重要であると報告[15]された一方で、体重過多や高い体脂肪率は筋力発揮や動きやすさを低下させるとする報告[16]や左心室の肥大のスポーツ心臓を有するといった心臓形態に関する報告[17]がされている。また、日本発祥でありオリンピックの競技種目ともなっている柔道の重量級競技者に関する身体的特徴及び心血管代謝リスクに関する研究については、国内外ともに先行研究の蓄積があるので、次項で詳しく述べることとする。

ところで、女子の重量級競技者の先行研究は非常に少ない。大学生ボート女子重量級競技

者に関して試合前の食事に関する問題点が検討されている先行研究[18]があるものの、身体的特徴や心血管代謝リスクを主要な検討課題とした女子重量級競技者を対象とした先行研究は見あたらない。同一競技種目において横断的に検討された中に少数例が含まれるといった知見がいくつかみられる程度である。その中で、村田らは、女子柔道重量級競技者について最初に着目し、高い体脂肪率とともにインスリン抵抗性を有する[19]と報告している。

以上より、重量級競技者の身体的特徴及び心血管代謝リスクに関する先行研究を表 1-1. にまとめた。男子ではアメリカンフットボール競技者を中心に体重過多及び過剰な体脂肪の蓄積があり、心血管代謝リスクも高いことが示されてきたが、内臓脂肪など詳細な身体組成のデータは非常に少ない状況である。そのため、一般成人と同様に重量級競技者において肥満や腹部肥満と心血管代謝リスクとが密接に関連するかについては、十分なエビデンスは蓄積されていない。また、女子重量級競技者については、身体組成の特徴と心血管代謝リスクに関して、重量級競技者に特化した先行研究は前述の村田らの先行研究[19]以外には見あたらない。

Table.1-1. Reference list for heavyweight athletes about physiological characteristics and cardiometabolic risks

文献番号	年	タイトル	著者	対象	重量級競技者に関する知見
1	1972	Body composition and endurance capacity of professional football players	Wilmore, J. H. et al.	NFL 競技者 44 名	Offensive lineman と Tight end の選手の身長は 193.5 cm、Defensive lineman は 192.2 cm、体重は 120.6 kg と 113.2 kg、体脂肪率は 18.7% と 15.5%、最大酸素摂取量は 43.5 ml/kg/min と 52.6 ml/kg/min であった
2	1994	Physical and performance characteristics of successful high-school football players	Williford, H. N. et al.	競技力のある高校生アメリカンフットボール競技者 18 名	競技力のある高校生アメリカンフットボール競技者は大学生アスリートに匹敵する身体的特徴と競技力を有していた
3	1998	Body composition profile of NFL football players	Snow, T. K. et al.	NFL 競技者 (複数ポジション) 36 名	アメリカンフットボール選手はこの 20 年間に報告されてきた身体組成は変化してきた。特に lineman は体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量ともにより高値に変化していた
4	2003	Body composition in Division I football players	Noel, M. B. et al.	NCAA 一部リーグのアメリカンフットボール競技者 69 名	ここ数年の NCAA 一部リーグのアメリカンフットボール競技者の体重の増加は体脂肪率の増加を伴っており、一部の競技者においては過体重だけでなく体脂肪量過多であった
5	2008	Presence of metabolic syndrome in football linemen	Buell, J. L. et al.	NCAA 一部～三部のアメリカンフットボール競技者 70 名 (ラインマンのみ)	大学生アメリカンフットボール競技者のうちラインマンは、メタボリックシンドローム発症率が高く、血液生化学指標からみた心疾患のリスクを有していることがわかった
6	2009	Metabolic syndrome and insulin resistance in Division 1 collegiate football players	Borchers et al.	NCAA 一部リーグのアメリカンフットボール競技者 (ラインマンを含む複数ポジション) 90 名	大学 1 部リーグのアメリカンフットボール選手では肥満とメタボリック症候群やインスリン抵抗性が強く関与しており、ラインマンは他のポジションと比較してこれらのリスクが高かった
7	2009	Cardiometabolic abnormalities in current National Football League players	Selden, M. A. et al.	NFL のあるチームに所属する競技者 (ラインマンを含む複数ポジション) 69 名	心血管代謝異常とそれを構成する病態は NFL の現役選手、特にラインマンでは注視されるべきである
8	2008	Prevalence of metabolic syndrome in retired National Football League players	Miller, M. A. et al.	元アメリカンフットボールラインマンの中高齢者 510 名	元ラインマンの中高齢者は、他のポジションの対象者と比較してメタボリックシンドロームの発症率は 2 倍近かった。プロ選手になる前の食事管理や引退後の健康管理は必要である
10	2014	Abdominal body composition differences in NFL football players	Franchini, E. et al.	NFL 競技者 (ラインマンを含む複数ポジション) 370 名	アメリカンフットボールの選手は体重増加により除脂肪量より全身脂肪量が増加する体重の閾値があり、その閾値を超えると下肢の傷害のリスクが増え、腹部内臓脂肪の顕著な蓄積が認められた
11	2011	Adipositas athletica: a group of neglected conditions associated with medical risks	Berglund, L. et al.	多様目の重量級競技者 (総説)	過体重を競技力の向上のために維持している重量級競技者は、医学的問題に関して軽視されている状態であり、問題点が山積している
12	2013	Prevalence of metabolic syndrome and its components among chinese professional athletes of strength sports with different body weight categories	Guo, J. J. et al.	筋力系競技種目の体重上限設定有及び無の中国男女エリート重量級競技者 261 名	競技規定で上限体重の設定がない最も重い階級の競技者群では、心血管代謝疾患のリスクが高く、これら重量級競技者はウエスト周囲径が大きく、一般人のメタボリックシンドロームの診断基準を適応することが困難であった
13	1984	力士における糖尿病発症の分析、とくに発症前のインスリン分泌との関係	葛谷、他	相撲力士 40 名	100g 糖負荷試験でインスリン抵抗性を示した力士は、その後 5～14 年間で糖尿病の発症率が極めて高率であった
14	1998	Body composition and isokinetic strength of professional sumo wrestlers	Kanehisa, H. et al.	相撲競技者 23 名、他	男子大学生相撲競技者は他の重量級競技者と比較して体脂肪率が高く、体重あたりの筋力は低かったが、除脂肪量が多いことから筋力発揮能力を有している
15	1998	相撲競技者における身体への荷重装着が「出足」のパワーに及ぼす影響—脂肪増量をシミュレートして—	桑森、他	男子大学相撲競技者 8 名	相撲競技では体脂肪増量による体重増加であっても、競技力向上に有効に働く可能性がある
16	2003	大相撲力士の膝筋力・体脂肪の現況	土屋、他	大相撲力士 69 名	大相撲力士の膝筋力は優れているが体脂肪率が上昇すると低下する。からだを自在に動かすには 180kg 以下とすべきである。過去 2 年間で番付を上げた力士は筋力は高く、筋力は相撲の稽古によって向上する
17	2003	Unusual left ventricular dilatation without functional or biochemical impairment in normotensive extremely overweight japanese professional sumo wrestlers	Kinoshita, N. et al.	大相撲力士 331 名	競技特性として大きな体格を持ち、左心室の肥大のスポーツ心臓を有する
18	1995	Dietary intake of female college heavyweight rowers	Steen, S. N. et al.	大学女子ボート重量級競技者 16 名	摂取エネルギーは練習量から予想していたより少なく、試合前では望ましいとされる量より糖質と水分が不足し、脂肪の摂取が多かった

2. 柔道重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関する先行研究

柔道はオリンピック競技種目の中でも最も大きな体格を有する体重階級制競技である。したがって、前項で挙げた他の競技種目の重量級競技者の身体的及び心血管代謝リスクが、より深刻に出現する可能性がある。傷害や障害を予防する観点も含めた競技力の向上の目的のために、そして現役及び引退後の健康管理を見据えたコンディショニングのためにも、柔道重量級競技者における身体組成や心血管代謝リスクに関する研究は必要であると考えられる。当初、柔道重量級競技者に関する研究において原著論文として発表されている先行研究は国内外でもわずかであり、査読を経ていない報告書や学会発表の抄録などが多かった。原著論文では、重量級に特化した先行研究ではなく競技種目において横断的に実施された先行研究の中に、柔道重量級競技者のデータを見ることができる[20]。柔道重量級競技者に特化した先行研究には、国内柔道エリート競技者で当時の95kg超級の3選手の身体的指標と体力指標について、競技力向上の観点から個別のデータを報告したものがある[21]。その後、オリンピックでの柔道重量級競技者の活躍もあり、重量級に特化した研究も見られるようになった。国際大会出場のエリート選手および全日本大学選手権出場クラスの大学生重量級競技者の基礎的な体力指標と体脂肪率の関係に関する先行研究[22]では、体重の増加に比例して体脂肪率は高値となり、体脂肪率が高値になるにつれて瞬発的持久的能力及び動的平衡性能力は低下するなどの身体組成と競技力の向上のための体力指標との関係について報告されている。また、競技力向上の観点から柔道重量級競技者における詳細な体力指標についての検討が報告されている[23, 24]。さらに、医学的な問題に関しては、腰痛発症率は軽量級より中量級及び重量級競技者の方が高かったとの報告[25]がある。また、受傷や障害予防に関する先行研究において重量級競技者の報告を見ることができるが、韓国におけるエリート柔道競技者のうち、重量級競技者は下肢の受傷率が高く、重量級競技者の中では女子で受傷率が高かったと報告されている[26]。このように、重量級競技者に特化した研究報告は少ないが、競技力向上のために重量級競技者を含めた身体的特徴を示す先行研究は海外でも報告される

ようになった[27]。

近年の柔道重量級競技者の身体組成と心血管代謝に関する先行研究には、小児肥満の観点から、子どもの柔道選手を体格の大きい対象者としたメタボリックシンドロームに関する検討がある[28]。超音波所見から脂肪肝と診断された子どもは対象者40名中15名おり、脂肪肝群では体脂肪率、腹部周囲径、インスリン抵抗性の指標であるHOMA-IRが高値を示したと報告されている。柔道重量級競技者には、子どもの頃の大きな体格を見込まれて競技を始める者が多く、背景に子どもの頃からの健康状態に問題がある選手がいる可能性を示した貴重な知見である。また、前項で示した先行研究[12]では、国際大会出場クラスの中国人重量級競技者のうち柔道重量級競技者は、最も大きな体格を持ち、メタボリックシンドローム発症のリスクが高いことが示されているが、身体組成や体力指標などの詳細な検討はされていない。

一方、柔道女子重量級競技者の身体的特徴に関する先行研究では、他の階級を含め、柔道競技者全体の傾向を報告したものが数例あり、女子柔道選手は重量級競技者ほど体重と体脂肪率が多くなり筋力も増加するが、握力は重量級競技者が中量級競技者より低値を示したと報告されている[29]。また、身体組成と心血管代謝との関係を示したものでは、前項で述べたように、村田らは、女子重量級競技者は体脂肪率が高くインスリン抵抗性を有する[19]と報告しているが、その研究においては腹部脂肪の検討がされていない。また、スペインにおける柔道選手の報告では、女子の重量級競技者は他の階級の競技者より体脂肪率は高いが、尿酸値や血糖値、血中脂質の指標などは軽量級の方が高値を示す項目もあったと報告している[30]。一般成人の心血管代謝リスクに関する先行研究では内臓脂肪との関連が示されている[31, 32]ことから、柔道女子重量級競技者においても、心血管代謝リスクと内臓脂肪量の検討が必要であると考えられる。

以上、柔道重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関する先行研究をTable.1-2.にまとめた。身体組成や体力指標など身体的特徴に関しては男性競技者に関するものが大半を

占めているが、詳細な身体組成データと心血管代謝リスクとの関連を検討しているものは見あたらない。また、女子柔道重量級競技者に関する先行研究は、村田らがDXAで評価した身体組成と心血管代謝リスクについての報告が唯一であるが、内臓脂肪の検討はされていない[19]。

Table.1-2. Reference list for heavyweight judo athletes about physiological characteristics and cardiometabolic risks.

文献番号	年	タイトル	著者	対象	柔道重量級競技者に関する知見
19	2013	柔道女子重量級競技者における身体組成の特徴とメタボリックシンドロームのリスク	村田、他	女子柔道重量級競技者12名	柔道女子重量級競技者は、体脂肪率が高くインスリン抵抗性を有していた
20	1977	スポーツマンの体格および体型に関する研究：競技種目別による運動選手の体格の差異について	田中、他	日本国内2大学の運動部に所属し、鍛錬中の男子大学生168名	柔道重量級競技者は他種目の競技者と比較して皮下脂肪が厚かった
21	1980	柔道における超重量級選手の身体・体力特性	高橋、他	全日本柔道連盟国際試合強化選手3名	3名の体重及び体脂肪量は個人差が大きいが筋力は大差はなかった。柔道の競技力に求められる瞬発力、敏捷性及び持久力では個人差が大きかった
22	1997	The relationship between basic physical fitness and body fat in +95kg category university judo athletes	Iida, E. et al.	国際大会及び全日本学生選手権出場レベル95kg超級男子柔道競技者63名	体重が増加するにつれて体脂肪率は高値となり、体脂肪率が高値になるにつれて瞬発的持久的能力及び動的平衡性能力は低下した
23	2011	学生柔道重量級選手における等速性体幹筋力と競技力の関係について	佐藤、他	国内5大学の体重が100kgを超える男子柔道重量級競技者25名	大学レベルで競技力の高い重量級競技者がさらに競技力を高めるためには高速度領域での体幹伸展力を強化することが重要である
24	2008	A comparative study of speed expressed by the number of throws between heavier and lighter categories in judo	Almansba, R. et al.	国際大会～国内地域大会出場レベル男子柔道競技者(初段、2段)16名	軽量級では背負い投げのような腕力を要する投げ技を用いるのに対し、重量級では内股のようなからだの衝撃と足のテクニックを用いた投げ技を用い、投げのスピードは体重階級ではなく、用いる技と関連していた
25	2007	Body mass, nonspecific low back pain, and anatomical changes in the lumbar spine in judo athletes	Okada, T. et al.	日本国内体育系大学に所属する男子柔道競技者82名	柔道における腰痛発症率は軽量級より中量級及び重量級競技者の方が高かった
26	2015	Injuries in national olympic level judo athletes: an epidemiological study	Kim, K. S. et al.	国際大会出場レベルの韓国柔道競技者の受傷報告703例	下肢の受傷が全体の半数近くを占めた。男子は軽量級の方が重量級より受傷率が高く、女子は重量級の方が高かった
27	2007	Physical fitness and anthropometrical profile of the brazilian male judo team	Franchini, E. et al.	ブラジルのナショナル男子柔道チーム上位選手22名	競技力を身体的指標で説明することは難しいが、体脂肪が多いほど体重移動を伴う体力指標には不利であったが、高強度間欠的運動の稽古のために有酸素能力は高く、最大筋力を有する競技者ほど最大周囲径は大きかった
28	2008	小児における脂肪肝とプレメタボリックシンドロームの関連性について	渡邊、他	小児柔道選手40名	超音波所見からの脂肪肝と診断された子どもの対象者が40名中15名おり、これらの脂肪肝群の子どもの柔道選手は体脂肪率、腹部周囲径、インスリン抵抗性指標であるHOMA-IRが高値を示した
29	2014	The diversity of body composition, body proportions and strength abilities of female judokas in different weight categories	Stachon, A. et al.	16～20歳の女性柔道競技者50名	女子柔道選手は重量級競技者群ほど体重と体脂肪率が多くなり、筋力も絶対量では増加したが、握力は重量級より中量級の方が高値を示した
30	2016	Cardiovascular risk in elite spanish judo athletes	Casals, C. et al.	スペインナショナル柔道チームのエリート選手26名	女子の重量級競技者では他の階級の群より体脂肪率は高いが、尿酸値や血糖値、血中脂質の指標などは軽量級の方が高値を示す項目もあった

3. 各種競技者の栄養介入及び運動介入による減量に関する先行研究

前項まで柔道及びその他の競技種目の重量級競技者に関する先行研究を見てきたが、これら競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに関しては、体脂肪率が高値であり過剰な体脂肪量を有することや、それゆえに競技力の低下に影響を及ぼす可能性があること、さらに心血管代謝リスクを有することなどが問題点として挙げられる。競技力向上ための増量や増量した体重を維持し続けることは、現役重量級競技者や引退後の元重量級競技者を問わず、競技者自身と競技者を取り巻く関係者も一度立ち止まって考えるべきであろう。一般成人においては、体脂肪や内臓脂肪過多の対象者には通常、健康管理の面から栄養や運動による減量介入を行い状態の改善をめざす。しかし、重量級競技者の場合は体重を減らすことが、重量による競技上のアドバンテージを失い、競技力を低下させる要因ととらえられていることが多いために個人レベルで傷害の予防などを目的とした場合以外に減量が行われることは少ないと考えられる。競技者においては柔道競技に限定せず他の競技種目や重量級競技者以外においても、心血管代謝リスクをはじめとした健康状態の改善など医学的リスクを改善するための減量介入に関する研究はほとんど見あたらない。

柔道においては、大会ごとに出場のための計量に関する規則があり、減量に関する先行研究の多くが、大会前の計量を想定した急速減量に伴う身体への影響、及び競技力への影響を検討したものである[33-38]。柔道以外の種目でも減量に関する多数の先行研究はあるが、大半は柔道やレスリングにおける試合前の急速減量による身体的影響や競技力への影響に関するものである[39-43]。その中には、競技力に影響を及ぼさない、または除脂肪量を減少させない減量のペースを検討した先行研究[42]、さらに試合前に脱水を起こした競技者と起こさなかった競技者との比較検討を報告した先行研究[43]などが含まれている。

以上より競技者を対象とした減量に関する先行研究をTable.1-3.に示した。柔道競技者を対象とした心血管代謝リスクの改善を目的とした減量に関する先行研究や通常の傷害や障害予防を含むコンディション管理を目的とした減量に関する先行研究は見あたらなかった。

Table.1-3. Reference list for weight loss in athletes.

文献番号	年	タイトル	著者	対象	柔道重量級競技者に関する知見
柔道競技者に関する減量研究					
33	1998	Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists	Shigeyoshi, K. et al.	大学生柔道競技者22名	減量の程度と柔道の大会での競技力との関連を示すことは難しいが、激しい減量は柔道の競技力を低下させるかもしれない
34	2001	Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes	Filaire, E. et al.	男性柔道競技者11名	7日間の食事制限では糖質や微量栄養素の不十分な摂取のために生理学的にも、心理学的にも競技者にとって良い影響を与えず競技力を低下させた可能性がある
35	2004	Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists	Umeda, T. et al.	27名の男子大学生柔道競技者	大会前に高強度トレーニングを伴う食事制限を行うと無酸素パワーに悪影響を与え、血中クレアチンキナーゼを上昇させた
36	2006	Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes	Degoutte, F. et al.	全国レベルの男性柔道競技者20名	食事制限と高強度運動を組み合わせた試合前の減量では、柔道競技者の生理学指標にも心理学的指標にもマイナスの影響を与え、大会前の体力的指標を低下させた
37	2010	Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance	Artioli, GG. et al.	男性柔道競技者14名	急速減量は4時間の回復時間があれば、体重の増減を繰り返している柔道競技者には競技力に影響を与えないと考えられた
38	2010	Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors	Artioli, GG. et al.	12歳以上の男女柔道競技者822名	柔道競技者における急速減量の実施率は高く、急速減量の激しさは、体重階級や性別には影響を受けず、出場大会レベルや減量を始めた年齢に影響を受けていた
柔道以外の競技種目における減量研究(すべてレスリング)					
39	1982	Body-weight loss in a wrestler preparing for competition - a case-report	Widerman, PM. et al.	トップレベルの男性レスリング競技者1名	この選手は8%の急速減量を行っても筋力と最大酸素パワーの高いレベルを低下させることはなかった
40	2007	唾液中SIgAを用いた全日本トップレスリング選手の急速減量時のコンディション評価	清水、他	レスリング全日本男子トップ競技者6人	レスリング選手における4%以上の急速減量は、唾液中SIgAレベルが低下した
41	2007	急速減量によるアスリートのエネルギー代謝変動	久木留、他	エリート男性レスリング競技者6名	短期間に減量するレスリング競技者は安静時代謝と睡眠時代謝を減少させた
42	2011	Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes	Garthe, I. et al.	18~35歳の男女エリート競技者36名(複数種目含む)	減量において競技力と関連した除脂肪量と筋力を増やしたいのであれば体重の0.7%/週の減量にとどめ、除脂肪量の減量だけを防ぐのであれば、体重の1~1.4%/週の減量にとどめるべきであると示唆された
43	2016	Dehydration, skeletal muscle damage and inflammation before the competitions among the elite wrestlers	Ozkan, I. et al.	トルコ全国レスリング大会参加の競技者72名	大会前に脱水を起こしている競技者の方が筋損傷の状態が悪かったが、免疫力には大差がなかった

4. 本論文の目的と全体構成

以上のように、重量級競技者の身体的特徴に関する先行研究をまとめたが、体力指標を含む身体的特徴と心血管代謝リスクに関する研究は十分とは言えない。男子柔道重量級競技者は他競技種目の重量級競技者より体格が大きい傾向があり、増量しようとした場合に体脂肪量が増える可能性が指摘されている[20]。そのため、アメリカンフットボールのラインマンが持つ心血管代謝リスクが、さらに増加している状況であることが予想される。しかし、柔道は強度の高い間欠的な運動を繰り返し長時間行うという特有の稽古の様式を持っている[44]ため、アメリカンフットボール選手の知見をあてはめることができるかは不明である。

以上より、男子柔道重量級競技者の体力指標を含めた身体特性を明らかにし、心血管代謝リスクの先行研究が多く行われているアメリカンフットボールなどの球技種目の重量級競技者と比較検討することは重要であると考えた。さらに村田らは、女子柔道重量級競技者は体脂肪率が高くインスリン抵抗性など心血管代謝リスクを有している[19]ことを明らかにしているが、このように男女重量級競技者は体脂肪量が多いなど健康上のリスクを有することが予想され、リスクを有している場合には改善を行う必要がある。

一般の肥満者に対する身体組成の改善や心血管代謝リスク軽減のための減量介入は、運動実施を伴うエネルギー摂取の制限が効果的であるとの報告があるが[45]、柔道重量級競技者はすでに日常的に高強度の間欠的運動を長時間行っている[44]。そのため、改善策として運動介入ではなく、食事の管理を中心とした栄養介入の実施に限定されることが考えられる。しかしながら、単に摂取と消費のエネルギーバランスを負の関係に保つようなエネルギー制限であれば、重量級競技者の体調管理や競技力に関連する筋量や筋力などの体力指標を低下させる危険性もある。競技に詳しい栄養管理ができる公認スポーツ栄養士が栄養カウンセリングにより栄養介入を行うことで、重量級競技者の身体組成を改善し、競技力の向上とともに心血管代謝リスクを低下させることが可能であるかを検討することは重要であると考えられる。

そこで本研究では、柔道重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクについて検討し、

さらに栄養介入により柔道重量級競技者の高い体脂肪率などの身体組成を改善し、競技力と関連する体力指標の維持や向上、さらに心血管代謝リスクの軽減ができるかを検討することを目的とし、以下の研究課題を実施することとした。

本博士論文は以下の2つの研究課題により構成する。

1. 男子柔道重量級競技者の身体組成の特徴と心血管代謝リスク（研究課題1；第2章）

柔道重量級競技者の身体特性を明らかにするために、心血管代謝リスクの先行研究が多く行われているアメリカンフットボールなどの球技種目の重量級競技者と横断的に比較検討する。

2. 男女柔道重量級競技者に対する栄養介入による身体機能の変化（研究課題2；第3章）

栄養介入により柔道重量級競技者の身体的特徴を改善し、競技力の向上や心血管代謝リスクの軽減が可能かを縦断的に検討する。

以上の研究課題を実施することにより、現役柔道重量級競技者の身体的特徴や心血管代謝リスクが明らかとなり、健康管理に役立つエビデンスを提供できることが期待される。

第 2 章
男子柔道重量級競技者の
身体組成の特徴と心血管代謝リスク
(研究課題 1)

2-1.緒言

一般に体脂肪の過剰蓄積による肥満、とりわけ内臓脂肪の蓄積は心血管疾患の主要なリスクファクターであることはよく知られている[46, 47]。しかしながら、競技者、特に柔道やアメリカンフットボール、ラグビーの重量級競技者は、しばしば競技に有利になるように意識的に体重を増やそうとしている[11]。さらに、最近の研究では重量級競技者は現役の競技者であるにもかかわらず、非重量級競技者と比較して高い心血管代謝リスクを有することが報告されている[6, 7, 10]。

代表的な例として、全米アメリカンフットボールリーグ (NFL) におけるラインマンは他のポジションの競技者と比較して高い体脂肪率を有しており、そのような過剰な体脂肪がメタボリックシンドロームのリスクを増加させている可能性が指摘されている[6]。このような状況は欧米諸国の競技者だけでなく、アジアの競技者においても見られる。柔道やレスリングの選手を含む筋力系種目の中国人エリート重量級競技者は、他種目の競技者や同じ競技種目の軽い体重階級の競技者と比較して、有意に高い心血管疾患のリスクを有していることが報告されている[12]。

柔道における最も重い体重階級である男子 100kg 超級や女子 78kg 超級では、競技者が競技会に出場する際の体重規定には上限が設定されていない。それゆえに、最も重い階級の柔道競技者は、体重の維持や増量に対して注力している。実際に、先行研究では柔道重量級競技者はレスリングや重量挙げのような他の種目の重量級競技者と比較して、最も重い体重と最も高い体脂肪率を有することが示されている[12]。結果として、柔道重量級競技者は、他の種目の重量級競技者と比較して高い心血管代謝リスクを持っている可能性が考えられる。しかしながら前述の先行研究[12]では、二重エネルギー X 線吸収法 (Dual Energy X-ray Absorptiometry : DXA) による体脂肪率の測定や磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging: MRI) による内臓脂肪の測定のような詳細な身体組成の検討がなされていない。

実際に柔道重量級競技者が高い心血管代謝リスクを有するならば、そのようなリスクは現

在の健康状態に悪影響を及ぼすだけでなく、現役選手が引退した後の心血管系疾患発症のリスクを増加させる可能性がある。したがって日本人男子柔道重量級競技者の身体組成と心血管代謝リスクの特徴を他の競技種目の重量級競技者と比較して明らかにすることは、柔道競技者の健康課題として極めて重要であると考えられる。

本研究の目的は、男子柔道重量級競技者が他の競技種目の重量級競技者と比較して、過剰な内臓脂肪やより高い心血管代謝リスクを有するかを検討することである。

2-2.方法

2-2-1.対象者

対象者は男子重量級競技者 41 名及び非重量級競技者 17 名の計 58 名であった。男子重量級競技者の内訳は、柔道重量級競技者 19 名及び柔道以外の種目の重量級競技者 22 名であった。男子柔道重量級競技者 19 名は、主に全日本学生柔道選手権出場大学の体育会柔道部に重量級競技者として所属する競技者であり、平均年齢は 20.4 ± 1.1 歳であった。19 名の柔道重量級競技者のうち、18 名は 100kg 超級の競技者であり、1 名は 100kg 以下級の競技者であった。いずれの選手も減量を行わない競技者であった。柔道以外の種目の重量級競技者 22 名は、アメリカンフットボールのラインマンやラグビーのフォワードのポジションで競技を行う体重 90kg を超える競技者であり、平均年齢は 21.5 ± 0.9 歳であった。非重量級競技者は、前述のアメリカンフットボールやラグビーの重量級競技者と同じチームに所属する体重 90kg 未満の競技者 17 名であり、平均年齢は 21.1 ± 0.8 歳であった。これらのチームは全日本学生選手権一部リーグに位置する競技レベルであった。

本研究に参加したすべての競技者は、研究開始前に、本研究について書かれた書面を見ながら口頭で十分に説明を受け、研究参加への同意は自筆で同意書に署名を行った。本研究は、ヘルシンキ宣言に従い、早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理委員会によって承認を受けた後に実施した（承認番号 2014-113）。

2-2-2.研究デザイン

本研究は横断研究であり、柔道重量級競技者 (Heavyweight Judo 群) とフットボール重量級競技者 (体重 90kg を超えるアメリカンフットボール及びラグビーフットボール競技者 : Heavyweight Football 群) とを比較するための研究デザインとした。加えて、重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクに重点を置いて検討するために、柔道重量級競技者とフットボール重量級競技者の双方を含む重量級競技者群 (Heavyweight 群) が非重量級競技者群 (90kg 未満のアメリカンフットボール及びラグビーフットボール競技者 : Nonheavyweight 群) との比較のために設定された。なお、本研究では重量級より軽い階級の柔道競技者は除外した。理由として、これらの競技者は年間を通じて試合に向けて代謝機能に影響を与える可能性のある意図的な減量を実施している場合があることが挙げられる。また、身体組成は DXA や MRI を用いて詳細に検討し、心血管代謝リスクは空腹時の血液生化学指標によって評価された。すべての測定は、シーズン中の練習前の午前中に同一の研究施設において実施された。なお、本研究は大学病院医療情報ネットワーク (UMIN-CTR) に登録した (UMIN000020564)。

2-2-3.身体組成の測定

体重は最小目盛りが 0.1kg のデジタル体重計 (UC-321;A&D 社製、東京、日本) を使用して、早朝空腹時に測定した。身長は最小目盛りが 0.1cm の身長計 (YL-65 ; ヤガミ社製、名古屋、日本) で測定した。体格指数 (BMI) は体重(kg)と身長(m)の測定値より計算で求めた。体脂肪率は DXA (Hologic QDT-4500 ; Hologic 社製、ウォルサム、マサチューセッツ州、アメリカ合衆国) を用いて評価した。体脂肪量と除脂肪量 (FFM) は体重と体脂肪率から算出した。ウエスト周囲径は最小目盛りが 0.1cm の非伸張性のメジャーを用いて肋骨下縁と腸骨上縁の中間点の位置で測定した。内臓脂肪と皮下脂肪の腹部横断画像は MRI 装置 (Signa 1.5T ; General Electric 社製、ミルウォーキー、ウィスコンシン州、USA) を用いて測定した。撮像条件は T1

強調画像、スピンエコー法（繰り返し時間：140 msec、エコー時間：12.3 秒）であり、L4-5（腰椎 4-5）の位置で厚さ 10 mmの水平横断面画像を取得した（Fig.2-1.）。この測定位置は肥満者を対象とした先行研究で多く用いられている位置である[48, 49]。また、呼吸の動きに伴う画像の乱れを防ぐために、撮像中は対象者に息を吸い込んだ後、約 30 秒間呼吸を止めることを依頼した。取得した画像は DISCOM 形式のファイルとしてパーソナルコンピュータに取り込み、画像解析ソフトウェア（slice-O-matic 4.3 for window, Tomovision 社製、chemin milletta、マゴグ、ケベック州、カナダ）を用いて同一検者が横断面積を測定した（Fig.2-2.）。分析に伴う分析者間の誤差を最小限にするために、すべての分析は同じ測定者で実施した。本研究での分析誤差は、腹部内臓脂肪横断面画像分析に対して 2.4%、腹部皮下脂肪横断面画像分析に対して 0.1%であった。

2-2-4.血液サンプルの取得と分析

血液サンプルは夜間 12 時間以上絶食後の午前 7:30～10:00 に採取した。測定項目、測定目的及び基準値を Table.2-1.に示した。健康状態を検討するための肝機能の指標としてアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST）、アラニンアミノトランスフェラーゼ（ALT）及び γ -グルタミルトランスフェラーゼ（ γ -GTP）を用いた。心血管代謝リスクを検討するための血中脂質指標として総コレステロール、高比重リポタンパクコレステロール（HDL-C）及び中性脂肪（TG）が用いられ、低比重リポタンパクコレステロール（LDL-C）は Friedewald の式[50]を用いて計算した。さらに、尿酸代謝の指標として血中尿酸濃度（UA）を用いた。血漿グルコース濃度と血清インスリン濃度及び Homeostasis model assessment insulin resistance（HOMA-IR）を糖代謝の指標とし、HOMA-IR は血漿グルコース濃度と血清インスリン濃度から計算した[51]。

HOMA-IR（homeostasis model assessment insulin resistance）

$$= \text{空腹時血清インスリン値（}\mu\text{IU/mL）} \times \text{空腹時血漿グルコース濃度（mg/dL）} / 405$$



Fig.2-1. Decision of the imaging position (L4-5 level)

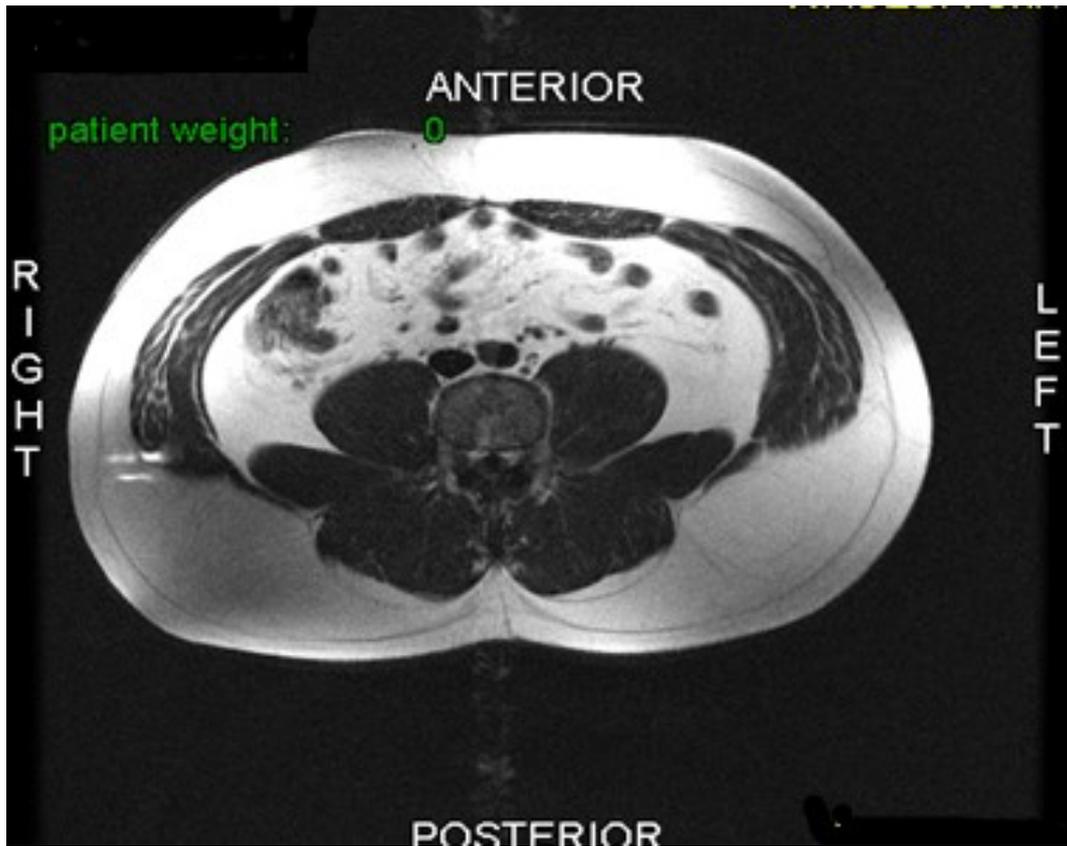


Fig.2-2. Cross-sectional imaging in the abdominal region

Table.2-1. Blood biochemical parameters

Parameters	Aim	Normal range
AST (U/L)	Liver function Health status	10-40
ALT (U/L)		5-45
γ-GTP (U/L)		male < 80, female < 30
Total cholesterol (mg/dL)		120-219
HDL-cholesterol (mg/dL)	Lipid profile	male 40-85, female 40-95
LDL-cholesterol (mg/dL)	Cardiometabolic risk	≤ 140
Triglycerides (mg/dL)		30-149
Uric acid (mg/dL)	Uric acid metabolism Cardiometabolic risk	male 3.8-7.0, female 2.5-7.0
Glucose (mg/dL)		70-109
Insulin (μIU/mL)	Glucose metabolism Cardiometabolic risk	1.7-10.4
HOMA-IR		< 2.5

すべての血液検査項目は三菱化学メディエンス（株）（現、株式会社 LSI メディエンス）に分析を依頼した。

2-2-5.体力指標の測定

体力指標の測定は、測定値への影響を考慮し、通常のトレーニングや稽古を実施する前、あるいは実施しない日に行われた。筋力は握力計（YX；株式会社ヤガミ、名古屋、日本）による最大随意等尺性収縮時の握力測定によって評価した。対象者は左右交互に 2 回の握力測定を実施した。グリップサイズは握りやすいように対象者自身で調節を行った。測定時の姿勢は立位とし、握力計を持った側の腕はまっすぐに伸ばして測定した。なお、握力測定値は左右それぞれの高い値の平均値とした。全身持久力は、フットボール競技者は自転車エルゴメータ（Ergomedic 828E；モナーク社製、ヴァールベリ、ハッランド、スウェーデン）を用いた疲労困憊に至るまでの漸増負荷テスト[52]、柔道競技者は 20m シャトルランテスト[53]により評価した。

自転車エルゴメータを用いたテストでは全身持久力を最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_{2max}$ ）として算出した。柔道競技者は自転車エルゴメータでのペダリングを苦手とする対象者が複数おり、測定値に影響を与える可能性が考えられた。そのため定期的な体力測定に用いられていた 20m シャトルランにより測定し、推定式から求めた $\dot{V}O_{2max}$ として評価した。負荷試験開始前に 1 分あたりの心拍数が 110 位になるよう 5 分間のウォーミングアップを実施し、その負荷から測定を開始した。負荷試験開始時の負荷は 45～90W の範囲であった。負荷の漸増については 1 分ごとに 15W の割合とし、1 分間に 60 回の回転数が維持できなくなるまで続けられた。運動中は 1 分ごとに心拍数と自覚的運動強度をモニタリングした。漸増負荷テスト中の呼吸指標は、呼気ガス自動分析装置（Aeromonitor AE-300；ミナト医科学社製、東京、日本）を用い、Breath by breath 法により酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）と二酸化炭素産生量（ $\dot{V}CO_2$ ）の割合を測定し、30 秒ごとの平均値に換算して出力された値を $\dot{V}O_{2max}$ の決定に用いた。運動負荷試験の

最終段階では、測定者は対象者に全力を出し切るように励ました。負荷テスト中に測定された最も高い $\dot{V}O_2$ の値は、次の4つの判断基準 1) $\dot{V}O_2$ 曲線がレベリングオフを示していること、2) 最大心拍数が年齢から推定される最大心拍数 (220-年齢) の95%を超えていること、3) 呼吸交換比が1.1を超えていること、4) 主観的運動強度 (RPE) が18以上であることを条件に、 $\dot{V}O_{2max}$ (mL/kg/min)であると判断した。

20m シャトルランテストは、あらかじめ録音された電子音 (20m シャトルランテスト CD EKJ090 ; エバーニュ社製、東京、日本) に合わせて20mの間隔で引かれた平行線 (目標線) の間を徐々に早くなる電子音のペースに合わせて走ることで実施された。電子音の最初の1分間のスピードは時速8kmに設定され、次の1分間のスピードは時速9kmで、以降1分ごとに時速0.5kmずつ早くなる設定であった。測定の最終局面では、測定者は対象者に口頭で最大限の力で走るように励ました。測定終了の基準は、対象者が電子音に合わせたスピードで、2回続けて目標線に到達できなかった時点とした。電子音のスピードからの遅れが1回のみで遅れが解消できればテストは継続した。目標線に2回続けて到達できなかった場合、最後に到達できた回数を記録とした。最大酸素摂取量の推定は、記録とした総折り返し回数と新体力テスト実施要項に記載されている「20m シャトルラン (往復持久走) 最大酸素摂取量推定表」を用いて行った。この表は、20m シャトルランテスト最後のステージを完了した場合に、その速度をシャトルランテストとしての $\dot{V}O_{2max}$ と対応する最大速度とみなした先行研究に基づいて作成されている[53-55]。

さらに、 $\dot{V}O_{2max}$ は総摂取量及び体重1kgあたりと除脂肪量1kgあたりで算出した。また、体重の影響を考慮するために体重の0.73乗 (kg) あたりの値でも算出した[56]。

2-2-6.統計分析

本研究のすべての統計分析には統計解析ソフト (SPSS ver. 22.0 ; SPSS 社製、シカゴ、イリノイ州、アメリカ合衆国) を用いた。身体組成、血液生化学検査値に対する重量級競技者群

と非重量級競技者群との有意差及び柔道重量級競技者群とフットボール重量級競技者群との有意差の検討には、対応のない t 検定を用いた。非正規分布の変数は対数変換した後に統計分析に用いた。柔道重量級競技者群、フットボール重量級競技者群及び非重量級競技者群間の心血管代謝リスクの発症に関するリスクファクターの検討には χ^2 二乗検定を用いた。すべての測定結果は平均値 \pm 標準偏差あるいは中央値 (25-75%四分位範囲) として示した。統計的有意水準は 5%未満とした。

2-3.結果

2-3-1.身体計測および身体組成

重量級競技者群と非重量級競技者群間における身体組成測定結果の比較を Table.2-2. に示した。身長を除くすべての身体組成に関する測定値は、重量級競技者群において有意に高い数値を示した。また、柔道重量級競技者群とフットボール重量級競技者群間における身体組成の測定結果の比較を Table.2-3.に示した。柔道重量級競技者群は、フットボール重量級競技者群と比較して全身の体脂肪量や内臓脂肪量を含む肥満指標において有意に高い数値を示した。

2-3-2.血液生化学指標

重量級競技者群と非重量級競技者群間における血液生化学検査結果の比較を Table.2-4.に示した。ALT、 γ -GTP、UA、血漿グルコース濃度、血清インスリン濃度および HOMA-IR は重量級競技者群において非重量級競技者群と比較して有意に高値を示した。また、柔道重量級競技者群とフットボール重量級競技者群間における血液生化学検査結果の比較を Table.2-5.に示した。UA のみ柔道重量級競技者群においてフットボール重量級競技者群と比較して有意に高値を示したが、他の項目では有意差は認められなかった。Fig.2-3. は柔道重量級競技者群、フットボール重量級競技者群及び非重量級競技者群の 3 群において、それぞれの血液生化学

検査値の基準値を超えた割合によって評価された心血管代謝リスク発生率と健康状態の指標の一つとして測定した肝機能指標の基準値を超えた割合を示した。肝機能指標である ALT は、柔道重量級競技者群とフットボール重量級競技者群は非重量級競技者群と比較して有意に高い値を示した。さらに、UA 及び TG における基準値を超えた割合は、柔道重量級競技者群において非重量級競技者群と比較して有意に高い値を示した。また、AST、 γ -GTP、HDL-C、LDL-C 及び HOMA-IR の評価値においては 3 群間に有意な差は認められなかった。

Table.2-2. Comparison of physiological variables between Heavyweight and Nonheavyweight groups

	Heavyweight (n=41)		Nonheavyweight (n=17)		P value [‡]
Height (cm)	177.4	± 5.7	175.6	± 3.9	0.218
Body mass (kg) [*]	110.0	± 16.0	78.9	± 5.0	< 0.001
BMI (kg/m ²)	35.0	± 4.9	25.6	± 1.9	< 0.001
Total fat percentage (%)	23.2	± 6.0	13.0	± 2.6	< 0.001
fat mass (kg) [*]	26.2	± 10.1	10.3	± 2.6	< 0.001
fat free mass (kg)	83.8	± 8.1	68.5	± 3.4	< 0.001
Waist circumference (cm)	103	± 10	82	± 4	< 0.001
VF (cm ²) [*]	91	± 39	33	± 14	< 0.001
SF (cm ²)	321	± 135	94	± 46	< 0.001
Hand grip strength (kg) [*]	48	± 8	41	± 4	< 0.001
VO ₂ max (ml/min) ^{†§}	4063	± 570	3608	± 363	0.005
VO ₂ max (ml/kgBM/min) ^{†§}	37.6	± 4.2	46.0	± 4.8	< 0.001
VO ₂ max (ml/kgBM ^{0.73} /min) ^{†§}	132.8	± 13.3	149.3	± 15.0	< 0.001
VO ₂ max (ml/kgFFM/min) ^{†§}	48.9	± 4.8	52.8	± 4.6	0.008

Data were expressed as mean ± SD. BMI = body mass index; VF = visceral fat area; SF = subcutaneous fat area, ^{*}Log transformed variables for non-normally distributed variables (Body mass, Total fat mass, VF, Hand grip strength, VO₂max (ml/kgBM^{0.73}/min)) were used. [†]VO₂max were estimated by shuttle run repetitions in Judo athletes. [‡]P value for difference between Heavyweight Judo and Football groups were assessed by unpaired t-test. [§]Heavyweight n=38 and Nonheavyweight n=16. Significant differences, p < 0.05.

Table.2-3. Comparison of physiological variables between Heavyweight Judo and Heavyweight Football groups

	Heavyweight (n=41)		P value [‡]
	Judo (n=19)	Football (n=22)	
Height (cm)	177.2 ± 6.1	177.6 ± 5.6	0.837
Body mass (kg) [*]	122.7 ± 13.1	99.0 ± 8.1	< 0.001
BMI (kg/m ²)	39.1 ± 3.8	31.4 ± 2.3	< 0.001
Total fat (%)	27.5 ± 5.2	19.4 ± 3.7	< 0.001
fat mass (kg) [*]	34.1 ± 8.8	19.4 ± 4.7	< 0.001
fat free mass (kg)	88.6 ± 8.0	79.7 ± 5.5	0.005
Waist circumference (cm)	111 ± 7	96 ± 7	< 0.001
VF (cm ²) [*]	118 ± 35	67 ± 24	< 0.001
SF (cm ²)	433 ± 100	223 ± 70	< 0.001
Hand grip strength (kg) ^{*†}	51 ± 7	46 ± 6	0.006
VO ₂ max (ml/min) ^{†§}	4453 ± 528	3747 ± 379	< 0.001
VO ₂ max (ml/kgBM/min) ^{†§}	36.6 ± 3.5	38.4 ± 4.6	0.189
VO ₂ max (ml/kgBM ^{0.73} /min) ^{*†§}	133.5 ± 11.8	132.2 ± 14.7	0.705
VO ₂ max (ml/kgFFM/min) ^{†§}	50.7 ± 4.1	47.4 ± 4.9	0.033

Data were expressed as mean ± SD. BMI = body mass index; VF = visceral fat area; SF = subcutaneous fat area, [†]Log transformed variables for non-normally distributed variables (Body mass, Total fat mass, VF, Hand grip strength, VO₂max (ml/kgBM^{0.73}/min)) were used. [†]VO₂max were estimated by shuttle run repetitions in Judo athletes. [‡]P value for difference between Heavyweight Judo and Football groups were assessed by unpaired t-test. [§]Heavyweight Judo n=17 and Heavyweight Football n=21. Significant differences, p < 0.05.

Table.2-4. Comparison of blood biochemical parameters between Heavyweight and Nonheavyweight groups

	Heavyweight (n=41)	Nonheavyweight (n=17)	P value [‡]	Normal range
AST* (U/L)	28 (24 - 38)	24 (20 - 30)	0.053	10 – 40
ALT* (U/L)	38 (29 - 49)	20 (15 - 27)	< 0.001	5 – 45
γ-GTP* (U/L)	32 (26 - 44)	23 (15 - 26)	< 0.001	< 80
Total-C (mg/dL)	179 ± 32	179 ± 31	0.966	120 – 219
HDL-C (mg/dL)	48 ± 8	51 ± 6	0.220	40 – 85
LDL-C [†] (mg/dL)	105 ± 30	109 ± 24	0.581	≤140
TG* (mg/dL)	112 (75 - 165)	80 (66 - 110)	0.086	30 – 149
UA (mg/dL)	6.9 ± 1.5	6.2 ± 1.0	0.048	3.8 - 7.0
FPG* (mg/dL)	85 (82 - 91)	80 (78 - 84)	0.012	70 – 109
Insulin* (μIU/mL)	8.4 (5.7 - 11.3)	5.3 (4.4 - 6.5)	0.011	1.7 - 10.4
HOMA-IR*	1.72 (1.13 - 2.52)	1.02 (0.91 - 1.36)	0.008	< 2.50

Data were expressed as mean ± SD or median (inter quartile range). AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; γ-GTP = γ-glutamyl transpeptidase; Total-C = total cholesterol; HDL-C = high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; TG = triglyceride; UA = uric acid; FPG = fasting plasma glucose; HOMA-IR = homeostasis model assessment insulin resistance (HOMA-IR = Insulin (μIU/mL) × FPG (mg/dL) / 405). *Log transformed variables for non-normally distributed variables (AST, ALT, γ-GTP, TG, FPG, Insulin, HOMA-IR) were used to analysis. [†]The low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) was calculated using the Friedewald equation. [‡]P value for difference between Heavyweight group and Nonheavyweight groups were assessed by unpaired t-test. Significant differences, p < 0.05.

Table.2-5. Comparison of blood biochemical parameters between Heavyweight Judo and Football groups

	Heavyweight (n = 41)		P value [‡]	Normal range
	Judo (n = 19)	Football (n = 22)		
AST* (U/L)	28 (20 - 44)	30 (24 - 37)	0.856	10 - 40
ALT* (U/L)	36 (23 - 54)	40 (31 - 48)	0.872	5 - 45
γ-GTP* (U/L)	29 (23 - 43)	35 (28 - 47)	0.371	< 80
Total-C (mg/dL)	174 ± 33	183 ± 31	0.373	120 - 219
HDL-C (mg/dL)	47 ± 8	49 ± 8	0.470	40 - 85
LDL-C [†] (mg/dL)	96 ± 35	112 ± 24	0.107	≤ 140
TG* (mg/dL)	135 (90 - 185)	103 (66 - 131)	0.107	30 - 149
UA (mg/dL)	7.4 ± 1.3	6.4 ± 1.5	0.026	3.8 - 7.0
FPG* (mg/dL)	83 (79 - 90)	87 (83 - 91)	0.333	70 - 109
Insulin* (μIU/mL)	8.6 (4.9 - 11.7)	7.7 (5.8 - 11.4)	0.707	1.7 - 10.4
HOMA-IR*	1.99 (1.05 - 2.42)	1.58 (1.16 - 2.77)	0.631	< 2.50

Data were expressed as mean ± SD or median (inter quartile range). AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; γ-GTP = γ-glutamyl transpeptidase; Total-C = total cholesterol; HDL-C = high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; TG = triglyceride; UA = uric acid; FPG = fasting plasma glucose; HOMA-IR = homeostasis model assessment insulin resistance (HOMA-IR = $\text{Insulin } (\mu\text{IU/mL}) \times \text{FPG (mg/dL)} / 405$). *Log transformed variables for non-normally distributed variables (AST, ALT, γ-GTP, TG, FPG, Insulin, HOMA-IR) were used to analysis. [†]The low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) was calculated using the Friedewald equation. [‡]P value for difference between Heavyweight Judo group and Heavyweight Football groups were assessed by unpaired t-test. Significant differences, p < 0.05.

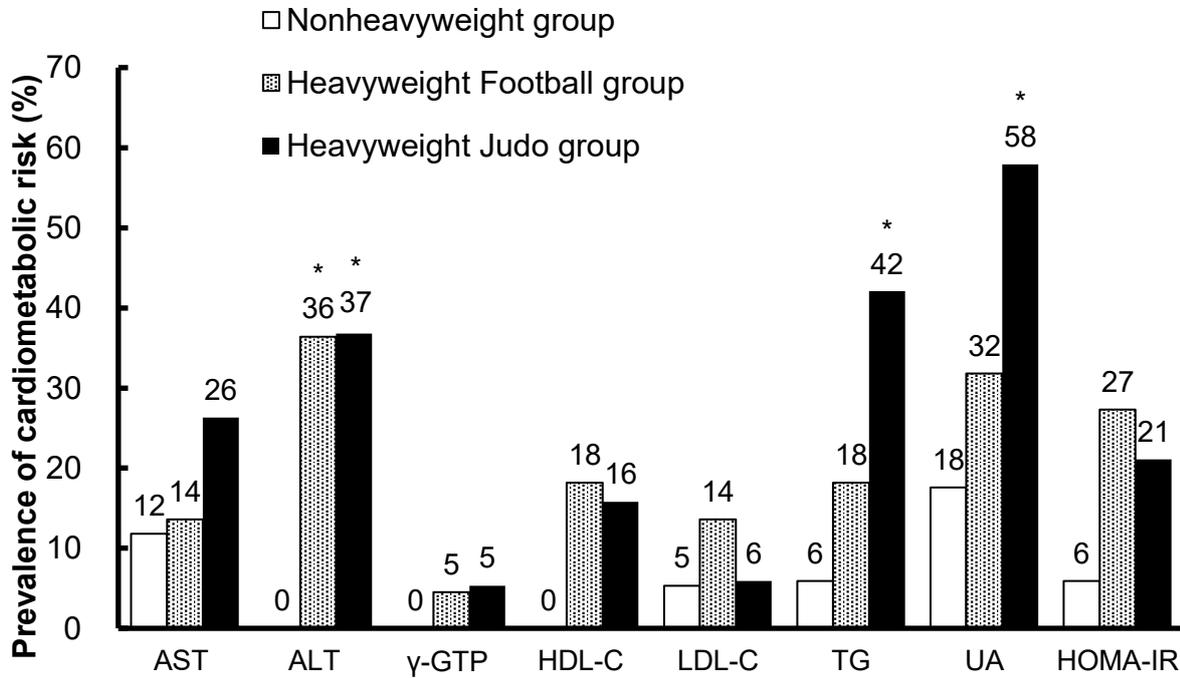


Fig.2-3. Comparison of prevalence in cardiometabolic risk in terms of blood biochemical parameters. Prevalence of cardiometabolic risk presents the percentage over the referenced normal range of respective parameters. The cut-off referenced normal range were as follows : AST > 40 (U/L), ALT > 45 (U/L), γ -GTP \geq 80 (U/L), HDL-C < 40 (mg/dL), LDL-C > 140 (mg/dL), TG \geq 150 (mg/dL), UA > 7.0 (mg/dL), HOMA-IR \geq 2.5. *Significant differences compared with Nonheavyweight group, $p < 0.05$.

2-4. 考察

本研究は男子柔道重量級競技者における身体組成や体力指標を含む生理学的指標と血液生化学データから見た心血管代謝リスクの特徴を他の競技種目の重量級競技者と比較検討したものである。本研究から、男子柔道重量級競技者は体脂肪率が高く、体脂肪量、とりわけ内臓脂肪が多いが、血液生化学指標から見た心血管代謝リスクはフットボール重量級競技者と比較して有意差は認められないことが明らかとなった。

フットボール重量級競技者と比較して、柔道重量級競技者の平均体重は約 20kg 多く、平均体脂肪率は約 8%高い値であった。加えて、柔道重量級競技者の内臓脂肪量は、フットボール重量級競技者の約 2 倍であった。一般成人の先行研究では、心血管系疾患の発症は過剰な内臓脂肪の蓄積と関連していることが示されている[32, 57]。それゆえに、柔道重量級競技者はフットボール重量級競技者より高い心血管代謝リスクを持っているとの仮説を立てて本研究を行った。しかしながら、UA を除いたほとんどの血液生化学指標で柔道重量級競技者群とフットボール重量級競技者群との間には有意差が認められなかった (Table.2-4.)。

なぜ、多くの体脂肪量を持つ柔道重量級競技者が、フットボール重量級競技者と比較して尿酸値を除いた血中生化学指標を増悪させなかったかを、本研究の結果のみから説明することは難しい。しかしながら、様々な競技種目に参加している競技者を一括して、単により多くの体脂肪を持つことが、必ずしも心血管代謝リスクを高くするわけではないと言えるであろう。

先行研究では心血管系疾患発症やインスリン抵抗性のリスクが低い、代謝的には問題のない肥満者 (単純性肥満者) (metabolically healthy obese) の存在を報告している[58, 59]。単純性肥満者を 15 年以上追跡したイタリア人の先行研究は、追跡期間中に心血管系疾患リスクの増加を示さなかったと報告している[60]。肥満であるにもかかわらず、なぜ代謝的に問題が生じないのか、そのメカニズムについては、明らかにされているわけではないが、一つの要因として身体活動の増加が、これらの人々における高い心血管代謝リスクを相殺しているのかも

しれないということが指摘されている[61]。加えて、他の先行研究では、肥満者においても全身持久力のレベルが高い場合には、代謝的なリスクを低下させることが報告されている[62]。

本研究で対象となった柔道重量級競技者は、日常的に筋力トレーニングだけでなく、身体的に持久力も要求される高強度間欠的運動のトレーニングを含む約 3 時間の稽古を毎日実施していた。体重あたりの $\dot{V}O_2\max$ は柔道重量級競技者が 36.6 ± 3.5 ml/kgBM/min、フットボール重量級競技者は 38.4 ± 4.6 ml/kgBM/min であり有意な差は認められなかった ($p=0.189$)。

さらに体重の影響を考慮にいたした $\dot{V}O_2\max$ の指標においても、柔道重量級競技者が 133.5 ± 11.8 ml/kgBM^{0.73}/min、フットボール重量級競技者は 132.2 ± 14.7 ml/kgBM^{0.73}/min であり、有意な差は認められなかった ($p=0.705$)。実際のところ、高強度間欠的運動のトレーニングは柔道に特有のトレーニング様式である[44]。このようなトレーニングプログラムは柔道重量級競技者において、重い体重にもかかわらず身体活動レベルや全身持久力を増加させることに役立っていたのかもしれない。先行研究においても、エリートチームにおける男性柔道重量級競技者は、アメリカンフットボール重量級競技者であるディフェンシブラインマンのプロ選手に匹敵する全身持久力を有していることが報告されている[1, 63, 64]。それゆえに、柔道重量級競技者はフットボール重量級競技者と同等レベルの全身持久力を有しており、単に体脂肪量が多いことが競技者にとって、自動的に心血管代謝リスクを増加させているわけではないと考えられる。しかしながら、これら重量級競技者は、非重量級競技者と比較した場合には高い心血管代謝リスクを有していることは無視できない。それゆえに、このようなリスクを評価するための定期的な血液生化学検査の実施は、高い心血管代謝リスクを持つ競技者を検出することにつながるであろう。

また、柔道重量級競技者において UA のみがフットボール重量級競技者と比較して顕著に高値であった点にも注目すべきであろう (Table.2-5.)。高濃度の UA は痛風発作を引き起こすことが知られており、VF は UA 濃度に最も影響する因子であることが報告されている[65]。それゆえに、柔道重量級競技者の過剰な VF は UA 濃度を増加させた可能性が考えられる。

血中 UA レベルの増加を引き起こす食事の要因としては、肉や魚の摂取が多いことが報告されている[66]。同時に、UA 代謝は食事の摂取とともに運動によっても影響を受けることが報告されている[67]。本研究における柔道重量級競技者は、筋量や体重を増やすために摂取エネルギーとたんぱく質摂取量を増やそうと肉や肉製品の摂取を多くしていた可能性が考えられた。さらに、高強度間欠的運動はヒポキサンチンと UA の代謝を活発にさせることが知られている[68]。それゆえに、多くの VF とともに食事内容とトレーニング内容は、柔道重量級競技者の UA レベルに影響を与えた可能性がある。しかしながら、本研究では食事内容とトレーニング内容については定量化した評価をしていない。それゆえに、今後、重量級競技者の心血管代謝リスクに対する食事や運動の影響を評価し、心血管代謝リスクに至る過程を明らかにする研究が必要であろう。

男子柔道重量級競技者における UA と TG の平均値は、基準値のボーダーライン程度か、あるいは基準値内であったが (Table.2-5.)、柔道重量級競技者において UA と TG レベルが基準値を超えた割合は、非重量級競技者と比較して高かった (Fig.2-3.)。すなわち本研究における個別の結果では、基準値を上回る高値の UA 及び TG を示した柔道重量級競技者はそれぞれ 56%及び42%であり、基準値範囲内の値を示した割合もそれぞれ44%及び58%であった。つまり、これらの値は個人差が大きかったと言えるであろう。さらに、高い UA と TG の値を示した競技者が、必ずしも体脂肪量や内臓脂肪量が多かったわけではなく、他の身体計測指標についても同様の結果であり、血液生化学検査値が基準値を超えた競技者に共通した身体的指標の項目は見られなかった。それゆえに、心血管代謝リスクが増加した競技者は遺伝素因[69, 70]のような他の要因によって影響を受けていた可能性がある。

本研究はいくつかの限界を考慮しなければならない。第一に、本研究が横断研究である点である。それゆえに、因果関係を十分に検討することは難しい。さらに、過剰な体脂肪量を持つ柔道重量級競技者に対して、心血管代謝リスクを減少させる生理・生化学的なメカニズムを検討するためには、さらに多くの対象者数や前向き研究及び介入研究が必要とされるで

あろう。

2-5.結論

男子柔道重量級競技者は、他の競技種目の重量級競技者と比較して内臓脂肪をはじめとする体脂肪量が多いにもかかわらず、心血管代謝リスクは有意に高いとは言えなかった。それゆえに過剰な体脂肪量の蓄積は、男子柔道重量級競技者に対して必ずしも心血管代謝リスクを増加させるとは限らないことが示唆された。

第 3 章
男女柔道重量級競技者に対する栄養介入による
身体機能の変化
(研究課題 2)

3-1. 緒言

近年、重量級競技者の身体的特徴や心血管代謝リスクに関する報告が見られるようになった。例えば、アメリカンフットボールのラインマンは、高い体脂肪率やインスリン抵抗性を有していた[6]との報告がある。また、中国人エリート重量級競技者において、大会出場に際し上限体重の設定がない重量級競技者は、メタボリックシンドロームの発症率が高く、血圧や血中脂質濃度が高いなどの心血管代謝のリスクが高かった[12]ことが報告されている。さらに、前章で示したように、村田らは、男子柔道重量級競技者はアメリカンフットボールやラグビーを含む重量級競技者と比較して体重や体脂肪率、内臓脂肪面積などは有意に大きいにもかかわらず心血管代謝リスクには有意な差が認められなかったが、非肥満競技者よりは心血管代謝リスクが高かった[71]ことを報告している。

重量級競技者は、競技力の向上のためにより大きな筋骨格系を獲得しようと増量する[11]。しかし、前述のいくつかの先行研究で報告されているように、現状として重量級競技者の体脂肪量や体脂肪率は高値である。増量は筋骨格系の重量の増加が主たる目的であるが、簡易な体重測定のみで評価されている場合が多く、身体組成や食事・栄養摂取の評価が不十分なままに増量を実施され、結果として体脂肪量を増加させたと考えられる。

先行研究で報告されている重量級競技者の体脂肪率が高いこと及び心血管代謝リスクが高いとの知見を理由に、現役の重量級競技者が競技上のアドバンテージを犠牲にして体脂肪量を減らすために、減量を試みることは難しいと考えられる。その理由の1つに、重量級競技者の多くは、測定方法などの限界から身体組成の評価が十分にされておらず、外見上は明らかに体脂肪量が多い場合でも、特に問題として認識していない可能性がある。加えて、体重が減少すると競技力が損なわれるかもしれないという心理的な不安を個々の選手が潜在的に持っている可能性がある。さらに、重量級競技者の多くが血液生化学検査などのメディカルチェックを受ける機会が少ないため、先行研究で報告されている心血管代謝リスクを自分自身の問題であると認識することが困難な点が挙げられる。

最近報告された重量級競技者の身体組成に関する先行研究は、NFL 選手の身体組成を DXA や MRI により詳細に検討したところ、ラインマンは他のポジションの競技者より内臓脂肪量が多いこと、さらに体脂肪率は体重 114kg を境に増加が著しくなり、体脂肪率と腹部脂肪の関係においては、体脂肪率が 12.1%を境に皮下脂肪量の増加が著しくなり、体脂肪率が 20.1%を境に内臓脂肪量の増加が著しくなると報告している[10]。また、村田らは、柔道やフットボール競技の日本人重量級競技者は非重量級競技者と比較して内臓脂肪面積が多く、重量級競技者間では柔道重量級競技者はフットボール重量級競技者の約 2 倍の内臓脂肪面積であったことを報告している[71] (Fig.3-1.)。

このように、重量級競技者は体重や体脂肪率の増加に伴い、心血管代謝リスクと関連が深い内臓脂肪量[72]を増加させると報告されている。前述のアメリカンフットボールの重量級競技者の先行研究[10]は、ラインマンの内臓脂肪量は平均値で 1.3kg であり、他のポジションの競技者の内臓脂肪量の平均値 0.3kg と比較すると約 4 倍であったことを報告している。一方、一般成人の肥満者を対象とした先行研究では、体重 109.3kg、BMI 35.2kg/m²、体脂肪率 38.0%、内臓脂肪量は 7.1kg と報告されており[73]、これと比較すると重量級競技者の内臓脂肪量はむしろ少ない値であると言える。したがって、仮に VF を減らしたとしても、体重への影響はわずかであると考えられる。

村田らは、女子柔道重量級競技者は体脂肪量が多く、インスリン抵抗性を有すると報告している[19]。しかし、この先行研究では腹部内臓脂肪の検討はしていないが、インスリン抵抗性を有していることから腹部内臓脂肪が蓄積していると考えられる。

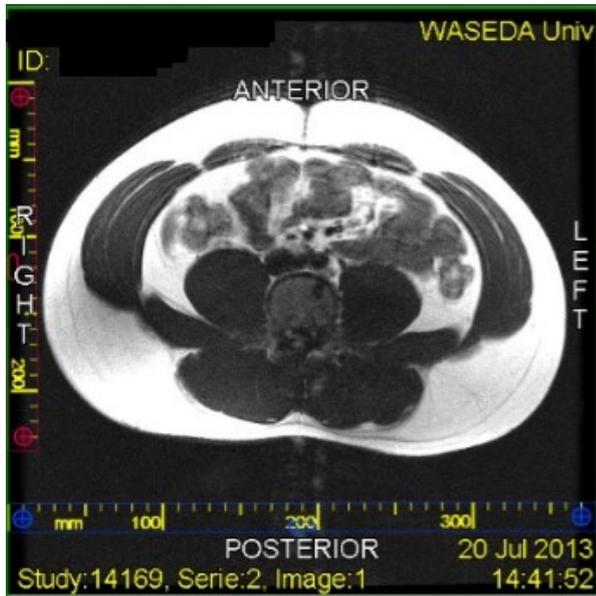
また、体重階級別に柔道競技者の体力指標を検討した先行研究において、体重あたりで評価したウインゲートテストによる無酸素パワー及び自転車エルゴメータによる漸増負荷試験により評価された全身持久力は、軽～中量級の体重階級の選手では大差はないものの、重量級競技者では有意に低い値であった[64]ことが報告されている。この先行研究より、全身持久力や筋力などの体力指標は、競技力向上のために体重を増やした重量級競技者において、そ

の体重に見合った筋力やパワーを有していない可能性がある。重量級競技者においても試合や稽古で全身持久力が要求されるために、全身持久力も重要な体力指標と位置づけるべきであろう。

以上のように柔道重量級競技者において、心血管代謝リスクの減少のために体脂肪や腹部脂肪を減らすことは重要であり、その結果、筋力や持久力などの体力指標を改善できる可能性もある。いくつかの一般成人肥満者に対する減量介入では、栄養アセスメントで食事調査や身体組成などの評価を行い、その結果をもとにカウンセリングや面談を行う栄養介入が行われている[74, 75]。柔道重量級競技者は、競技力を向上させるために、厳しい稽古を実施しながら重い体重を維持、もしくはさらに増量することが求められる。そのために、より多くのエネルギー摂取を優先させ、食事内容の質を十分に考慮していない可能性がある。このように、一般成人と比較して、競技者は個別の競技に関連する問題を抱えている場合が多いため、カウンセリングを通して問題点を解決しながら、エネルギーをはじめとする栄養素等の摂取状況を改善する栄養介入を必要としている。

そこで、本研究では、男女柔道重量級競技者への栄養カウンセリングによる栄養介入を実施することにより、体脂肪量を減少させるなどの身体組成の改善とともに、競技力との関連が強い体力指標の向上をめざし、それが心血管代謝リスクの改善につながるかどうかについて検討することを目的とした。

Heavyweight American football athlete



Heavyweight Judo athlete

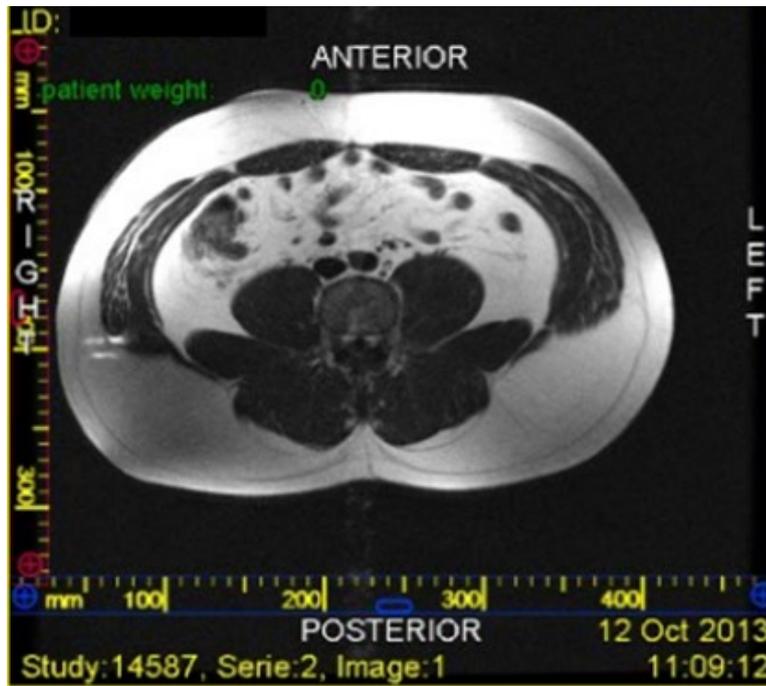


Fig.3-1. Comparison of cross-sectional imaging in the abdominal region between heavyweight American football and heavyweight Judo athletes.

3-2.方法

3-2-1.対象者

対象者は全日本学生柔道選手権出場チームの男女重量級競技者 31 名であった。内訳は、男子が 17 名であり、すべて 100kg 超級の階級に属する選手であった。一方、女子は 14 名であり、78kg 超級が 5 名及び 78kg 以下級が 9 名であった。対象者は男女ともに全日本学生柔道選手権出場大学の体育会柔道部に所属する競技者であった。女子 78kg 以下級の対象者 9 名は介入前 3 か月及び介入期間中を通して、いずれの選手も大会出場のための減量を行わない競技者であった。これら本研究に参加したすべての競技者は、研究開始前に、本研究について書かれた書面を見ながら口頭で十分に説明を受け、研究参加への同意は自筆で同意書に署名を行った。本研究は、ヘルシンキ宣言に従うとともに、早稲田大学 人を対象とする研究に関する倫理委員会によって承認を受けた後に実施した（承認番号 2014-113）。

3-2-2.研究デザイン

本研究は縦断研究であり、男女重量級競技者を栄養カウンセリングによる介入群 16 名（DCI、男子重量級競技者 9 名、女子重量級競技者 7 名）と介入を行わないコントロール群 15 名（CONT、男子重量級競技者 8 名、女子重量級競技者 7 名）に群分けした。栄養カウンセリングによる介入は 10 週間実施した。介入前後に身体的指標、体力指標及び血液生化学指標から見た心血管代謝リスクを測定した。身体的指標のうち、身体組成は DXA や MRI を用いて詳細に検討し、心血管代謝リスクは空腹時の血液生化学測定値によって評価した。対象者に対するすべての測定は、通常トレーニングや定期的な試合が行われるシーズン中の午前中の練習前に同一の研究施設において実施された。なお、本研究は、大学病院医療情報ネットワーク（UMIN-CTR）に登録した（UMIN000020501）。

3-2-3.身体組成の測定

第2章で示した方法で、同様の項目を測定した。第2章での腹部脂肪量の評価に加え、介入前後での体幹部の筋量の評価も行った。体幹部の筋量の評価は、筋横断面積による評価とし、第2章で用いた腹部内臓脂肪面積と同一横断画像から、腹直筋、腹斜筋、大腰筋、脊柱起立筋、腰方形筋の5つの筋横断面積の合計値を用いた。

3-2-4.血圧の測定

測定にはアネロイド式血圧計（ホーム血圧計A型、ヤガミ社製、名古屋、日本）を用いた。測定前に3～5分ほど座位安静状態を保った後、血圧測定を行った。測定値には2回測定した平均値を採用した。

3-2-5.血液サンプルの取得と分析

第2章で示した方法で同様の項目を測定し、すべての血液検査項目は三菱化学メディエンス(株)（現、株式会社LSIメディエンス）に分析を依頼した。さらに、以下の項目は第2章で示したものと同様の計算式を用いて算出した。脂質代謝の指標である低比重リポタンパクコレステロール（LDL-C）は、Friedewaldの式[50]を用いた。

糖代謝の指標である Homeostasis model assessment insulin resistance（HOMA-IR）は血漿グルコース濃度と血清インスリン濃度から下記の式を用いて算出した[51]。

HOMA-IR（homeostasis model assessment insulin resistance）

$$= \text{空腹時血清インスリン値} (\mu\text{IU/mL}) \times \text{空腹時血漿グルコース濃度} (\text{mg/dL}) / 405$$

3-2-6.体力指標の測定

第2章で示した方法のうち、柔道重量級競技者に実施した項目と同じ項目で実施した。これらの項目に加えて、背筋力は体幹30度屈曲位にて、背筋力計（T.K.K. 1204、竹井機器工業

製、新潟、日本)を用いて、最大等尺性随意収縮力を測定した。脚伸展パワーは、脚伸展パワー測定装置 (AnaeroPress 3500、コンビ社製、東京、日本)を用いて5回測定し、最も高い値と次に高い値の2回の平均値を測定値として採用した。

3-2-7. 栄養カウンセリングによる介入

本研究では体脂肪量の減少を目的に栄養カウンセリングを行った。栄養カウンセリングによる介入の前に、写真撮影を併用した3日間の自記式半秤量食事記録法による食事調査を行い、詳細な食生活状況の聞き取りを実施した。栄養分析結果及び聞き取り調査の結果とともに、介入前の身体組成測定や血液生化学検査、体力指標の測定の結果を加えて総合的に栄養評価を行い、この栄養評価の内容から対象者個別の栄養・食事摂取上の問題点の抽出を行った。初回のカウンセリングでは、これら栄養評価の結果のフィードバックとともに、抽出された問題点と改善策を提示し、介入期間中の方向性について話し合った。これに基づいて栄養介入を個別にスタートさせた。カウンセリングを通して、必要に応じて目標値を見直した。なお、一般成人肥満者は自己申告の食事調査における過少申告が報告されているため[76, 77]、食事調査の結果は摂取時刻や摂取タイミング、摂取食品の内容や傾向、好みなど主に質的評価に用い、定量的な評価には使用しなかった。

10週間の介入期間では毎日eメールもしくは電話でその日の早朝空腹時排尿後の体重と前日の食事の摂取内容を聞き取りした。さらに、ほぼ1~2週間に1回のペースで個別に面談によるカウンセリングを実施した。

3-2-7. 統計分析

本研究のすべての統計分析にはSPSS 22.0 (SPSS ver. 22.0; SPSS社製、シカゴ、イリノイ州、アメリカ合衆国)を用いた。身体計測値及び身体組成や体力指標を含めた生理学的指標と血液生化学検査値に対する介入前のDCIとCONTとの有意差の検討には、対応のないt検

定が用いられた。非正規分布の変数是对数変換した後に分析に用いた。また、介入前後の DCI 及び CONT の栄養介入の評価は、二元配置分散分析により検討した。測定結果は平均値 ± 標準偏差あるいは中央値（25-75%四分位範囲）として示した。統計学的有意水準は 5%未満とした。

3-3.結果

3-3-1. 対象者の特性

介入前の DCI 及び CONT の対象者の特性を男女別に Table.3-1.及び Table.3-2.に示した。

3-3-2. 介入前の栄養評価により抽出された対象者個別の問題点

介入開始前の栄養評価により抽出された対象者の問題点と介入内容を Table.3-3.及び Table.3-4.に示した。問題点は男女とも、ほぼ同様の項目が抽出されたが、菓子類の摂取に関する内容は女子競技者の方が多くみられた。また、男子は清涼飲料水のとり方が多く、飲み物から血糖値の上昇に影響しやすい糖質を摂り過ぎる傾向がうかがえた。これらの問題点とそれに対するアドバイスや対策について競技者ごとに個別に実施可能な対策について話し合い、介入期間の方針とした。なお、競技者によっては、初回のカウンセリングで決めた方針について内容の修正を行ったケースもあった。また、糖質を多く含む清涼飲料水の摂取を中止し、糖質の過剰摂取を改善したために、かえって甘いものが欲しくなった対象者の場合、練習前の補食のタイミングに和菓子などを食べるチャンスとした例などもあった。このように、当初の対策だけでは見直しが必要な場合があり、カウンセリングの中で随時修正を行ったが、対策は実行可能なシンプルな内容を中心としたものであった。

3-3-3. 身体的指標の変化

介入前後での身体的指標の変化について、男子は Table.3-5.に、女子は Table.3-6.に示した。

Table.3-1. Baseline characteristics of subjects (male)

	Male		
	DCI (n = 9)	CONT (n = 8)	p*
Age (years)	20.2 ± 1.0	20.9 ± 1.2	0.251
Height (cm)	178.1 ± 6.4	178.2 ± 5.1	0.979
Body mass (kg)	127.0 ± 12.6	124.2 ± 2.4	0.593
BMI (kg/m ²) [†]	38.7 (37.8 - 44.1)	37.7 (37.2 - 42.4)	0.635
Total fat (%)	28.1 ± 3.6	28.9 ± 5.8	0.732
Total fat mass (kg) [†]	33.9 (30.9 - 42.5)	32.9 (30.3 - 42.5)	0.996
Total fat-free mass (kg)	91.1 ± 8.3	88.2 ± 7.3	0.458
Waist circumference (cm)	113 ± 7	112 ± 4	0.792
Visceral fat area (cm ²)	119 ± 32	129 ± 33	0.507
Subcutaneous fat area (cm ²)	450 ± 97	446 ± 98	0.934
Total CSA of 5 trunk muscles (cm ²) ^{†,‡}	234 (228 - 239)	224 (221 - 239)	0.194
Hand grip (kg)	50 ± 5	53.3 ± 9.9	0.340
Back strength (kg) [§]	185 ± 19	186 ± 29	0.984
Leg extension power (W)	1995 ± 322	2211 ± 408	0.273
Shuttle run (number) [¶]	47 ± 12	34 ± 9	0.068
Estimated Vo _{2max} (ml/kg/min) [¶]	36.7 ± 2.6	33.8 ± 2.1	0.067
AST (U/L) [†]	26 (23 - 41)	32 (19 - 49)	0.759
ALT (U/L) [†]	36 (21 - 68)	48 (24 - 83)	0.645
γ-GTP (U/L) [†]	26 (23 - 37)	40 (27 - 57)	0.155
Total-C (mg/dL) [†]	178 (163 - 186)	170 (154 - 207)	0.645
HDL-C (mg/dL)	46 ± 9	46 ± 6	0.950
LDL-C (mg/dL)	94 ± 28	105 ± 43	0.520
LDL-C/HDL-C	2.06 ± 0.63	2.22 ± 0.66	0.547
TG (mg/dL) [†]	112 (90 - 193)	139 (96 - 216)	0.797
UA (mg/dL)	7.3 ± 1.1	7.4 ± 1.7	0.939
FPG (mg/dL)	87 ± 10	84 ± 7	0.503
Insulin (μU/mL)	9.7 ± 4.8	10.5 ± 6.2	0.771
HOMA-IR [†]	2.01 (1.11 - 2.48)	1.88 (1.21 - 2.70)	0.962
SBP(mmHg)	136 ± 10	124 ± 11	0.030
DBP(mmHg)	80 (80 - 83)	60 (58 - 70)	0.024

Data were expressed as mean ± SD for normally distributed variables or median (interquartile range) for non-normally distributed variables. DCI=dietary counseling intervention group; CONT= no intervention control group; BMI = body mass index; CSA= cross-sectional area; AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; γ-GTP = γ-glutamyl transpeptidase; Total-C = total cholesterol; HDL-C = high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; TG = triglycerides; UA = uric acid; FPG = fasting plasma glucose; HOMA-IR = homeostasis model assessment insulin resistance; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure. * p value by unpaired t-test for normal distribution data, by Welch's t-test for non-normal distribution data between DCI and CONT groups. [†]Log transformed variables for non-normally distributed variables for male (BMI, Total fat mass, Total CSAs of 5 trunk muscles, AST, ALT, γ-GTP, Total cholesterol, Triglycerides, HOMA-IR, DBP) were used to analysis. [‡]Total CSAs of 5 trunk muscles : Sum of cross sectional areas of Rectus abdominis, Oblique muscles, Psoas, Quadratus lumborum, Paraspinal muscles. [§]Back strength: DCI n=8, CONT n=8. ^{||}Leg extension power: DCI n=9, CONT n=6 for male. [¶]Shuttle run test: DCI n=8, CONT n=5.

Table.3-2. Baseline characteristics of subjects (female)

	Female		
	DCI (n = 7)	CONT (n = 7)	p*
Age (years)	21.1 ± 1.3	20.1 ± 0.6	0.113
Height (cm)	165.5 ± 4.5	166.1 ± 2.0	0.766
Body mass (kg) [†]	80.3 (78.7 - 107.3)	82.8 (78.0 - 92.0)	0.409
BMI (kg/m ²) [†]	30.7 (28.7 - 38.8)	29.9 (27.7 - 34.3)	0.313
Total fat (%)	29.3 ± 5.8	26.4 ± 3.9	0.285
Total fat mass (kg) [†]	22.3 (19.2 - 38.6)	22.6 (18.0 - 29.5)	0.337
Total fat-free mass (kg) [†]	60.6 (58.0 - 76.3)	62.3 (59.6 - 63.0)	0.663
Waist circumference (cm)	95 ± 15	90 ± 7	0.413
Visceral fat area (cm ²)	76 ± 32	58 ± 11	0.195
Subcutaneous fat area (cm ²)	301 ± 134	276 ± 70	0.676
Total CSA of 5 trunk muscles (cm ²) [‡]	179 ± 20	168 ± 12	0.224
Hand grip (kg)	36 ± 5	35 ± 5	0.818
Back strength (kg) [§]	132 ± 35	129 ± 13	0.840
Leg extension power (W)	1469 ± 369	1651 ± 145	0.281
Shuttle run (number) [¶]	46 ± 23	60 ± 16	0.290
Estimated Vo _{2max} (ml/kg/min) [¶]	36.4 ± 5.1	39.4 ± 3.5	0.287
AST (U/L) [†]	25 (20 - 47)	23 (18 - 24)	0.294
ALT (U/L)	26 ± 7	16 ± 6	0.012
γ-GTP (U/L)	16 ± 6	18 ± 5	0.664
Total-C (mg/dL)	180 ± 17	178 ± 21	0.871
HDL-C (mg/dL)	62 ± 14	66 ± 16	0.590
LDL-C (mg/dL)	106 ± 18	96 ± 12	0.258
LDL-C/HDL-C	1.80 ± 0.49	1.51 ± 0.35	0.225
TG (mg/dL) [†]	50 (42 - 70)	77 (72 - 97)	0.127
UA (mg/dL)	5.2 ± 1.3	4.7 ± 1.2	0.520
FPG (mg/dL)	85 ± 8	83 ± 9	0.689
Insulin (μIU/mL) [†]	6.0 (5.5 - 8.4)	4.3 (4.1 - 6.1)	0.162
HOMA-IR [†]	1.26 (1.06 - 1.83)	0.86 (0.73 - 1.37)	0.174
SBP(mmHg) [†]	120 (112 - 132)	110 (104 - 110)	0.279
DBP(mmHg)	74 ± 7	63 ± 6	0.010

Data were expressed as mean ± SD for normally distributed variables or median (interquartile range) for non-normally distributed variables. DCI=dietary counseling intervention group; CONT= no intervention control group; BMI = body mass index; CSA= cross-sectional area; AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; γ-GTP = γ-glutamyl transpeptidase; Total-C = total cholesterol; HDL-C = high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; TG = triglycerides; UA = uric acid; FPG = fasting plasma glucose; HOMA-IR = homeostasis model assessment insulin resistance; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure. * p value by unpaired t-test for normal distribution data, by Welch's t-test for non-normal distribution data between DCI and CONT groups. [†]Log transformed variables for non-normally distributed variables for female (Body mass, BMI, Total fat mass, Total fat-free mass, AST, TG, Insulin, HOMA-IR, SBP) were used to analysis. [‡]Total CSAs of 5 trunk muscles : Sum of cross sectional areas of Rectus abdominis, Oblique muscles, Psoas, Quadratus lumborum, Paraspinal muscles. [§]Back strength: DCI n=7, CONT: n=6. ^{||}Leg extension power : DCI n=7, CONT n=6. [¶]Shuttle run test: DCI n=7, CONT n=5.

Table.3-3. The individual problem before dietary counseling intervention and advices for the problem and improvement by nutritional intervention (male)

対象者	介入前の問題点	理由	対策	介入による変化
男性A	朝食抜き	食欲がない	通学途中あるいは大学到着後におにぎりやパンと100%野菜ジュースなどの摂取	提示した量なら大学到着後食べるようになり、習慣化した
	菓子類の間食の習慣	夕方に空腹感が強まる	練習前での補食として位置付ける、菓子類からおにぎりやパンなどに変更	朝食を食べるようになり菓子類は減少、練習前の補食として習慣化した
	清涼飲料水で糖質のとり過ぎ	空腹感と幼少期からの習慣	水かお茶などに変更	水やお茶類で習慣化、糖分入りの飲料は欲しくなくなった
男性B	炭酸飲料から糖質のとり過ぎ	子どものころからの習慣	お茶に変更	炭酸飲料をとらず、無糖飲料の摂取が習慣化した
	かつ丼にパスタなど脂質の多い主食の単品料理を1食に複数食べる習慣	脂質の多いものを好む、子どものころからの習慣	揚げ物のどんぶりやパスタなどは控え、白いご飯(またはおにぎり)とおかずを組み合わせた食事の基本形を意識	回数が減り、定食タイプの食事が増えたが、好みなので完全にやめることはできていない
男性C	朝食抜き	時間がない、練習前だから	朝練のない日や朝練後にコンビニおにぎり、自炊でご飯を炊いて食べる、練習前にゼリー飲料や野菜ジュースなどで少しずつ食べる	朝練前後、朝練のない日は大学到着後に食べる回数が増えた。毎日食べたいが、現状としては難しい
	寮の食事でご飯の量が多い、毎食1食でどんぶり2杯くらい(700g以上)	元々食べる量が多い	練習量に応じて食べる量を調整する、朝練だけがない日や午後練がない日など稽古の量に応じて変える	体重が減って、動けるようになったことを実感、食事量調整の方法がわかり、定着した
男性D	清涼飲料水で糖質のとり過ぎのことがある	お茶か水だと物足りない	水かお茶などに変更	お茶や水、無糖の飲料のみにしている
	オフ日に油っこい食事で食べ過ぎることがある	油っこいものは好き	外食時に脂質の多い食事は控える	自炊するようにして外食の回数は減った
男性E	昼食コンビニ惣菜で揚げ物食べるが多い	揚げ物が好き	油を多く使った料理は控える	揚げ物は減らした
	昼食はインスタントラーメン(主食)+揚げ物のパターンが多い	ご飯だと物足りない	おにぎりや白いご飯にする	ご飯の回数が増えたが、パスタも増えてしまった
	炭酸飲料や清涼飲料水は毎日500ml飲む	無意識に習慣化	お茶か水に変える	お茶や水、無糖の飲料のみにしている
男性F	練習量に関係なく、主食の量が多い(めしなら800g、焼きそばなら中華めん3玉)	習慣化している	練習量が少ない日は減らす調整をする	食べ過ぎることが減り、できるだけ主食におかずや野菜もプラスして、主食の量を調節できるようになった
	糖分の多い乳酸菌飲料を1日1L位飲む	子どもの頃からの習慣	お茶か水に変える	お茶か水に変え、物足りない時は野菜ジュースを飲むようになった
男性G	昼食を菓子パン3個程度で済ませることがある	甘いものが好き、手軽に食べられ、安い	おにぎり+おかずや弁当タイプのものにして、菓子パンは練習前のタイミングに限る	菓子パンの食べ方は減り、練習が少ない日は間食も減らした
	甘いものが大好き、コンビニで必ずケーキやシュークリームなどを買ってしまう	子どものころからの嗜好	出来るだけ控える、ゼリーや和菓子に変えてみる	ときどきあんぱんを練習前に食べる以外は食べなくても平気になった
	清涼飲料水の摂取が習慣化、毎日500mlのペットボトル2本摂取	子どもの頃からの習慣	控える、お茶か水に変える	ほとんどお茶か水に変え、どうしても飲みたい時でも1日500ml以下で済むようになった
男性H	朝食を食べていない	朝練前後では食欲がわからない	午前中の時間でできるだけ何か食べる	どうしても朝食は食べられない
	甘いものが好き	子どもの頃からの嗜好	出来るだけ控える	最近気をつけて食べなくても平気になった
	炭酸飲料毎日2L摂取で糖質摂り過ぎ	子どもの頃からの習慣	水かお茶に変える	ほとんどお茶か水に変えた。たまに飲む程度になった
男性I	朝食抜きが習慣化	子どもの頃からの習慣	午前中の時間でできるだけ何か食べる	朝練前に食べることは難しいが、野菜ジュースを摂るようになり、朝練後におにぎりやパンを食べるようになった
	炭酸飲料、清涼飲料水からの糖質摂取が多い	練習が厳しく食欲低下で欠食がちで、清涼飲料水の飲み過ぎで食欲低下もある。	出来るだけ控えて、お茶や水に変えて様子を見る。食欲低下時には、飲み物に頼り過ぎず、ゼリー飲料や食べやすいうどんやそうめんなども食べるようにする。	糖分の多い飲み物をお茶や水に変更できたが、甘いものが欲しくなり、練習前に、みたらし団子など主食に近いものの摂取で定着した
	朝食抜き	練習内容による疲労、習慣化してしまった	朝練前は水分摂取を中心に。朝練後に体を休めて食欲が出てきたら、食べやすいものから食べる習慣をつける	練習後に食べる努力をするようになり、おにぎり2個程度とヨーグルトなどの乳製品をとることが増えた

Table.3-4. The individual problem before dietary counseling intervention and advices for the problem and improvement by nutritional intervention (female)

対象者	介入前の問題点	理由	対策	介入による変化
女子A	コーヒー牛乳など飲料で糖質のとり過ぎ	好きだから、子どもの頃からの習慣	牛乳に変える、甘い飲み物は摂取を控える	食事の時の牛乳だけで、あとは水かお茶に変えた
	アイスクリームを毎日食べる習慣	寮生活の楽しみ、実家では毎日ではなかった	控える	食べなくても平気になった
	日中間食(菓子類やコンビニのフライ、その他)がだらだら続く	日中は暇だと食べたくない、食欲に勝てない	昼食を食事の基本形でしっかり食べる、菓子類は控え、稽古の前の補食だけにする	菓子類は減り、昼食はコンビニで揃えて食べるようになった
女子B	脂質の多い食事を好む	嗜好	脂質の低い料理も選択する努力	コンビニ利用の際におにぎり+おでん(野菜を多くする)のパターンが増えた
	朝食と夕食は寮で提供、低脂肪乳や果物も毎回摂取できるが、食事以外はとらないことも多い	食事で満腹	練習量に応じて主食量を調整する、寮で提供される低脂肪乳や果物も必ず摂取	必ず果物と低脂肪乳はとることにして、夜の菓子類は減った
	試合日は日中脂質の多い菓子パンや菓子類中心	あまり考えず好きなものにしてきた	おにぎりや野菜ジュースなどの補食を中心に。ピンポイントで菓子類はOK	おにぎり、野菜ジュースの他、バナナを持って行くことにした
女子C	オフ日はビュッフェ形式の外食が多い	食べられるチャンスだと思った	料理選択を好みだけでなく、食事の基本形を意識して脂質の低い内容にする	豚汁など野菜が多い汁物を取り、サラダにシチューをかけて脂質を減らす工夫をしている。相変わらず大学の関係上、会合が多い
	平日の昼食(大学)はほとんどカップラーメン+おにぎりで主食過多	安い、簡単、好みのパターン	食事の基本形を意識する。コンビニで買いそろえる際にも外食の際にも、パターンにあてはまるよう料理選択	外食であれば定食に、コンビニであれば弁当にする回数が増えた
	朝食と夕食は寮で提供、低脂肪乳や果物も毎回摂取できるが、食事以外はとらないことも多い	低脂肪乳は嫌い	食事時間帯であればいつでも飲めるので、タイミングを見て試してみる、果物は必ず取る	相変わらず低脂肪乳は飲めない、果物は食べるようになった、おかずの食べ過ぎが減った
女子D	炭酸飲料、コーヒー飲料などからの糖質摂り過ぎ	子どもの頃からの習慣	控える	今はほとんどとっていない、何となくの習慣だったのですぐに改善できた
	菓子類の摂取が多い	甘いものが大好き、手作りして食べる	食べる量を少量にする、食べるタイミングを考える(練習前はOKだが、夕食後は食べない)	少して満足できる場合もあり、練習前は和菓子で補食として食べることで満足できる機会も増えた
女子E	菓子類(特に洋菓子)の摂取が多い	甘いものが好き、ホッとする	極力控える、どうしても食べた時はゼリーや和菓子など脂質が少ないものにする	洋菓子はかなり減らせた、みたらし団子やゼリーに変えて定着した
	飲み物からの糖質摂取が多い	小さい頃からの習慣	ゼロカロリー飲料やお茶に変える	無糖のコーラや紅茶、お茶で満足できるようになった
女子F	朝食が少ない、シリアル+牛乳、お茶漬けなど	食欲がない、体重管理	食事の基本形を意識、脂質少なくする	シリアルにフルーツヨーグルト、お茶漬けにおかずを加え、前より朝食量が増え、菓子類が減った
	飲み物からの糖質摂取が多い	お菓子は食べないが、甘いものは飲みたくなる	ジュースは100%果汁のものを1杯とその他はお茶か水で水分摂取	ジュースとアイスクリームを控えて体重が低めで安定したので、食べなくても良くなった、体重を安定させたい
女子G	アイスクリームを毎日食べる習慣	無意識のうちに習慣化した	控える	
	昼食が主食中心になることが多い	手軽で食べやすい、満腹になる	寮の食事が出ない昼食は食事の基本形を意識して揃える	コンビニではおにぎり中心におでんと野菜ジュース等柔軟に対応して選択できるようになった
女子G	好き嫌いが多く野菜料理を残すことが多い	嫌いだから	寮食で嫌いな野菜が出てでも食べる努力、自分で選択できる食事では嫌いでない色の濃い野菜を中心に毎食1品は食べる	食べられる野菜を中心に少しずつ食べるようになった

男子は体重、BMI、内臓脂肪において DCI と CONT との間に交互作用が見られ、DCI で有意に改善した。女子では体重や内臓脂肪で両群間に交互作用は見られなかったが、体脂肪率、全身の体脂肪量、除脂肪量、ウエスト周囲径、握力、シャトルランの実施回数とそれにより推定される最大酸素摂取量で交互作用が見られた。特に、体脂肪率は男子 DCI では $28.1 \pm 3.6\%$ から $27.3 \pm 3.4\%$ 、男子 CONT では $28.9 \pm 5.8\%$ から $28.5 \pm 5.7\%$ ($p=0.477$)、女子 DCI では $29.3 \pm 5.8\%$ から $27.8 \pm 6.1\%$ 、女子 CONT では $26.4 \pm 3.9\%$ から $27.7 \pm 3.8\%$ となり ($p=0.014$)、女子において DCI と CONT との間に有意な交互作用が認められた。また、内臓脂肪については、男子 DCI では $119 \pm 32 \text{ cm}^2$ から $109 \pm 34 \text{ cm}^2$ 、男子 CONT では $129 \pm 33 \text{ cm}^2$ から $137 \pm 29 \text{ cm}^2$ ($p=0.012$)、女子 DCI では $72 \pm 32 \text{ cm}^2$ から $68 \pm 25 \text{ cm}^2$ 、女子 CONT では $58 \pm 11 \text{ cm}^2$ から $62 \pm 13 \text{ cm}^2$ となり ($p=0.096$)、男子においてのみ有意な交互作用が認められた。

さらに、体力指標においては男子では DCI と CONT とともに交互作用は認められず、いずれの指標もわずかな増減であった。女子では握力およびシャトルランの実施回数とそれより推測される最大酸素摂取量において DCI と CONT との間に有意な交互作用を示し、DCI で握力は 36 kg から 39 kg へ、シャトルランの実施回数は 46 回から 58 回へと向上した。

3-3-4. 心血管代謝リスクの変化

介入前後の心血管代謝リスクの変化について男子は Table.3-7.、女子は Table.3-8. に示した。男子においては交互作用が見られた項目はなかったが、HOMA-IR は DCI では 2.01 (四分位範囲 $1.11-2.48$) から 1.19 ($0.62-1.54$)、CONT では 1.88 ($1.21-2.70$) から 1.47 ($1.01-2.25$) となり DCI において減少傾向が見られた ($p=0.076$)。さらに、拡張期血圧 (DBP) についても DCI では 80 ($80-83$) から 70 ($61-79$)、CONT では 70 ($60-79$) から 67 ($60-79$) となり減少傾向が見られた ($p=0.052$)。また、女子では LDL、インスリン及び HOMA-IR で DCI と CONT との間に有意な交互作用が認められた。

3-3-5. 身体的指標及び心血管代謝リスクの個別の変化

対象者個別の身体的指標の変化のうち、体重は Fig.3-2.に示した。Table.3-5.及び Table.3-6.より男子においてのみ交互作用が見られたが、男女ともに DCI のほとんどの対象者は体重が減少傾向にあった。

対象者の個別の体脂肪量の変化を Fig.3-3.に、体脂肪率の変化を Fig.3-4.に示した。全身の体脂肪量に関するこれらの指標では、男子では交互作用が見られず、女子においてのみ有意な交互作用が見られた。男子では増加した対象者と減少した対象者が DCI と CONT の双方に見られたが、女子では DCI のほとんどの対象者が減少し、CONT の多くが維持もしくは増加していた。個別の除脂肪量の変化は女子の DCI と CONT との間で有意な交互作用を示し、DCI で維持ないし増加を示し、CONT ではほとんどの対象者が減少した (Fig.3-5.)。

個別の腹部内臓脂肪面積の変化を Fig.3-6.に示した。男子においてのみ、有意な交互作用が見られ、DCI のほとんどの対象者が減少していたのに対し、CONT の多くの対象者は増加を示していた。男子では腹部内臓脂肪面積がメタボリックシンドロームの診断基準のカットオフ値である 100cm^2 以上の対象者が多く、DCI では 9 名中 6 名、CONT では 8 名中 7 名が 100cm^2 以上であった。一方、女子においてはカットオフ値の 100cm^2 を下回る対象者が多く、DCI では 7 名中 5 名、CONT では 7 名全員が 100cm^2 以下であった。女子において DCI 及び CONT とともに介入後に腹部内臓脂肪量の増加を示したのは、介入前に 100cm^2 以下の対象者であった。一方、介入前に 100cm^2 以上であった DCI の 2 名は、栄養カウンセリング介入後には減少を示した。

さらに、対象者個別の心血管代謝リスクの変化の指標として、血液生化学検査のデータから HOMA-IR の変化を Fig.3-7.に示した。多くの対象者が基準値内であり、耐糖能異常のカットオフ値である 2.5 を超えた対象者は男女ともに DCI では 2 名、CONT では男子で 1 名のみであった。いずれの対象者も栄養介入により基準値内へ改善した。しかし、CONT において介入前に基準値範囲であった男女 1 名ずつの 2 名が、3 か月後に 2.5 以上の数値に悪化した。

Table.3-5. Change of physiological parameters (male)

	DCI (n = 9)		CONT (n = 8)		P value for Two-way ANOVA		
	Pre	Post	Pre	Post	Group Effect	Time Effect	Interaction
Height (cm)	178.1 ± 6.4		178.2 ± 5.1				
Body mass (kg)	127.0 ± 12.6	122.8 ± 12.1	124.2 ± 2.4	123.2 ± 2.8	0.814	0.002	0.043
BMI (kg/m ²) [†]	38.7 (37.8 - 44.1)	37.4 (36.2 - 41.4)	37.7 (37.2 - 42.4)	38.0 (36.2 - 41.5)	0.887	<0.001	0.019
Total fat (%)	28.1 ± 3.6	27.3 ± 3.4	28.9 ± 5.8	28.5 ± 5.7	0.663	0.041	0.477
Total fat mass (kg) [†]	33.9 (30.9 - 42.5)	32.9 (29.2 - 39.6)	32.9 (30.3 - 42.5)	30.6 (29.3 - 44.3)	0.840	0.008	0.177
Total fat-free mass (kg)	91.1 ± 8.3	89.2 ± 8.3	88.2 ± 7.3	87.9 ± 7.1	0.591	0.013	0.055
Waist circumference (cm)	113 ± 7	112 ± 7	112 ± 4	113 ± 7	0.965	0.816	0.325
Abdominal fat area (cm ²) [‡]	569 ± 104	560 ± 99	575 ± 119	578 ± 112	0.815	0.684	0.486
Visceral fat area (cm ²)	119 ± 32	109 ± 34	129 ± 33	137 ± 29	0.217	0.713	0.012
Subcutaneous fat area (cm ²)	450 ± 97	451 ± 93	446 ± 98	441 ± 95	0.754	0.876	0.627
Total CSA of 5 trunk muscles (cm ²) ^{†,§}	234 (228 - 239)	236 (232 - 238)	224 (221 - 239)	230 (226 - 234)	0.729	0.220	0.531
Hand grip strength (kg)	50 ± 5	48 ± 5	53 ± 10	53 ± 6	0.365	0.206	0.778
Back strength (kg)	185 ± 19	184 ± 20	186 ± 29	187 ± 21	0.974	0.881	0.830
Leg extension power (W) [¶]	1995 ± 322	2225 ± 374	2211 ± 408	2240 ± 262	0.112	0.499	0.212
Shuttle run (number) [‡]	47 ± 12	48 ± 17	34 ± 9	32 ± 9	0.724	0.056	0.592
Estimated VO _{2max} (ml/kg/min) [‡]	36.7 ± 2.6	37.9 ± 3.0	33.8 ± 2.1	33.3 ± 0.9	0.561	0.014	0.142

Data were expressed as mean ± SD for normally distributed variables or median (interquartile range) for non-normally distributed variables.

DCI=dietary counselling intervention group; CONT= no intervention control group; BMI = body mass index; CSA= cross-sectional area

[†]Log transformed variables for non-normally distributed variables for male (BMI, Total fat mass, Total CSA of 5 trunk muscles) were used to analysis.

[‡]Abdominal fat area : Visceral fat area + Subcutaneous fat area. [§]Total CSAs of 5 trunk muscles : Sum of cross sectional areas of Rectus abdominis, Oblique muscles, Psoas, Quadratus lumborum, Paraspinal muscles. ^{||}DCI n=8, CONT n=8. [¶]DCI n=9, CONT n=6. [‡] DCI n=8, CONT n=5

Table.3-6. Change of physiological parameters (female)

	DCI (n=7)		CONT (n=7)		P value for Two-way ANOVA		
	Pre	Post	Pre	Post	Group Effect	Time Effect	Interaction
Height (cm)	165.5 ± 4.5		166.1 ± 2.0				
Body mass (kg) [†]	80.3 (78.7 - 107.3)	79.9 (78.2 - 104.8)	82.8 (78.0 - 92.0)	80.7 (78.8 - 92.1)	0.425	0.006	0.479
BMI (kg/m ²) [†]	30.7 (28.7 - 38.8)	30.3 (28.6 - 38.6)	29.9 (27.7 - 34.3)	29.0 (27.8 - 34.7)	0.355	0.009	0.176
Total fat (%)	29.3 ± 5.8	27.8 ± 6.1	26.4 ± 3.9	27.7 ± 3.8	0.564	0.809	0.014
Total fat mass (kg) [†]	22.3 (19.2 - 38.6)	21.9 (17.1 - 36.3)	22.6 (18.0 - 29.5)	21.3 (19.1 - 30.6)	0.517	0.400	0.049
Total fat-free mass (kg) [†]	60.6 (58.0 - 76.3)	62.3 (58.0 - 75.3)	62.3 (59.6 - 63.0)	59.3 (57.9 - 61.5)	0.438	0.013	0.004
Waist circumference (cm)	95 ± 15	92 ± 14	90 ± 7	89 ± 6	0.586	<0.001	0.002
Abdominal fat area (cm ²) [‡]	377 ± 162	355 ± 167	334 ± 77	318 ± 84	0.113	0.571	0.797
Visceral fat area (cm ²)	76 ± 32	68 ± 25	58 ± 11	62 ± 13	0.299	0.503	0.096
Subcutaneous fat area (cm ²)	301 ± 134	287 ± 143	276 ± 70	256 ± 77	0.646	0.129	0.778
Total CSA of 5 trunk muscles (cm ²) [§]	179 ± 20	181 ± 22	168 ± 12	165 ± 12	0.182	0.341	0.093
Hand grip strength (kg)	36 ± 5	39 ± 4	35 ± 5	34 ± 5	0.233	0.265	0.030
Back strength (kg)	132 ± 35	132 ± 18	129 ± 13	130 ± 14	0.813	0.945	0.924
Leg extension power (W)	1469 ± 369	1398 ± 420	1651 ± 145	1578 ± 140	0.300	0.096	0.965
Shuttle run (number) [¶]	46 ± 23	58 ± 20	59 ± 16	56 ± 15	0.623	0.161	0.028
Estimated VO _{2max} (ml/kg/min) ^{¶¶}	36.4 ± 5.1	39.2 ± 4.5	39.4 ± 3.5	38.6 ± 3.4	0.625	0.157	0.025

Data were expressed as mean ± SD for normally distributed variables or median (interquartile range) for non-normally distributed variables.

DCI=dietary counseling intervention group; CONT= no intervention control group; BMI= body mass index; CSA= cross-sectional area

[†]Log transformed variables for non-normally distributed variables for female (Body mass, BMI, Total fat mass, Total fat-free mass, AST, Triglycerides, Insulin, HOMA-IR) were

[‡]Abdominal fat area : Visceral fat area + Subcutaneous fat area. [§]Total CSAs of 5 trunk muscles : Sum of cross sectional areas of Rectus abdominis, Oblique muscles, Psoas, Quadratus lumborum, Paraspinal muscles. ^{||}DCI n=7, CONT n=6. [¶]DCI n=7, CONT n=5.

^{¶¶}DCI n=7, CONT n=6. ^{¶¶}DCI n=7, CONT n=5.

Table.3-7. Change of cardiometabolic risks (male)

	DCI (n=9)		Control(n=8)		P value for Two-way ANOVA			Normal range
	Pre	Post	Pre	Post	Group Effect	Time Effect	Interaction	
	AST (U/L) [†]	26 (23 - 41)	24 (21 - 29)	32 (19 - 49)	31 (23 - 41)	0.147	0.417	
ALT (U/L) [†]	36 (21 - 68)	31 (23 - 42)	48 (24 - 83)	37 (30 - 73)	0.103	0.427	0.436	5 - 45
γ-GTP (U/L) [†]	26 (23 - 37)	23 (21 - 26)	40 (27 - 57)	33 (25 - 45)	0.147	0.022	0.557	< 80
Total-C (mg/dL) [†]	178 (163 - 186)	170 (167 - 189)	170 (154 - 207)	169 (157 - 194)	0.191	0.086	0.208	120 - 219
HDL-C (mg/dL)	46 ± 9	47 ± 8	46 ± 6	49 ± 7	0.048	0.794	0.985	40 - 85
LDL-C (mg/dL)	94 ± 28	103 ± 24	105 ± 43	110 ± 35	0.576	0.026	0.524	≤140
TG (mg/dL) [†]	112 (90 - 193)	86 (69 - 127)	139 (96 - 216)	89 (72 - 155)	0.003	0.839	0.834	30 - 149
UA (mg/dL)	7.3 ± 1.1	7.1 ± 1.0	7.4 ± 1.7	7.4 ± 1.5	0.669	0.789	0.669	3.8 - 7.0
FPG [†] (mg/dL)	87 ± 10	89 ± 5	84 ± 7	86 ± 8	0.296	0.370	0.985	70 - 109
Insulin [†] (μU/mL)	9.7 ± 4.8	5.3 ± 2.9	10.5 ± 6.2	8.2 ± 5.1	0.015	0.366	0.390	1.7 - 10.4
HOMA-IR [†]	2.01 (1.11 - 2.48)	1.19 (0.62 - 1.54)	1.88 (1.21 - 2.70)	1.47 (1.01 - 2.25)	0.002	0.485	0.076	< 2.50
SBP (mmHg)	136 ± 10	122 ± 11	124 ± 11	118 ± 7	0.001	0.065	0.145	< 130
DBP (mmHg) [†]	80 (80 - 83)	70 (61 - 79)	70 (60 - 79)	67 (60 - 79)	0.040	0.129	0.052	< 85

Data were expressed as mean ± SD for normally distributed variables or median (interquartile range) for non-normally distributed variables. DCI= dietary counseling intervention group; CONT= no intervention control group, AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; γ-GTP = γ-glutamyl transpeptidase; Total-C = total cholesterol; HDL-C = high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; TG = triglyceride; UA = uric acid; FPG = fasting plasma glucose; HOMA-IR = homeostasis model assessment insulin resistance; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure

[†]Log transformed variables for non-normally distributed variables (AST, ALT, γ-GTP, Total-C, TG, FPG, Insulin, HOMA-IR, DBP) were used to analysis.

Table.3-8. Change of cardiometabolic risks (female)

	DCI (n=7)		CONT (n=7)		P value for Two-way ANOVA			Normal range
	Pre	Post	Pre	Post	Group Effect	Time Effect	Inter-action	
	AST (U/L) [†]	25 (20 - 47)	24 (21 - 31)	23 (18 - 24)	21 (16 - 27)	0.161	0.950	
ALT (U/L)	26 ± 7	25 ± 6	16 ± 6	16 ± 6	0.008	0.952	0.675	5 - 45
γ-GTP (U/L)	16 ± 6	15 ± 5	18 ± 5	17 ± 5	0.636	0.068	0.841	< 30
Total-C (mg/dL)	180 ± 17	177 ± 22	178 ± 21	197 ± 26	0.394	0.158	0.064	120 - 219
HDL-C (mg/dL)	62 ± 14	68 ± 24	66 ± 16	73 ± 17	0.644	0.065	0.983	40 - 95
LDL-C (mg/dL)	106 ± 18	96 ± 9	96 ± 12	107 ± 17	0.976	0.860	0.012	≤ 140
TG (mg/dL) [†]	50 (42 - 70)	51 (41 - 92)	77 (72 - 97)	64 (51 - 111)	0.164	0.636	0.657	30 - 149
UA (mg/dL)	5.2 ± 1.3	4.9 ± 0.8	4.7 ± 1.2	4.8 ± 1.2	0.101	0.525	0.269	3.8 - 7.0
FPG (mg/dL)	85 ± 8	86 ± 8	83 ± 9	87 ± 7	0.955	0.199	0.394	70 - 109
Insulin (μIU/mL) [†]	6.0 (5.5 - 8.4)	4.1 (2.9 - 6.4)	4.3 (4.1 - 6.1)	6.0 (3.6 - 10.7)	0.888	0.177	0.007	1.7 - 10.4
HOMA - IR [†]	1.26 (1.06 - 1.83)	0.89 (0.67 - 1.19)	0.86 (0.73 - 1.37)	1.26 (0.79 - 2.17)	0.902	0.166	0.004	< 2.50
SBP (mmHg) [†]	120 (112 - 132)	108 (106 - 116)	110 (104 - 110)	104 (104 - 106)	0.008	0.099	0.091	< 130
DBP (mmHg) [†]	75 (68 - 80)	66 (66 - 74)	60 (58 - 70)	66 (60 - 68)	0.357	0.082	0.074	< 85

Data were expressed as mean ± SD for normally distributed variables or median (interquartile range) for non-normally distributed variables.

DCI=dietary counseling intervention group; CONT= no intervention control group, AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; γ-GTP = γ-glutamyl transpeptidase; Total-C = total cholesterol; HDL-C = high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; TG = triglyceride; UA = uric acid; FPG = fasting plasma glucose; HOMA-IR = homeostasis model assessment insulin resistance; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure

[†]Log transformed variables for non-normally distributed variables (AST, TG, Insulin, HOMA-IR, SBP, DBP) were used to analysis.

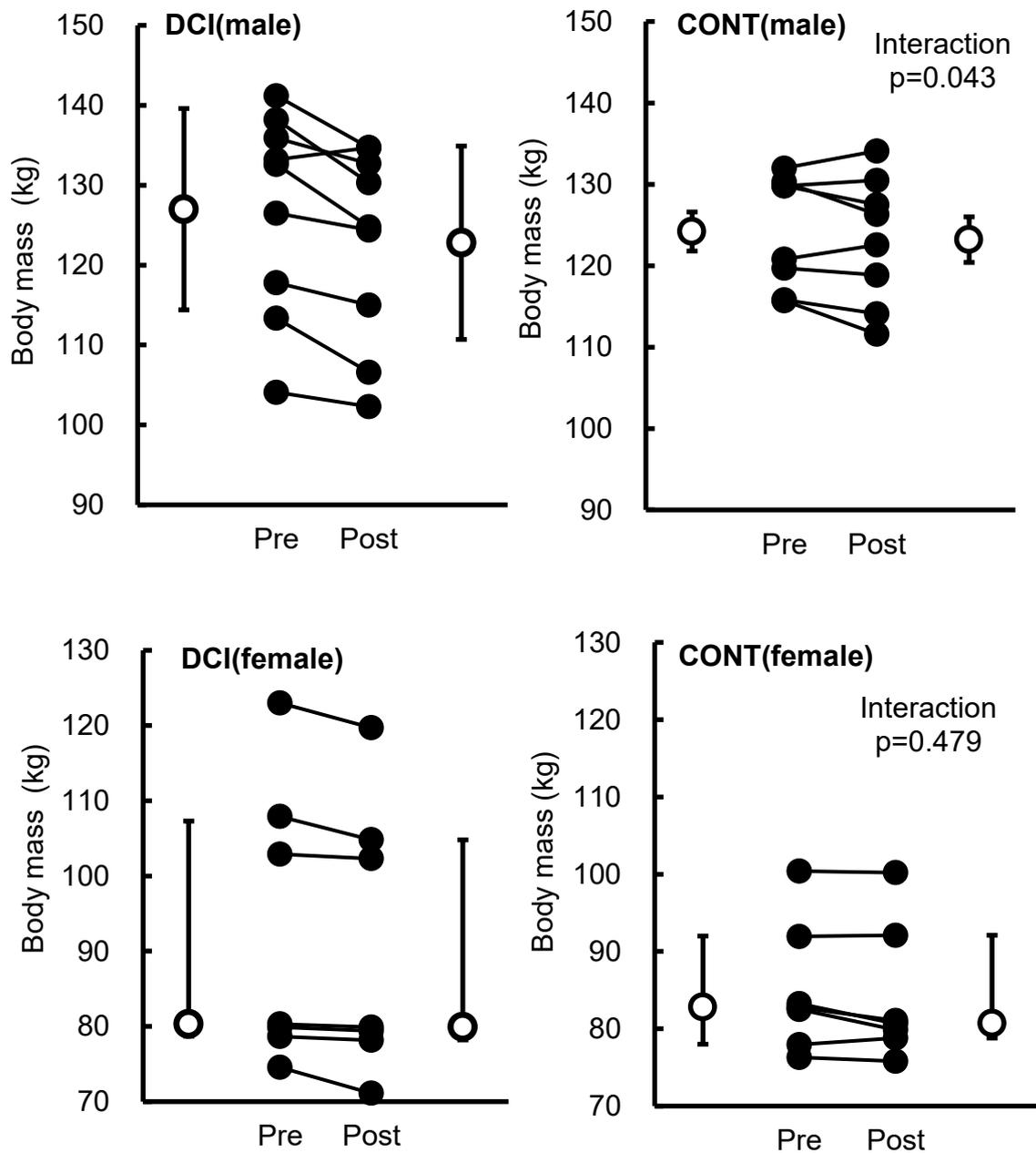


Fig.3-2. Change of body mass in DCI (dietary counseling intervention groups) and CONT (control groups) over time. Closed circles represent change in body Mass for individual value in DCI and CONT. Open circles represent mean with standard deviation for male or median with interquartile range for female.

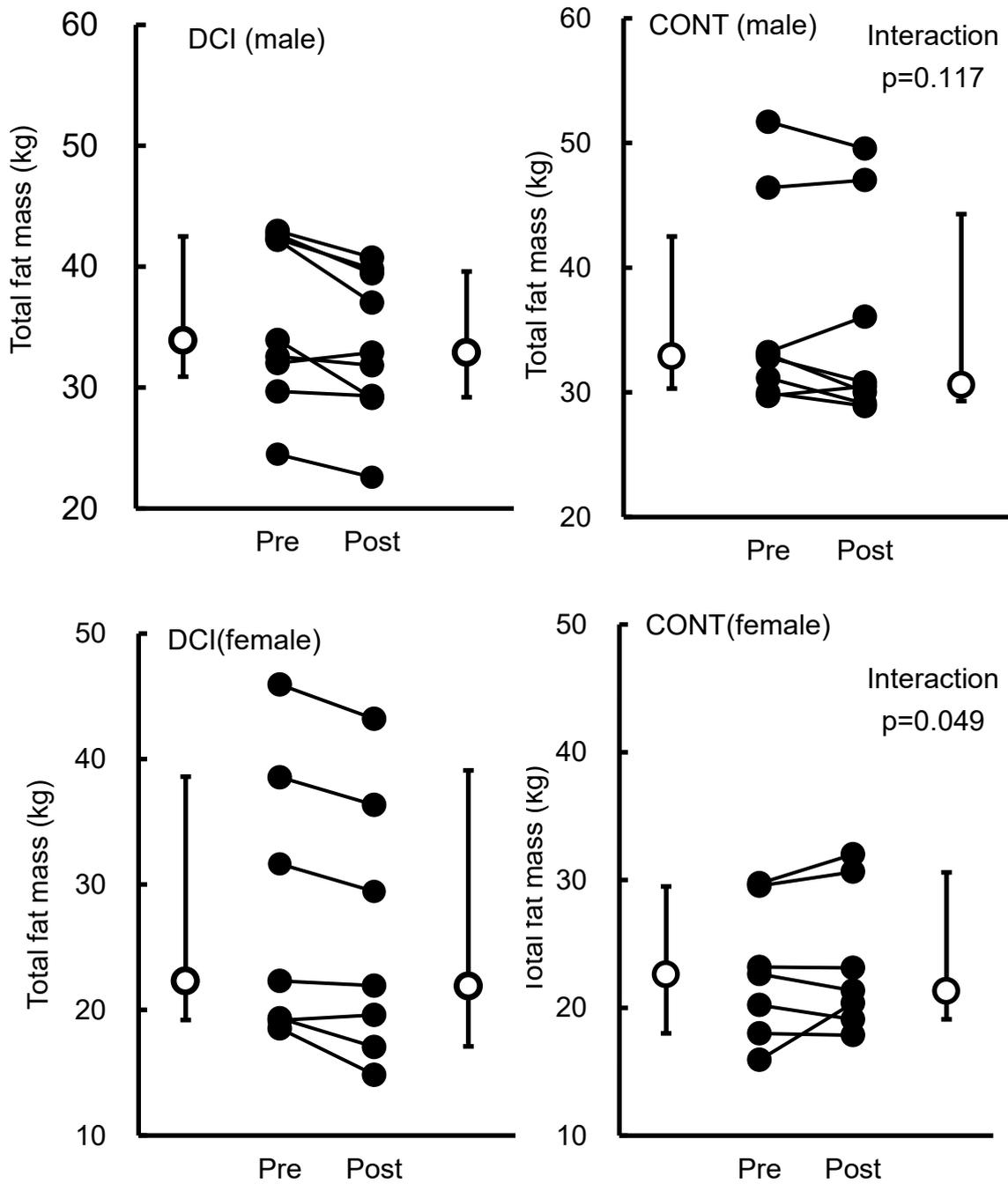


Fig.3-3. Change of total fat mass in DCI (dietary counseling intervention groups) and CONT (control groups) over time. Closed circles represent change in total fat mass for individual value in DCI and CONT. Open circles represent median with interquartile range.

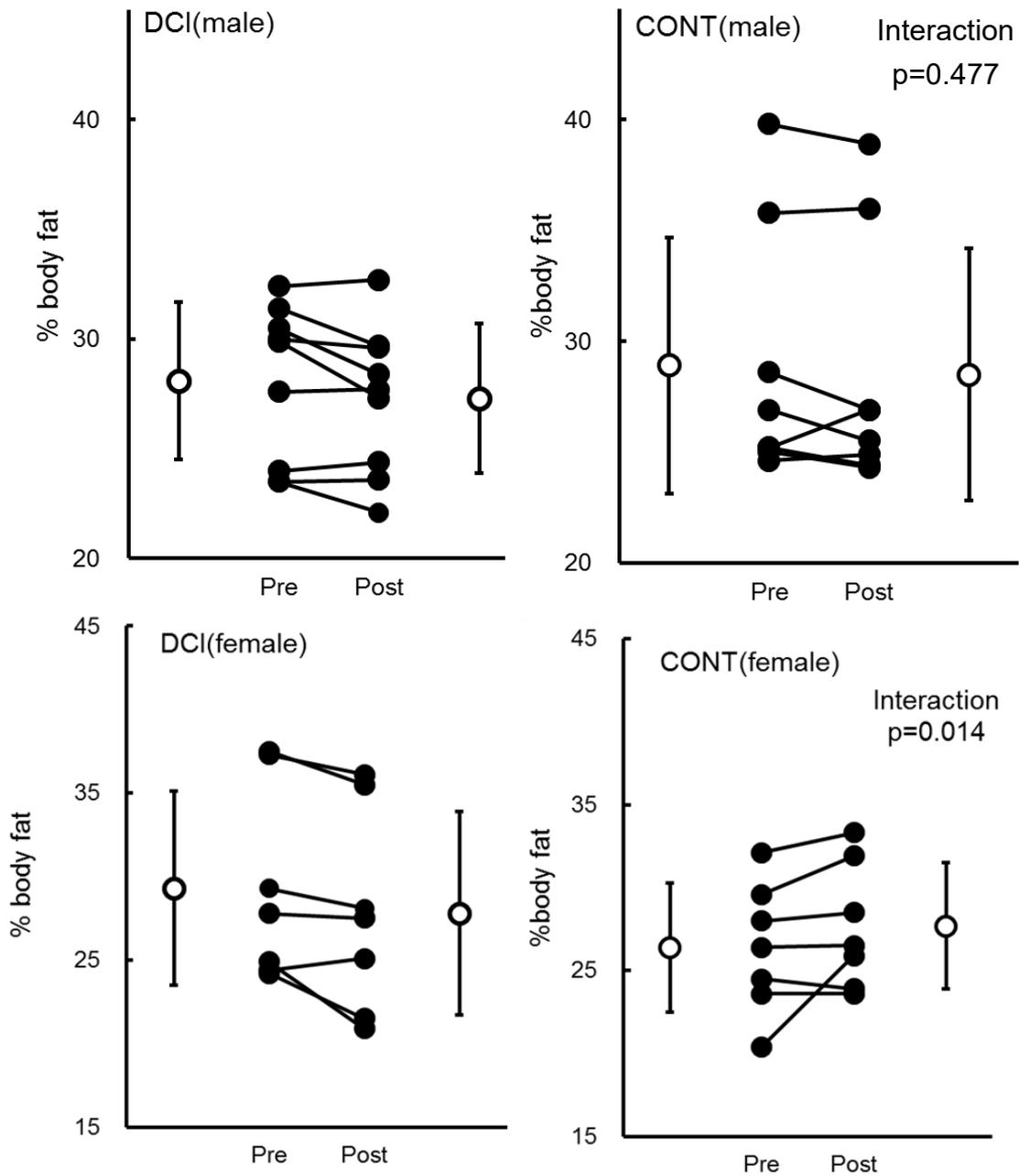


Fig.3-4. Change of % body fat in DCI (dietary counseling intervention groups) and CONT (control groups) over time. Closed circles represent change in % body fat for individual value in DCI and CONT groups. Open circles represent mean with standard deviation

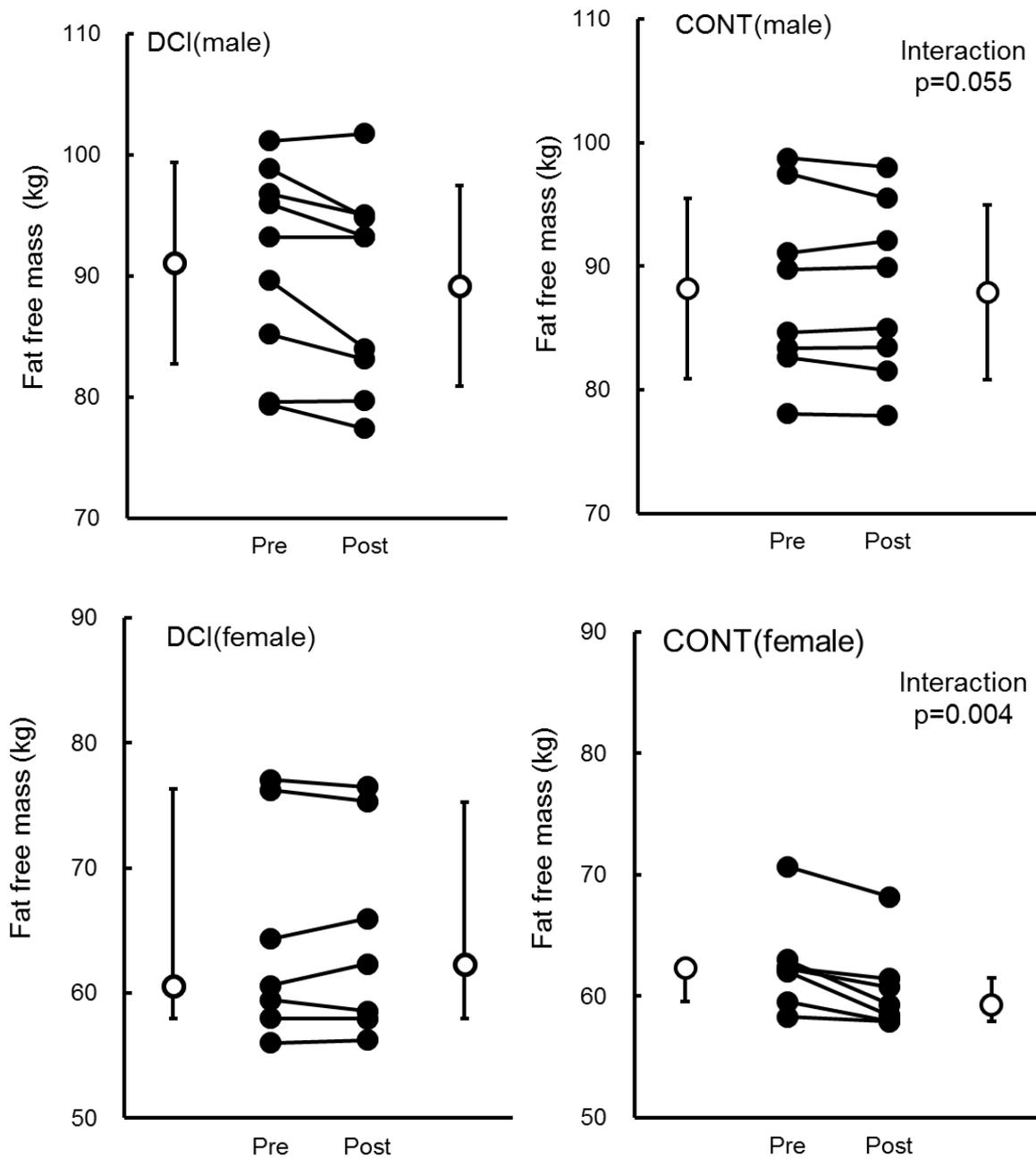


Fig.3-5. Change of fat free mass in DCI (dietary counseling intervention groups) and CONT (control groups) over time. Closed circles represent change in fat free mass for individual value in DCI and CONT. Open circles represent mean with standard deviation for male or median with interquartile range for female.

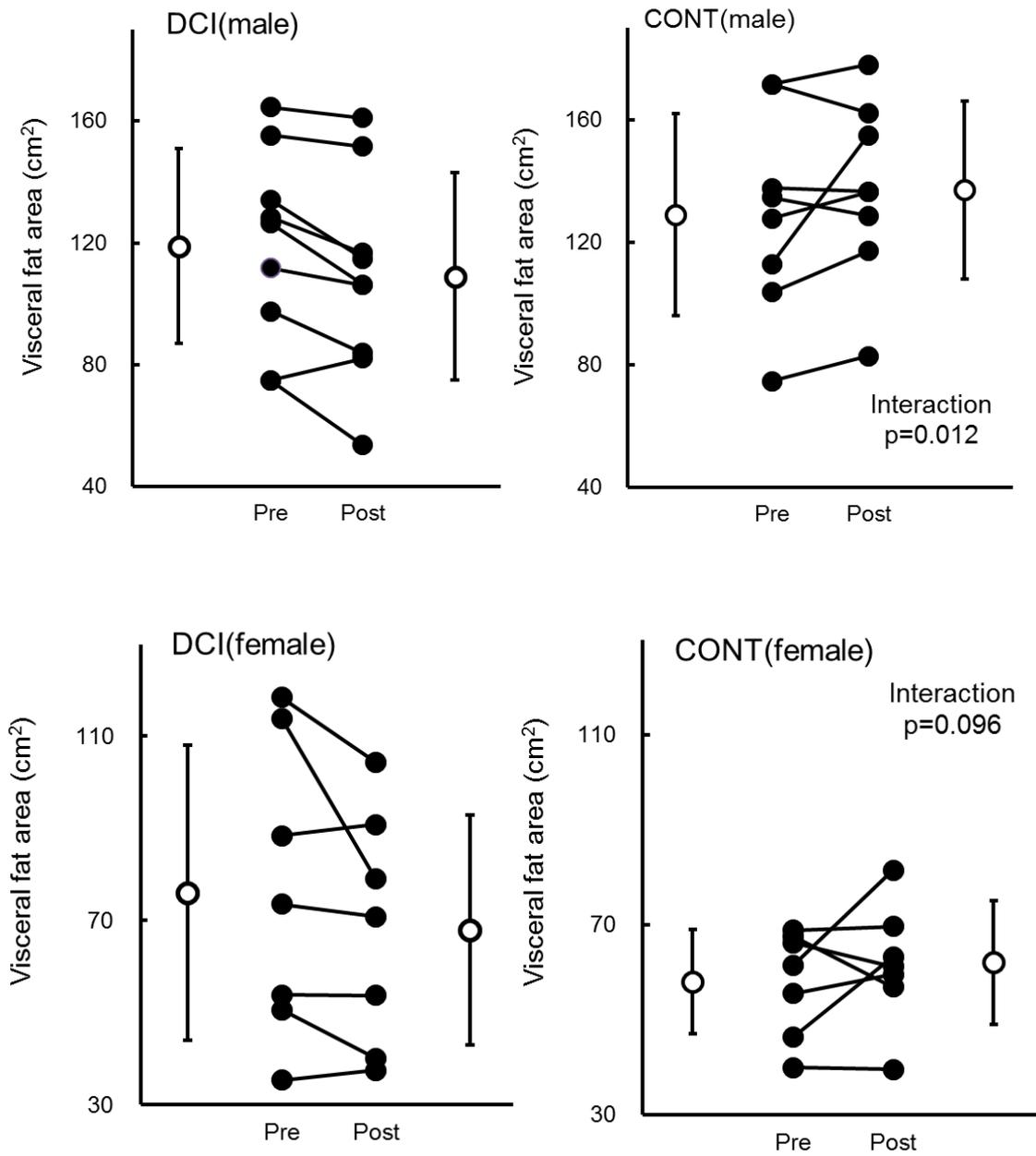


Fig.3-6. Change of visceral fat area in DCI (dietary counseling intervention groups) and CONT (control groups) over time. Closed circles represent change in visceral fat area for individual value in DCI and CONT. Open circles represent mean with standard deviation.

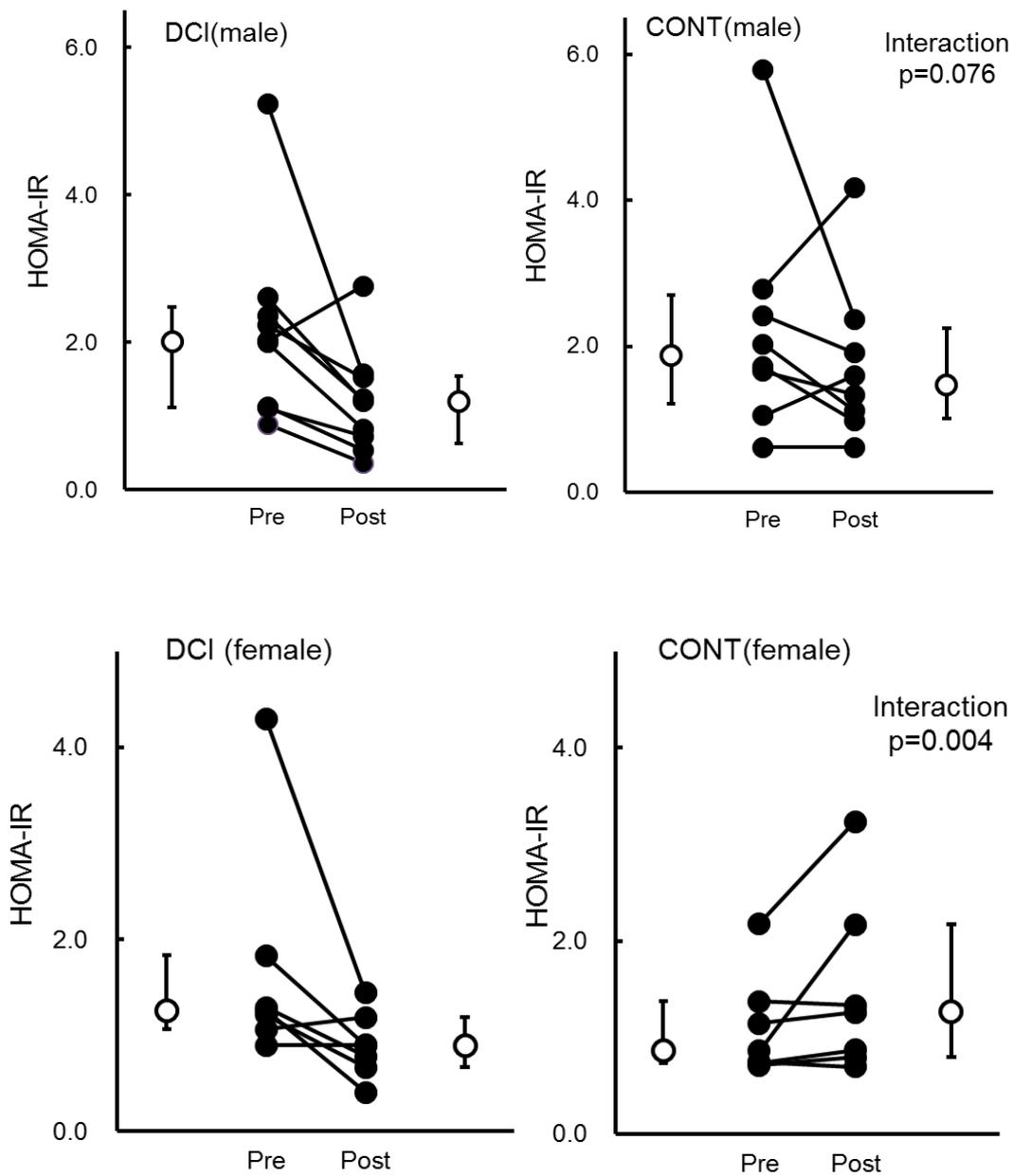


Fig.3-7. Change of HOMA-IR in DCI (dietary counseling intervention groups) and CONT (control groups) over time. Closed circles represent change in HOMA-IR for individual value in DCI and CONT groups. Open circles represent median with interquartile range

3-4. 考察

本研究では、重量級競技者への栄養カウンセリング介入を実施することにより、体脂肪量減少などの身体組成の改善とともに体力指標の向上をめざし、心血管代謝リスクを改善できるかについて検討することを目的とした。その結果、本研究の介入は男女ともに身体組成を改善させるとともに、体力指標を維持もしくは改善させた。さらに心血管代謝リスクとしてHOMA-IR など、いくつかの血液生化学データも改善した。

減量介入では皮下脂肪より内臓脂肪が優先的に減少すると報告されている[45, 78]。本研究における介入では、男子柔道重量級競技者は内臓脂肪面積の減少において、栄養カウンセリング群とコントロール群では有意な交互作用を示したものの、体脂肪率や全身の体脂肪量の減少については交互作用を認めなかった。一方、女子柔道重量級競技者は全身の体脂肪量及び体脂肪率において栄養カウンセリング群とコントロール群で、有意な交互作用が認められたが、内臓脂肪面積の減少では交互作用が認められなかった。

このように、本研究では柔道重量級競技者に栄養カウンセリングによる介入を実施した場合に、減少した脂肪部位に性差が生じることが明らかとなった。一般成人肥満者を対象とした先行研究においては、運動実施を伴うエネルギー制限の減量介入は男女ともに有意に全身の体脂肪量や内臓脂肪量を減少させたが、男性の方が女性より有意に内臓脂肪量が減少し、介入前後で体脂肪量に占める内臓脂肪量と非内臓脂肪量の割合や、腹部における内臓脂肪量の割合を変化させなかったこと、つまり減量介入前後では体脂肪量そのものは減少するものの、脂肪の分布割合は変化しなかったと報告している[79]。本研究の男子柔道重量級競技者では、介入前の腹部横断面積は栄養カウンセリング群が $119 \pm 32 \text{ cm}^2$ 、コントロール群が $129 \pm 33 \text{ cm}^2$ であり、両群ともに介入前はメタボリックシンドロームの診断基準である 100 cm^2 を超えていた。一方、女子重量級競技者は栄養カウンセリング群が $76 \pm 32 \text{ cm}^2$ 、コントロール群が $58 \pm 11 \text{ cm}^2$ であり、両群ともに介入前にメタボリックシンドロームの診断基準である 100 cm^2 を超えておらず、男子の約7割～半分程度の面積であった。これより、本研究でも介

入前で女子より数値が大きかった男子重量級競技者の内臓脂肪が、介入により減少量が大きかったと考えられる。一方、女子重量級競技者においては介入前後で内臓脂肪面積は有意な交互作用を示さなかったが、Fig.3-6.に示した女子の個別の内臓脂肪面積の変化では、メタボリックシンドロームの診断基準を上回る2名のみが、介入後に大きく内臓脂肪面積を減少させた結果となった。それ以外の対象者は介入前後で大きな変化は見られなかった。日本人肥満女性における一般成人の先行研究では、食事からのエネルギー制限と運動実施を併用した減量介入では、介入前に内臓脂肪量が多い対象者ほど、腹部内臓脂肪量の減少が大きかったことを報告している[80]。本研究の柔道女子重量級競技者においても介入前に内臓脂肪面積が大きかった対象者は値を減少させており、前述の先行研究及び男子柔道重量級競技者と同様の結果を示していたと言えるであろう。

次に体力指標については Table.3-5.及び Table.3-6.に示すように、男子柔道重量級競技者では栄養カウンセリング群とコントロール群において筋力指標に有意な交互作用は見られなかった。男子の栄養カウンセリング群とコントロール群では、体重及び身体組成の指標である内臓脂肪面積で有意な交互作用が見られたが、除脂肪量や腹部の5つの体幹筋の横断面積の合計値など筋量に関する指標で交互作用が認められず、介入前後で両群ともに大きな減少は認められなかった。男性柔道競技者に関する先行研究では、競技レベルに関係なく筋量は筋力と比例関係にあることが報告されている[81]。本研究においても、介入により筋量に関する身体的指標は介入前後で大きな変動がなかったことから、筋力においても変化が認められなかったと考えられた。一方、女子柔道重量級競技者の体力指標のうち、握力および全身持久力の指標において、栄養カウンセリング群とコントロール群との間に有意な交互作用が認められ、栄養カウンセリング群で向上したことが認められた。さらに、背筋力は維持された。女子では介入により両群間において体重は有意な交互作用を示さず、全身の体脂肪量および体脂肪率と全身の除脂肪量では有意な交互作用を示した。これらの結果より、女子柔道重量級競技者において、栄養カウンセリング群はコントロール群と比較して体脂肪率と体脂肪量は有

意に減少し、除脂肪量は有意に増加したことが、筋力や全身持久力で評価した体力指標を改善したと考えられた。先行研究においても、異なる減量方法の違いが身体組成と筋力に影響するかを検討した際に、女性競技者において方法間の有意差は認められなかったものの、除脂肪量は増加し、筋力指標が改善したことが報告されている[42]。したがって、本研究においても、栄養カウンセリング群で身体組成が改善し、除脂肪量が増加したことが筋力指標の向上に至ったと考えることができるであろう。また、栄養カウンセリング群では、シャトルランの実施回数も有意に増加した。アスリートを対象とした先行研究では、体重の減量に伴い全身持久力の指標は改善したとする報告がある[39, 82]。本研究の介入では、女子柔道重量級競技者において、体重の有意な減少は認められなかったが、体脂肪率と体脂肪量の減少及び除脂肪量の増加が有意に認められた。男子柔道競技者の先行研究ではあるが、体脂肪率と体重あたりの最大酸素摂取量は負の相関関係にあることが報告されている[27]。これより、本研究の女子柔道重量級競技者においては体重の減少が認められなかったが、体脂肪率が減少したために全身持久力の指標が改善したのではないかと考えられた。

次に栄養カウンセリングによる心血管代謝リスクの改善についての検討では、男子柔道重量級競技者は改善傾向、女子においては有意に改善された (Table.3-7.、Table. 3-8.)。男子では栄養カウンセリング群とコントロール群で HOMA-IR と拡張期血圧において有意な交互作用が認められなかったが、改善の傾向は認められた (HOMA-IR: $p=0.076$ 、拡張期血圧: $p=0.052$) (Table.3-7.)。一般成人男性の先行研究では、内臓脂肪量は腹部および腹部以外の皮下脂肪量や全身持久力とは独立してインスリン抵抗性と強く関連していると報告されている[9]。しかしながら、本研究の男子柔道重量級競技者においては、栄養カウンセリングにより内臓脂肪量が減少したが、インスリン抵抗性は改善傾向を示したに過ぎなかった。その理由として、いずれの群も HOMA-IR の中央値は耐糖能異常のカットオフ値より下回る基準値内の値であったために、内臓脂肪の減少が HOMA-IR の値の改善に効果的に作用するまでに至らなかった可能性が考えられる。さらに、第 2 章で示したように、男子柔道重量級競技者はフットボ

ールの重量級競技者と比較して 2 倍程度の内臓脂肪面積を有していたにもかかわらず、HOMA-IR は両群ともに同レベルの値であったことから[71]、内臓脂肪量以外に、柔道の競技特性や高強度間欠的運動を長時間にわたって実施する特有の稽古方法[44]など、身体活動の影響を強く受けているのではないかと考えられた。しかしながら、介入前に基準値の上限である 2.5 を大幅に超えていた対象者では、栄養カウンセリングの後に内臓脂肪量と HOMA-IR の値は減少した (Fig.3-7.)。この結果から、介入前の値におけるリスクが高い場合には、栄養カウンセリングにより内臓脂肪量の減少と耐糖能は改善されたと考えられるであろう。

女子柔道重量級競技者では、LDL-コレステロール及び HOMA-IR について、栄養カウンセリング群とコントロール群では有意な交互作用を示した。LDL-コレステロールは脂質代謝異常を示す指標であり、一般肥満女性における先行研究において、食事介入により改善されるが、有酸素運動やレジスタンス運動を同時に行うことでより効果的に改善されるわけではなかったと報告している[83]。本研究の対象者である女子柔道重量級競技者は、柔道の稽古を日常的にしている対象者であり、栄養カウンセリング群のみ約 10 週間の栄養カウンセリングによる介入を行ったことから、先行研究での食事介入による違いと同様のケースとみなすことができるであろう。これより、両群間において LDL-コレステロールに有意な交互作用が認められ、栄養カウンセリング群のみ改善した点は、先行研究と同様の結果であったと考えられるであろう。HOMA-IR についても女子重量級競技者では両群間で有意な交互作用を示した。基準値内の変化ではあるものの、栄養カウンセリングにより改善された結果であったと言える。しかし、先行研究でインスリン抵抗性と強い関係が報告されている内臓脂肪量に対しては、栄養カウンセリング群とコントロール群では有意な交互作用を示さなかった。村田らは、女子柔道重量級競技者の先行研究において、HOMA-IR によって評価されたインスリン抵抗性と DXA で評価された全身の体脂肪量との間に強い相関があることが報告している[19]が、内臓脂肪についての検討を行っていない。一般の成人女性の先行研究においてもインスリン抵抗性は内臓脂肪より体脂肪率や全身の体脂肪量と関連するとの報告があり[84]、本研

究の女子重量級競技者においても同様の結果であったといえる。しかし、女性の方が男性より空腹時血糖値をはじめとする心血管代謝のリスクと内臓脂肪量が強くかかわっているという先行研究もある[85]。本研究においても、HOMA-IR の値が基準値を大幅に上回る対象者が女子の栄養カウンセリング群に 1 名おり、介入後は基準値内に大きく改善し (Fig.3-7.)、内臓脂肪面積も減少していた (Fig.3-6.)。以上より、介入結果には個人差が認められたと言えるであろう。

以上より、本研究における男女柔道重量級競技者に対する栄養カウンセリング介入では、心血管代謝リスクの改善に対する体内脂肪量の部位による減少の影響には、性差が認められたと考えられた。

本研究にはいくつかの限界点が挙げられる。1 つはサンプルサイズが小さいことである。そのため、個別のデータの傾向が全体の結果に強く影響を与えた可能性が考えられる。2 つ目として、コントロール群にも介入前後の測定を実施したことで、コントロール群の対象者の中には栄養カウンセリングとは別の介入効果が存在した可能性があり、栄養カウンセリング群とコントロール群との交互作用に影響を与えたかもしれない点である。

3-6. 結論

日本人柔道重量級競技者に対する栄養カウンセリングによる介入は、身体組成を改善させ、体力指標を維持もしくは向上させるとともに心血管代謝リスクの改善に貢献できる可能性が示唆された。

第4章 総括

1. 本研究の成果

本研究では、柔道重量級競技者の身体的特徴と心血管代謝リスクについて検討し、さらに栄養介入により柔道重量級競技者の身体組成を改善し、競技力に関連する体力指標の向上や心血管代謝リスクの軽減ができるかを検討することを目的とした。

1-1. 男子柔道重量級競技者の身体組成の特徴と心血管代謝リスク（研究課題1；第2章）

柔道重量級競技者の身体的特徴を明らかにするために、心血管代謝リスクに関する先行研究が多く報告されているアメリカンフットボールなどの球技種目の重量級競技者と横断的に比較検討した。

その結果、日本人男子柔道重量級競技者は、他の競技種目の重量級競技者と比較して内臓脂肪をはじめとする体脂肪量が多いにもかかわらず、心血管代謝リスクは有意に高いわけではないことが明らかとなった。

本研究によって、過剰な体脂肪量の蓄積は、男子柔道重量級競技者に対して必ずしも心血管代謝リスクを増加させるとは限らないことが示唆された。

1-2. 男女柔道重量級競技者に対する栄養介入による身体機能の変化（研究課題2；第3章）

男女重量級競技者への栄養カウンセリングを実施することにより、身体組成の改善とともに競技力に関連する体力指標の向上をめざし、それが心血管代謝リスクの改善できるかについて検討することを目的とした。

その結果、男女重量級競技者は減少した体脂肪の部位に性差が認められたものの、身体組成を改善させるとともに体力指標を維持もしくは改善させた。さらに心血管代謝リスクとして耐糖能の指標である HOMA-IR など血液生化学データのいくつかの指標も改善した。

本研究によって、日本人柔道重量級競技者に対する栄養カウンセリングによる介入は、身

体組成を改善させるとともに、体力指標を維持もしくは向上させ、心血管代謝リスクの改善に貢献できる可能性が示唆された。

2.総括討議

本研究の研究課題を実施することにより、男子柔道重量級競技者は、体重および全身の体脂肪量、さらに内臓脂肪のいずれも他の競技種目の重量級競技者より多かったが、心血管代謝リスクは同程度であることが示された。これより、柔道特有の高強度間欠運動を長時間にわたって実施する稽古の様式[44]が、柔道重量級競技者における健康リスクの上昇を抑制させている可能性が示唆された。

女子柔道重量級競技者においては、先行研究[19]において、すでに体脂肪率は高く、全身の体脂肪量とインスリン抵抗性は正の相関関係にあることは示されていたが、一般成人で明らかになっている内臓脂肪と心血管代謝リスク[31]の関連については不明であった。本研究により、対象とした女子重量級競技者の多くは、内臓脂肪面積はメタボリックシンドロームの診断基準[86]である 100cm^2 を下回っていることが示された。しかし、本研究の対象者の中には、若年女性の競技者であっても、その診断基準を上回るものが認められ、その中にはインスリン抵抗性を示した対象者もいたことから、女子重量級競技者においても心血管代謝リスクや過剰な内臓脂肪量の蓄積については軽視されるべきではないであろう。

本研究では、以上のような身体的特徴を持つ男女柔道重量級競技者に対して栄養カウンセリングによる介入を実施し、身体組成の改善及び競技力に関係する体力指標の維持あるいは向上、さらに心血管代謝リスクの低下が可能であるかを検討した。心血管代謝リスクを有する一般成人への生活習慣の介入に関する先行研究では、多くが食事介入あるいは運動介入単独の場合より、食事介入と運動介入を併用した場合に、より大きな改善効果が認められている[45, 79, 80]。

柔道重量級競技者は、日常的にトレーニングを実施している対象者であるため、これ以上の運動介入は困難である。したがって、栄養介入が必須であることは明白であるが、柔道重量級競技者では個別に問題点が異なることが想定された。本研究において介入前の栄養評価を実施したところ、Table.3-3.及びTable.3-4.に示されたような個別の問題点が抽出された。問題点には子どもの頃からの嗜好や食習慣が反映されている場合も多く、それ故に、大きな体格を獲得し、重量級競技者として競技を行っているとも言えるであろう。そのため、介入開始時には食習慣の変更を強制されるとの思い込みから、栄養カウンセリングには難色を示すケースも見られた。しかし、一律のエネルギー制限や食事制限とは異なり、個別の嗜好やトレーニング内容、体調なども含めたヒアリングとそれに対するアドバイスを重ねるうちに、ほとんどの対象者が自ら実施可能な改善策を見出すことができた。柔道重量級競技者の競技特性や身体的特徴に詳しいスポーツ栄養士が栄養カウンセリングに関わることにより、身体組成や競技力に関わる体力指標を改善し、心血管代謝リスクを低下させることにつながったと考えられる。

また、一般に実施される栄養評価では、様々な方法の食事調査を用いて、食事摂取内容から栄養摂取状況を把握する[87]。本研究においては、介入前後で、3日間の写真撮影を併用した半秤量法の自記式食事調査を実施した。しかし、先行研究では肥満者は食事内容の記録及び申告が不十分であり、栄養摂取状況を過小評価することが報告されている[76, 77, 88]。本研究で実施した食事調査においても、スポーツ栄養士が記録内容に関する十分な聞き取りを実施したところ、聞き取りを通して摂取が判明した食事内容も多く、対象者の摂取量の記載が不十分であったことが判明した。そのため、これら食事調査から得られた分析結果は栄養摂取の定量的なデータとして用いるには限界があると判断した。しかし、摂取した食品のリスト及び摂取の頻度やタイミングなど詳細な補食や間食を含めた食事摂取状況を把握することができ、栄養カウンセリング前の栄養評価には不可欠なものであった。また、栄養カウンセリングを通して当初の問題点に対する対策が変更修正されていく過程で、介入前に実施し

た食事記録の内容から読み取ることができる摂取タイミングや量の変動など、平均化した栄養分析値には表れない有益な情報を得ることができた。

さらに、減少させた体脂肪の部位と心血管代謝リスクの改善との関連には、性差が認められることがわかった。特に男子は、内臓脂肪量の減少により体力指標を変化させることなく心血管代謝リスクが低下した点は、重量級競技者の健康管理に対しても有益な情報を提供したと言えるであろう。一方、女子においては体脂肪率を減少させ、除脂肪量を増加させたことにより体力指標が改善した。栄養カウンセリングによる介入を受けた女子柔道重量級競技者の対象者では、血液生化学データが基準値内を示した場合が多かったが、リスクの高い対象者では栄養カウンセリングにより身体組成が改善し、体力指標も改善させたことに加えて、心血管代謝リスクを低下させることができた。

本研究から得られた男女柔道重量級競技者の身体組成、体力指標及び心血管代謝リスクを含めた身体的特徴に関する知見と栄養カウンセリングによる介入が、身体組成の改善、体力指標の向上および心血管代謝リスクの低下に貢献できるとした知見は、競技力を維持もしくは向上させつつ、競技者の健康管理も可能であるとの有用な情報をスポーツ現場に提供したと言えるであろう。

3.今後の課題と展望

男女重量級競技者において、体脂肪量過多の状態が継続することによる生活習慣病への進展を予防することは重要である。本研究では、血液生化学指標から評価した男女柔道重量級競技者の心血管代謝リスクは高い状態であると結論づけることは難しい。しかし、先行研究が示しているように、過剰な体脂肪量を有している肥満、特に腹部肥満は心血管代謝リスクの重要な危険因子であることから[46, 47]、過剰な体脂肪を有している男女柔道重量級競技者は血管代謝リスクが高い状態であると言える。競技を引退後は、柔道の稽古が減少するか、あるいはほとんど実施しなくなることから、過剰な体脂肪量は引退後の柔道重量級競技者の

心血管代謝リスク高めることとなり、生活習慣病の引き金となる可能性が高い。

今後は引退後の元重量級競技者の身体組成や心血管代謝リスクの実態把握が必要である。加えて、柔道に限らず他の競技種目も含めた元重量級競技者を対象に、引退直後からの身体組成と心血管代謝リスクの追跡研究を実施し、重量級競技者の身体組成の特徴が生活習慣病への進展に影響を及ぼしているかを検討することが重要である。さらに、引退直後から身体組成の改善を目的とした栄養介入による検討や引退後の長期間にわたる追跡や介入による縦断的な検討を行い、生活習慣病への進展を予防する方策の検討も必要である。

また、幼少期から重量級競技者へとからだづくりを行う競技者の横断的な実態把握とともに、過剰な体脂肪の蓄積を最小限にとどめた縦断的なからだづくりの指針の検討も求められる。

以上のように、今後は、現役競技者に限らず幅広い年代において競技上の有利性を獲得するための増量に付随して見られる過剰な体脂肪量の蓄積を防ぎ、生活習慣病への進展を予防する方策の検討が重要であろう。

謝辞

本研究の遂行ならびに本論文の執筆にあたり、終始懇切丁寧なご指導と多方面にわたるご支援、そして激励を賜りました 早稲田大学スポーツ科学学術院 樋口 満教授に心より謝意を表します。

本研究において研究計画の作成から研究遂行、そして、修士課程入学の機会を与えて下さった頃から多くのご支援とご指導を賜り、素晴らしい研究環境へと導いてくださいました 早稲田大学スポーツ科学学術院 田口 素子教授に深く感謝いたします。

本研究の遂行にあたり、血液採取時の安全管理及び介入期間中における対象者への経過観察管理を快くお引き受け下さいました 早稲田大学スポーツ科学学術院 坂本 静男教授に心より感謝いたします。

本研究の遂行にあたり、二重エネルギーX線吸収法による身体組成測定ならびに安全管理とデータ解析をお引き受け下さり、さらに対象選手へのご助言まで頂きました 早稲田大学スポーツ科学学術院 鳥居 俊准教授に心より感謝いたします。

本研究に対象者としてご協力いただきました全ての選手の皆様、そして選手の皆様に対象者として本研究にご協力いただくことを快諾くださり、本研究の遂行をさまざまな場面で支えてくださいました 国士舘大学男子柔道部 鈴木 桂治監督、同女子柔道部 田中 力監督、帝京大学男子柔道部 丸山 昌孝監督、元帝京科学大学柔道部 乙黒 靖男監督、創価大学柔道部 石橋 清二監督、淑徳大学女子柔道部 野瀬 英豪監督、了徳寺大学柔道部 山田 利彦監督、東京有明医療大学柔道部 徳安 秀政監督、早稲田大学男子柔道部 吉村 拓郎監督、同女子柔道部 川田 一洋監督に心より御礼申し上げます。また、以上の選手と監督へのご紹介くださり、本研究の遂行に際しさまざまな場面で支えてくださいました、国士舘大学体育学部 森脇 保彦教授に心より感謝いたします。

本研究の遂行にあたり測定者としてご協力いただきました鈴木 晴香さん、MRI撮像をはじ

めとした測定ならびに本研究のデータ解析、論文執筆において快く相談にのってくださいました大嶋 里美博士に深く感謝いたします。

本研究遂行にあたり、測定ならびに研究をまとめるための度重なる議論に貴重な時間を割いてくださった川上諒子助手ならびに樋口研究室の皆さんに深く感謝いたします。

本研究課題は、早稲田大学グローバル COE プログラム「アクティヴ・ライフを創出するスポーツ科学」研究費（ Project No. III ）の研究助成を受けて行われたことを付記します。

<引用文献>

1. Wilmore JH, Haskell WL: **Body composition and endurance capacity of professional football players.** *J Appl Physiol* 1972, **33**(5):564-567.
2. Williford HN, Kirkpatrick J, Scharffolson M, Blessing DL, Wang NZ: **Physical and performance-characteristics of successful high-school football players.** *Am J Sports Med* 1994, **22**(6):859-862.
3. Snow TK, Millard-Stafford M, Roskopf LB: **Body composition profile of NFL football players.** *J Strength Cond Res* 1998, **12**(3):146-149.
4. Noel MB, VanHeest JL, Zaneteas P, Rodgers CD: **Body composition in division I football players.** *J Strength Cond Res* 2003, **17**(2):228-237.
5. Buell JL, Calland D, Hanks F, Johnston B, Pester B, Sweeney R, Thorne R: **Presence of metabolic syndrome in football linemen.** *J Athl Train* 2008, **43**(6):608-616.
6. Borchers JR, Clem KL, Habash DL, Nagaraja HN, Stokley LM, Best TM: **Metabolic syndrome and insulin resistance in Division 1 collegiate football players.** *Med Sci Sports Exerc* 2009, **41**(12):2105-2110.
7. Selden MA, Helzberg JH, Waeckerle JF, Browne JE, Brewer JH, Monaco ME, Tang F, O'Keefe JH: **Cardiometabolic abnormalities in current National Football League players.** *Am J Cardiol* 2009, **103**(7):969-971.
8. Miller MA, Croft LB, Belanger AR, Romero-Corral A, Somers VK, Roberts AJ, Goldman ME: **Prevalence of metabolic syndrome in retired National Football League players.** *Am J Cardiol* 2008, **101**(9):1281-1284.
9. Ross R, Aru J, Freeman J, Hudson R, Janssen I: **Abdominal adiposity and insulin resistance in obese men.** *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002, **282**(3):E657-663.
10. Bosch TA, Burruss TP, Weir NL, Fielding KA, Engel BE, Weston TD, Dengel DR:

- Abdominal body composition differences in NFL football players.** *J Strength Cond Res* 2014, **28**(12):3313-3319.
11. Berglund L, Sundgot-Borgen J, Berglund B: **Adipositas athletica: a group of neglected conditions associated with medical risks.** *Scand J Med Sci Sports* 2011, **21**(5):617-624.
 12. Guo JJ, Zhang X, Wang L, Guo Y, Xie MH: **Prevalence of metabolic syndrome and its components among chinese professional athletes of strength sports with different body weight categories.** *PLoS One* 2013, **8**(11):e79758.
 13. 葛谷健, 松田文子, 入江実, 林盈六, 星充: 力士における糖尿病発症の分析, とくに発症前のインスリン分泌との関係. *糖尿病* 1984, **27**(1):59-64.
 14. Kanehisa H, Kondo M, Ikegawa S, Fukunaga T: **Body composition and isokinetic strength of professional Sumo wrestlers.** *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998, **77**(4):352-359.
 15. 桑森真介, 近藤正勝, 塔尾武夫: 相撲競技者における身体への荷重装着が「出足」のパワーに及ぼす影響—脂肪増量をシミュレートして—. *武道学研究* 1998, **30**(3):1-9.
 16. 土屋正光, 大西祥平, 大谷俊郎, 齋藤明義, 若野紘一, 木下訓光, 三宅良彦, 山崎元, 吉田博之: 大相撲力士の膝筋力・体脂肪の現況. *日本臨床スポーツ医学会誌* 2003, **11**(3):469-476.
 17. Kinoshita N, Onishi S, Yamamoto S, Yamada K, Oguma Y, Katsukawa F, Yamazaki H: **Unusual left ventricular dilatation without functional or biochemical impairment in normotensive extremely overweight Japanese professional sumo wrestlers.** *Am J Cardiol* 2003, **91**(6):699-703.
 18. Steen SN, Mayer K, Brownell KD, Wadden TA: **Dietary-intake of female collegiate heavyweight rowers.** *Int J Sport Nutr* 1995, **5**(3):225-231.
 19. 村田浩子, 高田和子, 夏井裕明, 田口素子: 柔道女子重量級競技者における身体組成の特

- 徴とメタボリックシンドロームのリスク. *日本臨床スポーツ医学会誌* 2013, **21**(3):623-631.
20. 田中信雄, 辻田純三, 堀清記, 千賀康利, 大槻寅之助, 山崎武: **スポーツマンの体格および体型に関する研究 : 競技種目別による運動選手の体格の差異について.** *体力科学* 1977, **26**(3):114-123.
21. 高橋邦郎, 佐藤宣践, 小俣幸嗣, 中村良三, 尾形敬史: **柔道における超重量級選手の身体・体力特性.** *武道学研究* 1980, **12**(1):82-84.
22. 飯田穎男, 松浦義行, デービット松本, 小森富士登, 中島たけし, 武内政幸, 田中秀幸: **The relationship between basic physical fitness and body fat in +95kg category university judo athletes.** *武道学研究* 1997, **30**(1):22-30.
23. 佐藤武尊, 増地克之, 金野潤, 佐藤伸一郎, 衛藤友親, 春日井淳夫, 桑森真介: **学生柔道重量級選手における等速性体幹筋力と競技力の関係について.** *武道学研究* 2011, **44**(2):93-99.
24. Almansba R, Franchini E, Sterkowicz S, Imamura RT, Calmet M, Ahmaidi S: **A comparative study of speed expressed by the number of throws between heavier and lighter categories in judo.** *Sci Sports* 2008, **23**(3-4):186-188.
25. Okada T, Nakazato K, Iwai K, Tanabe M, Irie K, Nakajima H: **Body mass, nonspecific low back pain, and anatomical changes in the lumbar spine in judo athletes.** *J Orthop Sports Phys Ther* 2007, **37**(11):688-693.
26. Kim KS, Park KJ, Lee J, Kang BY: **Injuries in national Olympic level judo athletes: an epidemiological study.** *Br J Sports Med* 2015, **49**(17):1144-1150.
27. Franchini E, Nunes AV, Moraes JM, Del Vecchio FB: **Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team.** *Journal of Physiological Anthropology* 2007, **26**(2):59-67.

28. 渡邊恒夫, 森田綾子, 宇野由里子, 林恭子, 川瀬晴美, 加藤義弘, 松岡敏男, 伊藤弘康, 清島満: 小児における脂肪肝とプレメタボリックシンドロームの関連性について. *超音波検査技術* 2008, **33**(1):18-25.
29. Stachoń A, Pietraszewska J, Burdukiewicz A, Andrzejewska J: **The diversity of body composition, body proportions and strength abilities of female judokas in different weight categories.** *Archives of Budo* 2014, **10**(1):37-46.
30. Casals C, Huertas JR, Barranco-Ruiz Y, Franchini E, Carratalá-Deval V, Escobar-Molina R: **Cardiovascular risk in elite Spanish judo athletes.** *Archives of Budo* 2016, **12**(1):151-157.
31. Despres JP, Lemieux I, Bergeron J, Pibarot P, Mathieu P, Larose E, Rodes-Cabau J, Bertrand OF, Poirier P: **Abdominal obesity and the metabolic syndrome: Contribution to global cardiometabolic risk.** *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2008, **28**(6):1039-1049.
32. Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, Tarui S: **Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity.** *Metabolism* 1987, **36**(1):54-59.
33. Kurakake S, Umeda T, Nakaji S, Sugawara K, Saito K, Yamamoto Y: **Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists.** *Environ Health Prev Med* 1998, **3**(3):152-157.
34. Filaire E, Maso F, Degoutte F, Jouanel P, Lac G: **Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes.** *Int J Sports Med* 2001, **22**.
35. Umeda T, Nakaji S, Shimoyama T, Yamamoto Y, Totsuka M, Sugawara K: **Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists.** *J Sports Sci* 2004, **22**.
36. Degoutte F, Jouanel P, Begue RJ, Colombier M, Lac G, Pequignot JM, Filaire E: **Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo**

- athletes. *Int J Sports Med* 2006, **27**.
37. Artioli GG, Iglesias RT, Franchini E, Gualano B, Kashiwagura DB, Solis MY, Benatti FB, Fuchs M, Lancha Junior AH: **Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance.** *J Sports Sci* 2010, **28**(1):21-32.
38. Artioli GG, Gualano B, Franchini E, Scagliusi FB, Takesian M, Fuchs M, Lancha Jr AH: **Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors.** *Med Sci Sports Exerc* 2010, **42**(3):436-442.
39. Widerman PM, Hagan RD: **Body-weight loss in a wrestler preparing for competition - a case-report.** *Med Sci Sports Exerc* 1982, **14**(6):413-418.
40. 清水和弘, 相澤勝治, 鈴木なつ未, 久木留毅, 木村文律, 赤間高雄, 目崎登, 河野一郎: **唾液中 SIgA を用いた全日本トップレスリング選手の急速減量時のコンディション評価.** *日本臨床スポーツ医学会誌* 2007, **15**(3):441-447.
41. 久木留毅, 相澤勝治, 岡田藍, 徳山薫平, 河野一郎: **急速減量によるアスリートのエネルギー代謝変動.** *体力科学* 2007, **56**(4):429-436.
42. Garthe I, Raastad T, Refsnes PE, Koivisto A, Sundgot-Borgen J: **Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes.** *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2011, **21**(2):97-104.
43. Ozkan I, Ibrahim CH: **Dehydration, skeletal muscle damage and inflammation before the competitions among the elite wrestlers.** *J Phys Ther Sci* 2016, **28**(1):162-168.
44. Franchini E, Brito CJ, Fukuda DH, Artioli GG: **The physiology of judo-specific training modalities.** *J Strength Cond Res* 2014, **28**(5):1474-1481.
45. Ross R, Rissanen J, Pedwell H, Clifford J, Shragge P: **Influence of diet and exercise on skeletal muscle and visceral adipose tissue in men.** *J Appl Physiol* 1996, **81**(6):2445-2455.

46. Despres JP, Lemieux I: **Abdominal obesity and metabolic syndrome**. *Nature* 2006, **444**(7121):881-887.
47. Haslam DW, James WPT: **Obesity**. *Lancet* 2005, **366**(9492):1197-1209.
48. Vissers D, Hens W, Taeymans J, Baeyens JP, Poortmans J, Van Gaal L: **The Effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: A systematic review and meta-analysis**. *PLoS One* 2013, **8**(2).
49. 勝川史憲: 介入試験における内臓脂肪減少にともなう代謝指標の改善効果. *肥満研究* 2009, **15**(2):162-169.
50. Friedewald.WT, Levy.RI, Fredrickson.DS: **Estimation of concentration of Low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge**. *Clin Chem* 1972, **18**(6):499-502.
51. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC: **Homeostasis model assessment - insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma-glucose and insulin concentrations in man**. *Diabetologia* 1985, **28**(7):412-419.
52. Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, Miyachi M, Tabata I: **Predicting $\dot{V}O_{2max}$ with an objectively measured physical activity in Japanese men**. *Eur J Appl Physiol* 2010, **109**(3):465-472.
53. 文部科学省 日本: **新体力テスト実施要項**.
http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901htm (2016年8月18日アクセス可能) 1999.
54. Leger LA, Lambert J: **A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_{2max}** . *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1982, **49**(1):1-12.
55. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J: **The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness**. *J Sports Sci* 1988, **6**(2):93-101.

56. Jensen K, Johansen L, Secher NH: **Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of sample size.** *Eur J Appl Physiol* 2001, **84**(3):201-205.
57. Matsuzawa Y, Fujioka S, Tokunaga K, Tarui S: **Classification of obesity with respect to morbidity.** *Proc Soc Exp Biol Med* 1992, **200**(2):197-201.
58. Janiszewski PM, Ross R: **Effects of weight loss among metabolically healthy obese men and women.** *Diabetes Care* 2010, **33**(9):1957-1959.
59. Roberson LL, Aneni EC, Maziak W, Agatston A, Feldman T, Rouseff M, Tran T, Blaha MJ, Santos RD, Sposito A *et al*: **Beyond BMI: The "Metabolically healthy obese" phenotype & its association with clinical/subclinical cardiovascular disease and all-cause mortality - a systematic review.** *BMC Public Health* 2014, **14**:14.
60. Calori G, Lattuada G, Piemonti L, Garancini MP, Ragona F, Villa M, Mannino S, Crosignani P, Bosi E, Luzi L *et al*: **Prevalence, metabolic features, and prognosis of metabolically healthy obese Italian individuals the Cremona Study.** *Diabetes Care* 2011, **34**(1):210-215.
61. Gill JMR, Malkova D: **Physical activity, fitness and cardiovascular disease risk in adults: interactions with insulin resistance and obesity.** *Clin Sci* 2006, **110**(4):409-425.
62. Hong S, Lee J, Park J, Lee M, Kim JY, Kim KC, Kim SH, Im JA, Chu SH, Suh SH *et al*: **Association between cardiorespiratory fitness and the prevalence of metabolic syndrome among Korean adults: a cross sectional study.** *BMC Public Health* 2014, **14**:481.
63. Franchini E, Del Vecchio FB, Matsushige KA, Artioli GG: **Physiological profiles of elite judo athletes.** *Sports Med* 2011, **41**(2):147-166.
64. Borkowski L, Faff J, Starczewska-Czapowska J: **Evaluation of the aerobic and anaerobic fitness in judoists from the Polish national team.** *Biol Sport* 2001, **18**(2):107-

117.

65. Hikita M, Ohno I, Mori Y, Ichida K, Yokose T, Hosoya T: **Relationship between hyperuricemia and body fat distribution.** *Intern Med* 2007, **46**(17):1353-1358.
66. Choi HK, Atkinson K, Karlson EW, Willett W, Curhan G: **Purine-rich foods, dairy and protein intake, and the risk of gout in men.** *N Engl J Med* 2004, **350**(11):1093-1103.
67. Khanna D, Fitzgerald JD, Khanna PP, Bae S, Singh MK, Neogi T, Pillinger MH, Merrill J, Lee S, Prakash S: **2012 American College of Rheumatology guidelines for management of gout. Part 1: systematic nonpharmacologic and pharmacologic therapeutic approaches to hyperuricemia.** *Arthritis Care Res* 2012, **64**(10):1431-1446.
68. Gerber T, Borg ML, Hayes A, Stathis CG: **High-intensity intermittent cycling increases purine loss compared with workload-matched continuous moderate intensity cycling.** *Eur J Appl Physiol* 2014, **114**(7):1513-1520.
69. Kim JA, Wei YZ, Sowers JR: **Role of mitochondrial dysfunction in insulin resistance.** *Circ Res* 2008, **102**(4):401-414.
70. Scuteri A, Sanna S, Chen WM, Uda M, Albai G, Strait J: **Genome-wide association scan shows genetic variants in the FTO gene are associated with obesity-related traits.** *Plos Genet* 2007, **3**.
71. Murata H, Oshima S, Torii S, Taguchi M, Higuchi M: **Characteristics of body composition and cardiometabolic risk of Japanese male heavyweight Judo athletes.** *J Physiol Anthropol* 2016, **35**.
72. Shah RV, Murthy VL, Abbasi SA, Blankstein R, Kwong RY, Goldfine AB, Jerosch-Herold M, Lima JAC, Ding J, Allison MA: **Visceral adiposity and the risk of metabolic syndrome across body mass index: The MESA Study.** *JACC Cardiovasc Imaging* 2014, **7**(12):1221-1235.

73. Ng TW, Watts GF, Barrett PHR, Rye K-A, Chan DC: **Effect of weight loss on LDL and HDL kinetics in the metabolic syndrome associations with changes in plasma retinol-binding protein-4 and adiponectin levels.** *Diabetes Care* 2007, **30**(11):2945-2950.
74. Oranta O, Pahkala K, Ruottinen S, Niinikoski H, Lagstrom H, Viikari JSA, Jula A, Loo BM, Simell O, Ronnema T *et al*: **Infancy-onset dietary counseling of low-saturated-fat diet improves insulin sensitivity in healthy adolescents 15-20 years of age the special Turku Coronary Risk Factor Intervention Project (STRIP) study.** *Diabetes Care* 2013, **36**(10):2952-2959.
75. Alves RD, de Oliveira FC, Hermsdorff HH, Abete I, Zulet MA, Martinez JA, Bressan J: **Eating carbohydrate mostly at lunch and protein mostly at dinner within a covert hypocaloric diet influences morning glucose homeostasis in overweight/obese men.** *Eur J Nutr* 2014, **53**(1):49-60.
76. Lichtman SW, Pisarska K, Berman ER, Pestone M, Dowling H, Offenbacher E, Weisel H, Heshka S, Matthews DE, Heymsfield SB: **Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects.** *N Engl J Med* 1992, **327**(27):1893-1898.
77. Poppitt SD, Swann D, Black AE, Prentice AM: **Assessment of selective under-reporting of food intake by both obese and non-obese women in a metabolic facility.** *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998, **22**(4):303-311.
78. Leenen R, Van der Kooy K, Deurenberg P, Seidell J, Weststrate J, Schouten F, Hautvast J: **Visceral fat accumulation in obese subjects: relation to energy expenditure and response to weight loss.** *Am J Physiol Endocrinol Metab* 1992, **263**(5):E913-E919.
79. Redman LM, Heilbronn LK, Martin CK, Alfonso A, Smith SR, Ravussin E: **Effect of calorie restriction with or without exercise on body composition and fat distribution.** *J*

- Clin Endocrinol Metab* 2007, **92**(3):865-872.
80. 大藏倫博, 重松良祐, 中田由夫, 坂井智明, 李東俊, 田中喜代次: **減量補助食品を使用した低エネルギー食療法と有酸素性運動が内臓脂肪型肥満女性の体組成, 体脂肪分布, 体力に及ぼす影響**. *体育學研究* 2003, **48**(3):269-279.
81. Kim J, Cho HC, Jung HS, Yoon JD: **Influence of performance level on anaerobic power and body and body composition in elite male judoists**. *J Strength Cond Res* 2011, **25**(5):1346-1354.
82. Maffulli N: **Making weight: a case study of two elite wrestlers**. *Br J Sports Med* 1992, **26**(2):107-110.
83. Janssen I, Hudson R, Fortier A, Ross R: **Effects of an energy-restrictive diet with or without exercise on abdominal fat, intermuscular fat, and metabolic risk factors in obese women**. *Diabetes Care* 2002, **25**(3):431-438.
84. Tai ES, Lau TN, Ho SC, Fok ACK, Tan CE: **Body fat distribution and cardiovascular risk in normal weight women. Associations with insulin resistance, lipids and plasma leptin**. *Int J Obes* 2000, **24**(6):751-757.
85. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich-Horvat P, Liu CY, Vasani RS, Murabito JM, Meigs JB, Cupples LA *et al*: **Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments - Association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study**. *Circulation* 2007, **116**(1):39-48.
86. 松澤佑次, 池田康夫, 片山茂裕: **メタボリックシンドロームの定義と診断基準**. *日内会誌* 2005, **94**:794-809.
87. 菱田明, 佐々木敏: **日本人の食事摂取基準 (2015 年版) 活用に関する基本的事項 食事摂取状況のアセスメントの方法と留意点**. : 第一出版; 2014: 21-29.
88. Bandini LG, Schoeller DA, Cyr HN, Dietz WH: **Validity of reported energy intake in**

obese and nonobese adolescents. *Am J Clin Nutr* 1990, 52(3):421-425.

掲載論文

本博士論文は以下の論文を加筆・修正して校正したものである。

1. Murata H., Oshima S., Torii S., Taguchi M., Higuchi M. : Characteristics of body composition and cardiometabolic risk of Japanese male heavyweight Judo athletes. *J. Physiol. Anthropol.*, **35:10** (2016) (研究課題 1)
2. Murata H., Oshima S., Torii S., Taguchi M., Sakamoto S., Higuchi M. : The Change of body function induced by dietary intervention in Japanese heavyweight Judo athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (投稿準備中)