

妊娠中に競技復帰目的のトレーニングを行った選手の 体組成変化の記録

国立病院機構
西別府病院
(共同研究者) 同
同

松田 貴雄
清永 康平
宮崎 奈美

Documentation of Changes in Body Composition in Athletes Who Trained for Return to Competition During Pregnancy

by

Takao Matsuda, Kohei Kiyonaga,
Nami Miyazaki
*Institute of sport medicine,
Nishibeppu National Hospital, National Hospital Organization*

ABSTRACT

Objective: Although body weight is used for routine physical conditioning, it is desirable for athletes to be able to routinely measure total body water (TBW) content, which correlates with skeletal muscle mass. Body composition changes during pregnancy were documented in para-athletes who continued training during pregnancy in order to return to competition after childbirth.

Methods: Body composition was measured once a month during an outpatient visit and compared with the TBW calculated using a body water meter (BWM) developed to easily calculate TBW on the upper arm.

Results: TBW showed an increase until 20 weeks gestation, then decreased once, and increased in the third trimester. TBW on BWM was almost constant and showed similar changes to the changes in body water content in the upper arm.

Consideration: Because she continued to train throughout her pregnancy, her weight in the third trimester was considered to be almost constant, a pregnancy in which she was able to manage her weight properly. Weight gain in the first half of pregnancy showed an increase in intracellular water content, although an increase in fat mass was observed. A decrease in fat mass and an increase in TBW were observed in the third trimester. This was mainly an increase in extracellular body water content, which was thought to be an increase in amniotic fluid, and an increase in trunk water content.

キーワード

体水分量, 体組成, 生体インピーダンス法, 妊娠性変化, パラアスリート

Keyword

total body water, body composition, bioelectrical impedance analysis, fertility change, para-athlete

要 旨

目的：日常の体調管理に体重が用いられるが、アスリートの場合、骨格筋量と相関する体水分量が日常的に測定できることが望ましい。今回、産後の競技復帰を目指して妊娠中にトレーニングを継続したパラアスリートの妊娠中の体組成変化を記録した。

方法：前腕にて簡便に測定できるように開発した体水分量計を用いて体水分量を日常的に測定して、1か月に1回外来受診時に測定した体組成値と比較を行った。

結果：体水分量は妊娠20週まで増加を示し、その後、いったん低下して、妊娠28週から分娩前まで増加した。体水分量計での測定値は20週以降ほぼ一定の値を示し、上肢の体組成と同様の変化を示した。

考察：妊娠前半は体脂肪量と細胞内水分量の増加が見られた。妊娠後半はトレーニングを継続して行ったことで体重はほぼ一定であった。体脂肪量は減少し、細胞外水分量の増加が主で、羊水の増加を含むと考えられ、体幹の水分量の増加で

あった。

緒 言

女性の体調管理には基礎体温や血圧測定などがあるが、スポーツ選手では体重が簡便で安価にそして日常的に測定できる身体指標としてコンディショニング評価に欠かせないものとなっている。一般に成人では体重の増減は体脂肪量 (fat mass: FM) の増減と判断される。このため、体重を身長²で除した体格指数 (body mass index: BMI) は肥満の指標¹⁾とされ、様々な判断やそれによって区分がなされ、生活習慣病などでは疾患リスクが計算されている。

スポーツを行うと一般と異なる変化が見られる。トレーニングによってFMの減少が見られるが、骨格筋量の増加もあり、BMIでは両者が相殺して変化を把握しにくい。老齢の場合、四肢の骨格筋の萎縮を表すサルコペニア指数 (四肢の骨格筋量を身長²で除したもの: skeletal muscle index: SMI) が用いられるようになってきている²⁾。しかしながら現時点では医療機関での専用機器による測定が必要で、体重のように簡便で安価

にそして日常的に変化を把握できる指標ではない。

トレーニングの効果を判定する場合、体組成を分画してFMとそれ以外の除脂肪体重 (lean body mass: LBM) に分けて判断すべきと考えられる³⁾。体組成分画のうち、LBMに含まれる構成要素は体水分量 (total body water: TBW) と蛋白、ミネラルに分けられ、恒常性維持のため、比率はほぼ一定とされ、成人ではTBWは73.8%とされる⁴⁾。水分を含まないFMに対して、水分を含むLBMの変化はトレーニングによって増減した骨格筋量の変化を表すと考えられ、近年、TBWを測定するために微弱電流を用いた生体インピーダンス法 (BIA)⁵⁾ が利用されている。

本人が巨大児 (出生時体重約4200g) として生まれ、分娩時の肩甲難産による腕神経引き抜き損傷が原因で左上肢の麻痺による障害を有するパラアスリート (スキージョーロディック競技) に対して1か月に1回コンディション管理として体組成測定や血液検査などを行っていた。このアスリートが妊娠に至り、産後の競技復帰を目指して妊娠中もトレーニングを継続することとなり、妊娠中の体水分量変化を観察する機会を得た。

妊娠中は胎児や羊水を含む体幹の重量変化が推測されるが、妊娠経過を通じての体水分量変化、特に部位別に変化を観察された報告は一般妊婦においても無い。産後早期の競技復帰を見据え、妊娠中にトレーニングをおこなったアスリートでの報告もない。

今後の女性アスリートの妊娠中のトレーニング管理の指標とする目的に加え、一般妊婦の妊娠管理において体組成測定を導入する可能性について考察する。

1. 方法

身長は毎回自動身長測定器である肥満度計 BSM330E (Biospace 社製) にて測定し、付属する

体重計で測定を行った。体組成測定はボディコンポジションアナライザー InBody S10 (インボディジャパン社製) にて坐位にて行った。細胞内水分量、細胞外水分量、部位別水分量が測定される。BMIは体重 (kg) を、FMI (fat mass index) はFMを身長 (m) の2乗で除した。TBWからLBMが算出され、これを身長 (m) の2乗で除したものをLBMIとして計算した。SMIは四肢のLBMの合計を身長 (m) の2乗で除して計算した。

体水分量計の測定において、身長入力には前腕長を予測するために行い、cm単位の入力とした。体重入力は大まかな体型を把握する目的のもので、kg単位で入力し、原則2kg以下の変化は入力しないこととした。電極クリップの装着位置は非利き手の前腕、近位は上腕骨内側上顆から小頭にかけて、肘を屈曲した際に生じる最も深い、肘を横断する皺と、遠位は手首を屈曲させた際に橈骨及び尺骨茎状突起に間に生じる最も遠位の皺に電極の近位と遠位の端を合わせて装着することとした。測定結果は予測TBWが表示される。被測定者には周波数50kHzの電圧が印加され、手首と肘の間に高周波微弱電流が流れ、生体インピーダンスを算出して手首・肘間距離が身長に比例する⁶⁾ ことを利用してTBWを算出する。上肢の障害のない健側 (右前腕) を用いて自宅で測定を行った。測定時間や頻度は設定せず、機会測定で測定を行った。1日に複数測定がある場合は平均値を記録した。トレーニングによる1日の体水分量減少が体重の2%の約2kgを越えないように体重コントロールをしてもらった。

この研究は国立病院機構西別府病院倫理委員会にて承認された (令和4年度第4-6号)。

2. 結果

2. 1 体水分量計機器作製

図1にDELTA-LINK社にて作製した体水分量計を示す。生体電気評価用ボードは皮膚、体イ



A 機器:電極の位置と外観

B 内部基盤

図1 体水分量計概要

インピーダンス測定用AD5941, メインプロセッサはArduinoマイコン Seeeduino XIAOを用いて, パソコンとの通信に用いるUSBシリアル変換する通信ポートを備えた. TBW計算式は(身長²÷インピーダンス平均値×片腕定数×0.205366512568154 + 体重×0.435943254380304 +

$BMI \times (-0.744115005120324) + 13.3921556773984$ とした.

2. 2 妊娠中の体組成変化

今回の妊娠中の体格・体組成変化を図2と図3に示す. 妊娠前の体重は60.2kgで体脂肪率

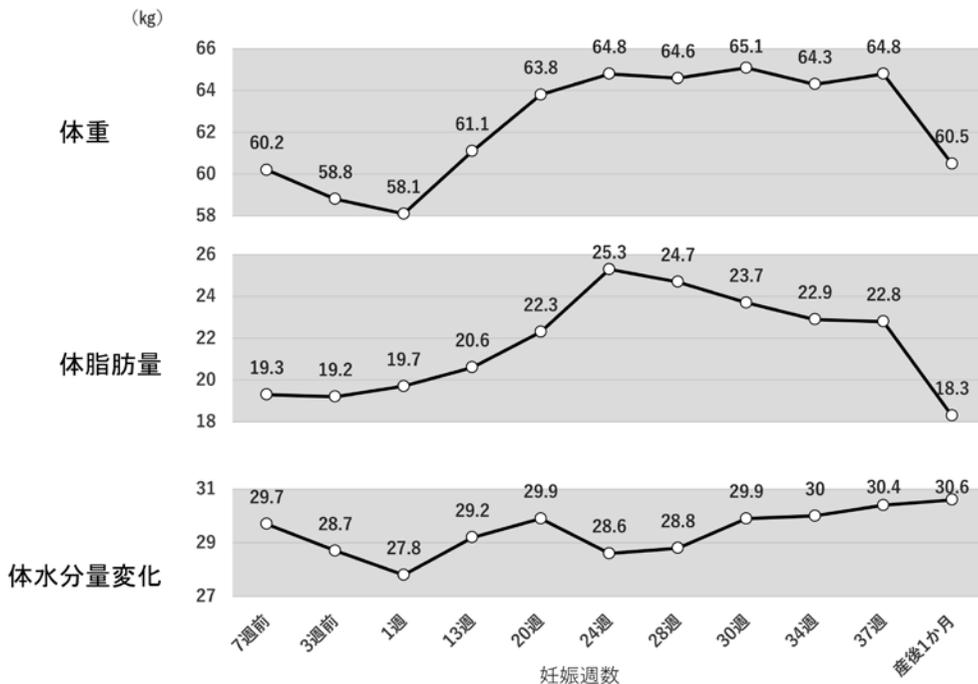


図2 体重・体脂肪量・体水分量変化

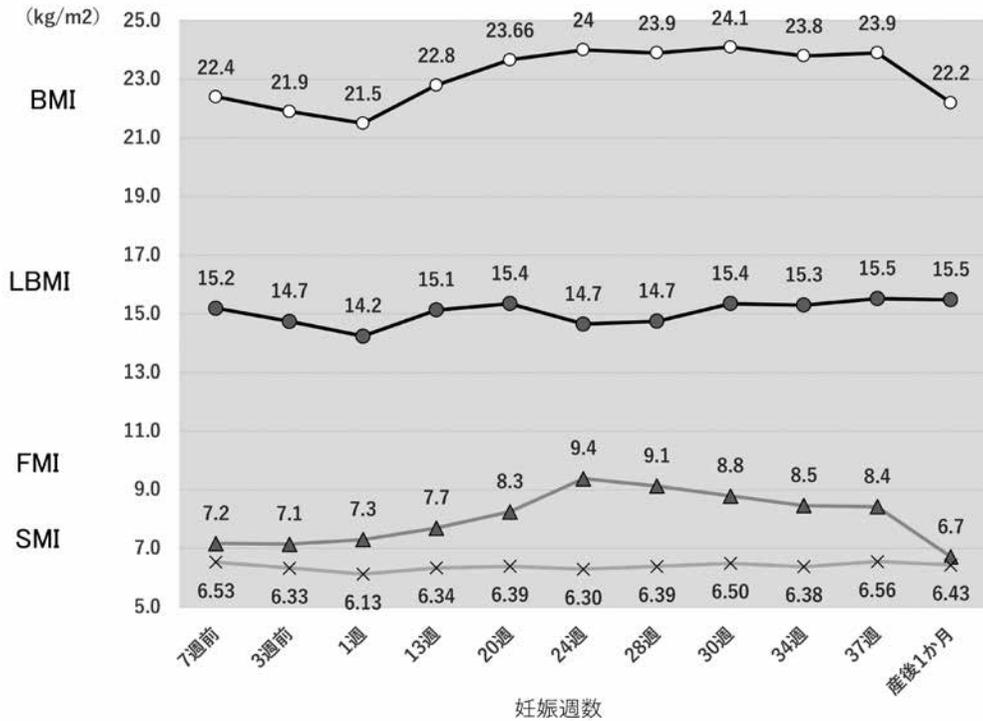


図3 体組成変化

32.1%，BMIは22.4kg/m²でほぼ適正体重で日本人の標準的な体型と考えられた。BMIを構成する成分のうち、FMを表すFMIは7.2kg/m²，FM以外のLBMIは16.2kg/m²で，四肢の骨格筋量を示すSMIは6.53kg/m²であった。

妊娠中の変化は，体重は妊娠24週まで徐々に増加したが，それ以降はほぼ安定で，分娩直前の37週では64.8kgで6.7kgの増加であった。FMは24週にかけて増加して5.6kgの増加であったが，それ以降は漸減していた。（図2）

BMIは24週まで増加し，FMIも24週まで増加を示したが，LBMIは20週まで増加したのち，24週ではいったん減少を示し，28週から再び増加をして，30週以降はほぼ安定していた。SMIは妊娠を通じて大きな変化は見られなかった。（図3）

図4に体水分の変化を示す。TBWは妊娠直前が27.8kgで妊娠20週に2.1kgの増加が見られた。

その後，いったん24週で28.6kgに減少したものの再度増加に転じ，分娩前の37週では1.8kg増加した。細胞内と細胞外水分量の変化はほぼ同様の変化を示し，妊娠20週では細胞内1.6kg，細胞外0.5kgの増加を示したが，24週から28週にかけて細胞内の増加が停滞したのに対して細胞外ではわずかであるが，増加を示し，そのまま37週まで増加傾向が見られた。

部位別変化を図5に示す。妊娠20週まで体幹水分量が1.5kg増加し，2.2kgの増加の大半を占めていた。右下肢はほぼ変化なく，右上肢も増加は0.28kgとわずかであった。体幹はTBWと同様，28週までいったん減少をして，その後分娩まで増加して分娩直前の37週で1.0kgの増加であった。

2. 3 体水分量計の測定値

妊娠前を基準にした右上肢の体水分量変化の割合と体水分量計を用いて右前腕の測定から計算

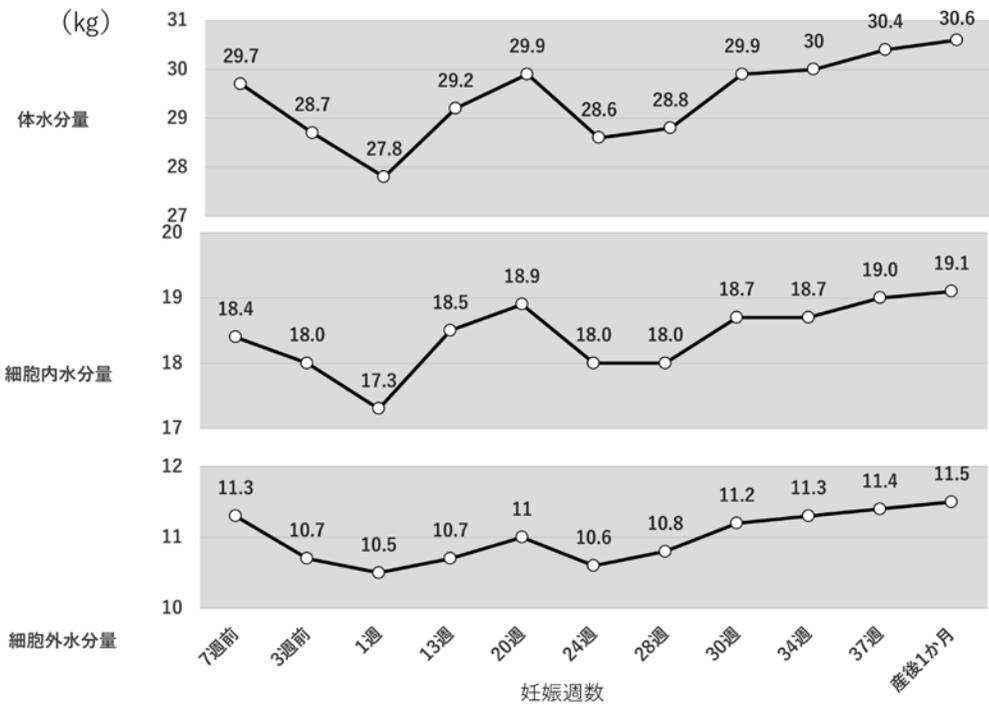


図4 体水分量変化

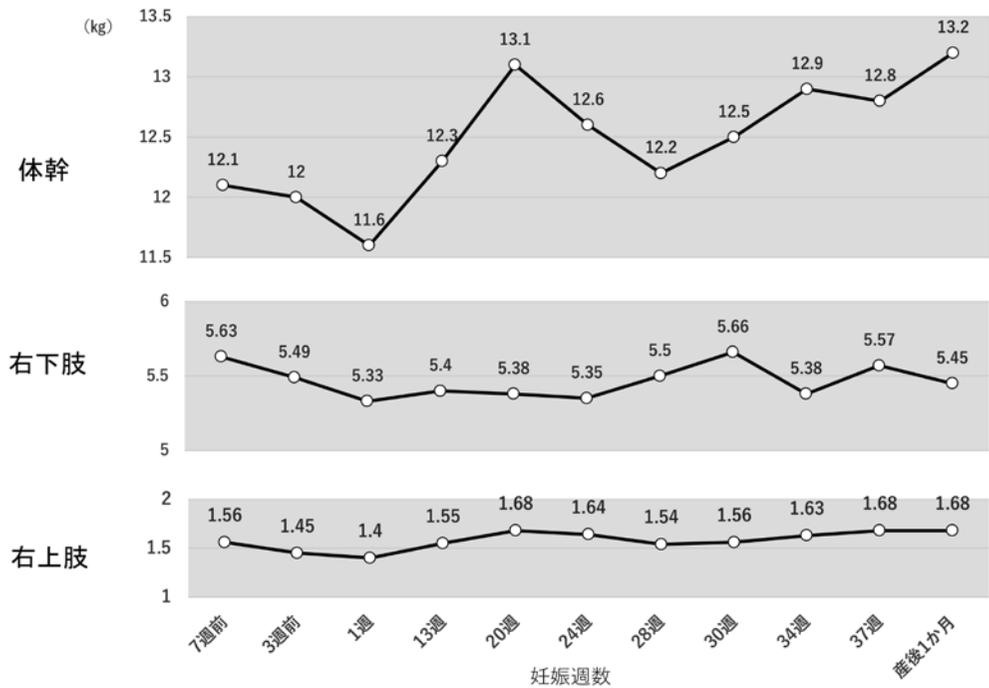


図5 部位別体水分量変化

されたTBW推定値の変化率の推移を図6に示す。
妊娠24週で体組成計では17.1%の増加でその後

10%程度の増減が観察されたが、体水分量計では
妊娠24週に15.5%増加となり、その後、変動幅5

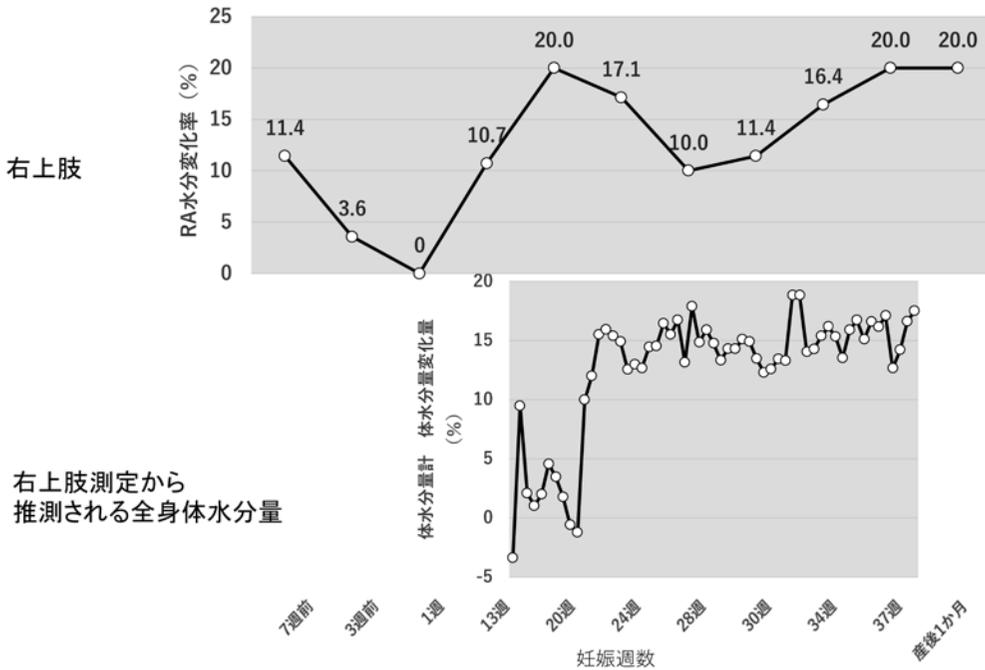


図6 体水分量変化率(%)

～6%で推移した。

3. 考察

3.1 体水分量測定機器に関して

体組成測定はMRIなどを用いて画像的に診断されるものでFMの測定に関しても放射線を用いた二重X線吸収 (DEXA) 法がゴールドスタンダードである³⁾。放射線機器であるため、日常的な測定が困難でコンディション管理に用いることは困難である。近年、微弱電流を用いて生体インピーダンス法 (BIA) を用いてTBWを測定する機器が用いられるようになってきている。精密測定は複数の電極を四肢に装着して多周波の電流を用いる機器⁵⁾が必要で医療機関やフィットネスクラブでの利用で個人の日常測定は困難であるが、体脂肪率が測定できる体重計にBIA法を用いたものがあり、日常のコンディション管理に用いられ始めている。しかしながら一般家庭用汎用機器もパ

ラアスリートや立位困難な寝たきりなどのケースで体重測定や足底間の通電が困難な場合には利用が制限される。このため今回、局所の体水分量の変化からTBWの変化を予測する機器を開発した。発汗などによる脱水は一般に細胞外液の変化としてとらえられる。細胞膜の抵抗を介さない低周波単一周波では主に細胞外液の変化をとらえる⁵⁾ことが可能で機器の低コスト化につながる。測定部位の選択についてはスポーツを行っている最中の測定を前提として衣服やシューズ、装具の着脱を最小限にできる部位として前腕を選択した。前腕は皮下脂肪の割合が少ないと考えられ、前腕骨の長さは身長に対して一定の割合が保たれ、人種や居住する緯度によってその割合が一定に近い。日本人における前腕長(手首から肘の長さ)の身長に対する割合は12～13%とおおむね20～23cmである⁶⁾ため、電極間の距離は8cm以上が望ましいとされる⁵⁾ことから部位として適切と考えられた。

3. 2 妊娠中の体組成変化に関して

今回の測定対象者の妊娠経過及びトレーニング状況は、妊娠初期では悪阻はなく、摂食状態の問題はなく、ほぼ妊娠前と変わらぬトレーニングを行っている。妊娠中期は海外での代表合宿には参加を見合わせたものの、妊娠した本人に合わせたプログラムが日本スキー連盟にて作成され、それに基づく国内合宿には参加した。妊娠後期は派遣トレーナーが帯同してトレーニングを行った。腹圧がかからない工夫はされていたが、負荷の高い筋力トレーニングが行われている。摂取エネルギー量に関しては妊娠経過を通じて特に制限を行っていない。

妊娠管理に関しては1980年代までに様々な評価がなされて適正な体重変化についての知見は多い。妊娠糖尿病⁷⁾や妊娠高血圧症⁸⁾に対して肥満が悪影響を及ぼすとして妊娠中の体重管理がなされている。体組成に関しては妊娠初期から循環血液量の増加に伴い、血液希釈によって血色素、ヘマトクリットや総蛋白などの低下が見られる⁹⁾とされ、細胞外水分量が増加することが推定されてきたが、実際に体水分量に関して測定はなされていない。

今回のデータでは体重は妊娠24週までの増加を示し、非妊時から6.7kg増であった。うち5.6kgは体脂肪量の増加によるものであった。TBWは20週まで上昇し、その増加は2.1kgであった。妊娠を通じて循環血液量が増加して血液の希釈などが起こるとされているため、体水分量の増加は細胞外水分量の増加によるものと考えられていたが、細胞外水分量の増加は0.4kgであった。細胞内水分量が1.6kgで、荷重が増加する妊娠後期に向けて体格の充実をはかるため、骨格筋などの増量が考えられたが、体幹の体水分量の増加が大半を占め、下肢の体水分量などの増量ではなかった。24週以降の細胞外水分量の増加は胎児と胎盤、羊水などの付属物の増加と考えられ、妊娠37週

では体水分量の増加は24週から1.8kgであった。

今回、FMは24週まで増加を示したが、24週以降、増加は見られず、減少が見られた。通常、一般妊婦では増加が見られると考えられるが、これはトレーニングの運動を行ったことによる効果と考えられる。摂取エネルギーのコントロールを行わなくとも運動による代謝の向上で、体脂肪の増加は防げることが示唆された。

3. 3 体水分量計の妥当性に関して

今回開発した体水分量計では前腕の変化で全身を推定するため、妊娠中に大きく変化する体幹の変化はとらえていない。右上肢の体水分量変化と体水分量計から推測されるTBWの変化は妊娠20週から値の増加、その後の変化量の増減があまりない点は一致していた。体水分量計の測定は日常の測定が可能である点を考慮すると有用であると考えられた。

4. 主張・まとめ

今回、産後競技復帰の早期化を目的に妊娠中にトレーニングを継続したパラアスリートの妊娠管理を行った。妊娠中の体組成変化に関して知見が得られ、これまで体重管理しか行えなかった妊娠管理に新たな視点として、体組成測定による体水分量変化が有効であることが分かった。また食事を制限することなく、妊娠後半の体脂肪量の増加が抑えられたことから、一般の妊婦に対してもこれまで体重管理において食事制限しかなかった管理に運動による介入を取り入れられる可能性が提示されたと考える。また妊娠中にトレーニングを行うアスリートの管理においても体組成測定の重要性が認識され、今後、妊婦貧血などの血液性状の変化との関連や切迫流早産などの関連に関しても検討を行っていく必要があると考えられた。

加えて、体水分量を日常的に測定可能な測定器を開発し、小型化し、携行性を向上させ、スポー

ツ現場など様々な場面で測定可能な機器とした。シューズや装具の着脱や着衣にほぼ影響されず、運動中でも簡易に測定できる、前腕での測定とした点が特徴で、今後、熱中症における体水分量の変化の把握などにも利用可能と推測される。これまで体組成測定機器は電極を増やして、多点間の測定を行うこと、また多周波を用いた測定を行うことでより正確な絶対値を表示するために高額となり、日常的な測定の用途に耐える価格のもではなかった。これまで体水分量測定が普及に至らない最大の原因はより正確な体脂肪率の算出のために各社で独自に統計補正がなされたことである。このため、計量検定を始めとした統一規格がないことで、体組成測定の普及を阻んでいたと考えられる。絶対値の算出には測定条件などの一定化が必要であったが、スポーツにおけるコンディショニングの用途においては前日との比較や気温などの測定条件の違いによる変化量を把握できることが重要となる。スポーツ現場では反復して測定することで変化率を見ていく用途には特に問題がないため、今後、より頻回の測定で変化を把握できる機器の提供で体水分量測定のさらなる普及が望まれる。

謝 辞

本研究に対して助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝致します。また体水分量測定機器の構想着手から開発にあたり、旧シエルエレクトロニクス社森竹隆広氏、石井秀樹氏、橋本孝貴氏、機器改変にあたってDELTA-LINK社桑野修氏に多大な協力をいただき、感謝をいたします。

文 献

- 1) 新井俊彦. 肥満度, BMI および体脂肪率の各種疾患との相関による危険因子としての評価. 健康医学, 14(2) :168-173(1999)
- 2) 葛谷雅文. 9. 高齢者医療におけるサルコペニア・フレイルの重要性. 日本内科学会雑誌, 106(3) :557-561(2017)
- 3) 小宮秀一, 満園良一, 宇部一. Human Body Composition. 体力科学, 44(2) :211-223(1995)
- 4) 堤理恵, 大藤純, 福永佳容子, 他. 重症患者における体組成評価の有用性とその限界. 日本静脈経腸栄養学会雑誌, 31:803-806(2016)
- 5) Kyle UG., Bosaeus I., De Lorenzo AD., et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice., *Clinical nutrition*, 23(6) :1430-1453(2004)
- 6) 久保晃, 啓利英樹. 前腕長と下腿長を用いた高齢者の身長推定. 理学療法科学, 22(1) : 115-118(2007)
- 7) Wang C., Wei Y., Zhang X., et al. A randomized clinical trial of exercise during pregnancy to prevent gestational diabetes mellitus and improve pregnancy outcome in overweight and obese pregnant women., *American journal of obstetrics and gynecology*, 216(4) :340-351(2017)
- 8) Barakat R., Pelaez M., Cordero Y., et al. Exercise during pregnancy protects against hypertension and macrosomia: randomized clinical trial., *American journal of obstetrics and gynecology*, 214(5) :649.e1-8(2016)
- 9) 黒川浩美, 黒川通典, 伊藤美紀子. 妊婦の鉄摂取量と血中ヘモグロビン濃度における児の出生体重に及ぼす影響. 微量栄養素研究, 37:12-18(2020)

参考資料

特開 2021-029967「最終到達身長算出装置及び筋肉・内臓評価装置」<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/c1800/PU/JP-2021-029967/0B3C410C0F9F6A233DFAD306C5273C0A70CA787D7E3A3BDF08C75643F9CC1F86/11/ja>