

高齢被験者の仙骨部接触圧と組織血流量に及ぼす褥瘡予防寝具の効果と身体的特徴との関係

木村 裕和*¹・山本 貴則*¹・秋山 庸子*²・西嶋 茂宏*²

EFFECT OF BEDSORE PREVENTION MATTRESSES ON CONTACT PRESSURE AND TISSUE BLOOD FLOW IN THE SACRAL SKIN OF ELDERLY ADULTS AND ITS CONNECTION WITH PHYSICAL CHARACTERISTICS

Hirokazu KIMURA, Takanori YAMAMOTO, Yoko AKIYAMA, Shigehiro NISHIJIMA

Abstract

To examine the effect of bedsore prevention mattresses on contact pressure and tissue blood flow in the sacral skin of elderly adults and its connection with physical characteristics, experiments were carried out using two types of bedsore prevention mattresses and a general-purpose bed mattress. Subjects were eight female and seven male elderly adults. Contact pressure decreased remarkably and tissue blood flow increased with the use of bedsore prevention mattresses, but not with the general-purpose mattress in subjects with a low fat ratio. Thus, use of bedsore prevention mattresses is an effective measure for preventing pressure ulcers in thin elderly individuals.

キーワード: 褥瘡予防寝具, 仙骨部接触圧, 組織血流量, 高齢被験者, 身体的特徴

Key words: *Bedsore prevention mattress, Contact pressure, Tissue blood flow, Elderly adults, Physical characteristics*

1. 緒 言

わが国の高齢化は世界一のスピードで進行している。2010年の国勢調査によれば、日本の高齢化率は23.1%であり、すでにわが国は超高齢社会に突入している¹⁾。国立社会保障人口問題研究所の将来推計では、2055年には生産労働人口約4000万人に対し、65歳以上の老年人口が約3650万人に達し、14歳以下の年少人口は約750万人にまで減少すると試算されている¹⁾。高齢化の進行にともない、寝たきりやそれに近い状態の要介護者も増加するものと考えられており、今から13年後の2025年にはそのような状態の高齢者数は230万に及ぶと推定されている²⁾。

寝たきりやそれに近い状態の高齢者に頻発する褥瘡も深刻な問題として、1990年台から話題になっている。1999年には褥瘡に特化した日本褥瘡学会が設立され、医学・看護学などの面から様々な検討がなされている。2002年には厚生労働省が医療機関等に対し褥瘡対策未

実施減算制度を導入するなど、行政面からの対策も図られている。

褥瘡は、医学的には人体局所の持続的圧迫による虚血性の皮膚壊死と定義されている³⁾。また、褥瘡は人体のごく限られた部位で発症するという特徴がある。好発部位は、仙骨部、大転子部、踵骨、坐骨結節部、肩甲骨、頭部である^{4,5)}。これらの部位は、いずれも皮下脂肪などの軟部組織が少なく骨形状が比較的突起しているなどの共通点がみられる。特に、寝たきりやそれに近い状態の高齢褥瘡罹患者には仙骨部褥瘡が圧倒的に多い。医療現場からの報告例では、褥瘡発症数の50%から80%が仙骨部に集中しており、仙骨部が褥瘡の最好発部位といえる⁶⁻⁹⁾。

したがって、寝たきりやそれに近い状態の高齢者に多くみられる仙骨部褥瘡発症予防の観点からは、仙骨部に寝具から加わる集中的な応力（以下、仙骨部接触圧という）と仙骨部の皮下微小循環（以下、組織血流量という）との関係性を明確にした上で、圧迫力の低減化や持続的圧迫の断絶により組織血流量の確保を図ることが極めて重要となる。さらに、褥瘡の発症要因には罹患者の体形、体力、栄養状態、清潔さ、浮腫なども指摘されており、体形的には「るいそう」などの

*¹大阪府立産業技術総合研究所
Technology Research Institute of Osaka Prefecture

*²大阪大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Osaka University

瘦せ型に罹患者が多いこともよく知られた事実である¹⁰⁾。もちろん、これまでも圧力分散や減圧効果を謳った多くの褥瘡予防寝具や関連製品が研究開発されている。例えば、オーストラリアにおいてはシープスキンが褥瘡予防寝具として有効であるとされており、医療用品認定規格も整備されている¹¹⁾。しかし、寝具類から人体仙骨部に加わる接触圧と組織血流量を同時に直接計測した例や褥瘡発症と罹患者の身体的特徴との関連性に関する研究例は必ずしも豊富ではない^{12,13)}。

そこで、今回、褥瘡の最好発部位である仙骨部に注目し、15名の高齢被験者により褥瘡予防寝具に静止仰臥したときの仙骨部接触圧と組織血流量を同時に計測するとともに被験者の身体的特徴との関係について考察を加えた。

2. 倫理的配慮

被験者実験は、大阪府立産業技術総合研究所の「人を対象とする研究に関する倫理ガイドライン」に基づき届け出を行い、承認を得て実施した。なお、各被験

者には実験の内容に関する十分なインフォームドコンセントを行い、合意を得た上で実験に協力いただいた。

3. 実験方法

試料として3種類の寝具を用いた。試料の外観を図1に示した。褥瘡予防寝具には、図1aに示した静止型褥瘡予防ウレタンマットレス（以下、ウレタンマットレスという）を選定した。また、図1bに示すようにウレタンマットレスにシープスキンを重ね敷いたもの（以下、オーバーレイという）についても実験を行った。さらに、褥瘡予防寝具との比較試料として、一般的なマットレスを用いた。一般的なマットレスには、被験者実験に寝台として利用した市販の介護用ギャッチベッドに附属されたマットレス（パラマウントベッド社製プレグラーマットレス KE-553、以下、汎用マットレスという）を選定した（図1c）。

仙骨部接触圧および組織血流量の測定には、図2aに示したレーザードップラー接触圧・血流センサー（エイ・エム・アイテクノ社製 A0010T）を用いた。

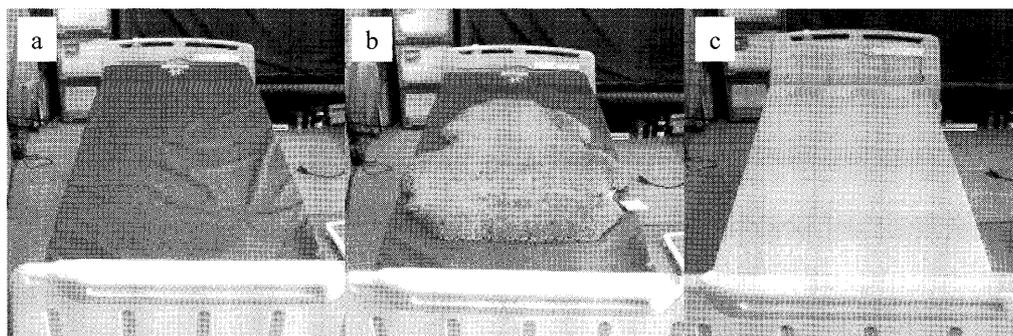
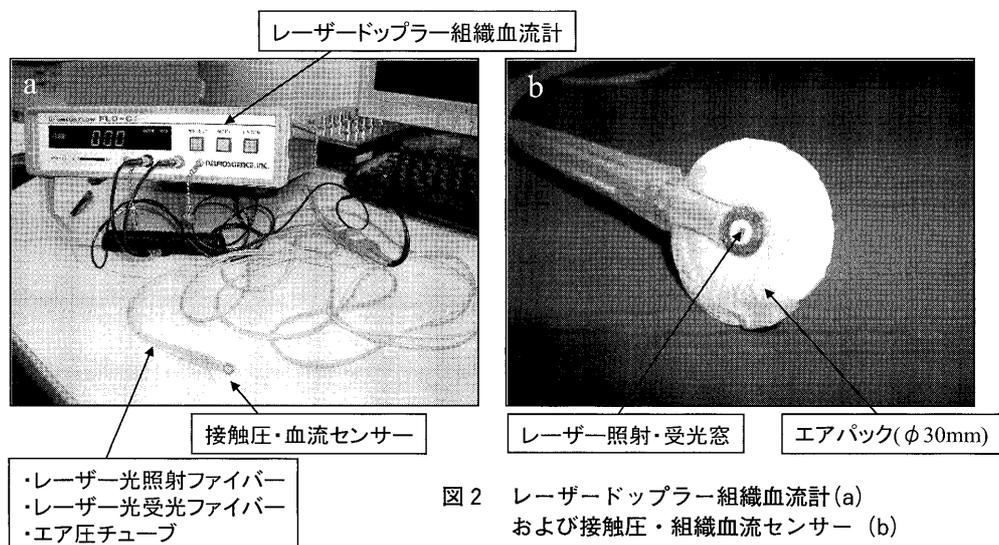


図1 試料の外観

a: ウレタンマットレス、b: オーバーレイ、c: 汎用マットレス



木村 裕和 他：高齢被験者の仙骨部接触圧と組織血流量に及ぼす褥瘡予防寝具の効果と身体的特徴との関係

このセンサーは、図2bに示すようにレーザー照射受光窓を中心に備えた直径30mmのエアパックであり、接触圧センサー端子は接触圧検出器（エイ・エム・アイテクノ社製 AMI3037-10）に接続し、組織血流センサー端子はレーザードップラー組織血流計（オメガウェア社製 OMEGA FLOW FLO-C1）に接続した。これを被験者の仙骨部に貼付し、仙骨部接触圧をエアパックの内圧変化により測定しつつ組織血流量をレーザードップラー組織血流計によって非襲侵で同時に測定した。なお、使用したレーザー光は波長780nmの赤色光である。レーザー光の幅は1mmで、皮下約0.5mmの深度まで到達する¹⁴⁾。レーザードップラー組織血流計は、照射されたレーザー光が皮下微小循環を運動する赤血球に衝突する際には周波数がシフトするが、静止状態の赤血球に衝突しても周波数変化は生じない性質を利用したものである^{14,15)}。この性質によって、受光器に戻ってくる周波数のシフトしたレーザー光の割合は赤血球数に比例し、シフトの大きさは血流速度に比例することになるので、赤血球数と血流速度の積から組織血流量を求めることができる。レーザードップラー組織血流測定法は、その安全性や簡便性から広く利用されている¹⁴⁻¹⁷⁾。

被験者は高齢者15名とした。男性被験者8名、女性被験者7名であり、年齢は60歳から64歳が1名、65歳から69歳が8名、70歳代3名、80歳代3名で、平均年齢は71.4歳であった。実験は、介護施設で使用されている外側が平織で内側がニット生地綿100%のパジャマを被験者に着用させ、試料上に仰臥姿勢で静止状態を維持させて行った。掛け布団には介護施設で利用されているポリエステル中綿のものを用いた。なお、医療機関や介護施設における状況を考え、下着については一般的なものの着用を認めたが、被験者の仙骨部にレーザードップラー接触圧・血流センサーを貼付する前に試料の上で一度仰臥姿勢をとらせ、入床状態を確認した後、上半身を起こした状態（座位姿勢）でレーザードップラー接触圧・血流センサーを被験者の仙骨部に貼付した。その後、直ちにパジャマ上着の背中側裾を軽く引っ張り、フラットな状態にし、そのままパジャマ生地に皺などを発生させないように留意しつつ再び試料上で仰臥静止状態をとらせて測定を開始した。

測定時間は60分間とし、測定間隔は1秒間に1回とした。ただし、被験者の体動および姿勢の落ち着きを考慮して、計測開始から15分間のデータならびに試験後期には多くの被験者において体動が観察されたことから計測終了前15分間のデータを除く、中央の30分間の測定値をデータとして採取した。測定は、温湿度 $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $50 \pm 5\% \text{RH}$ に調整した実験室内で実施した。なお、各被験者から3種類の試料使用時のデータを採取したが、生活時間帯による身体状態の影響を低減化する目的から、測定は異なる日の同一時間帯に行った。すなわち、一人の被験者に対して計3日を要して実験を行った。

なお、実験開始前に各被験者の身体的特徴として、身長を測定した後、オムロン社製 HBF-362を用いて、体重、Body Mass Index (BMI)、体脂肪率および皮下脂肪率を計測した。体脂肪率および皮下脂肪率の測定には非襲侵測定法である生体インピーダンス法 (BI法)^{18,19)}を採用し、直立静止状態の被験者の両手と両足間に50kHz、500 μA の直流電流を流し、計測した¹⁹⁾。被験者の身体的特徴は、性別ごとに平均値と標準偏差を求め、性別間の有意差はt分布を利用した有意差検定により調べた。

また、各試料から得られた被験者の仙骨部接触圧の平均値（以下、平均接触圧という）および標準偏差ならびに組織血流量の平均値（以下、平均組織血流量という）および標準偏差を性別ごとに求め、平均接触圧および平均組織血流量については多重比較による有意差検定を行った。なお、有意差検定にはクラスカル・ウォリス (Kruskal-Wallis) 検定を用いた。

4. 結果

4.1 高齢被験者の身体的特徴

表1に男性被験者、女性被験者ごとに求めた身体的特徴の平均値および標準偏差ならびに性別間の有意差を示した。身長、体脂肪率および皮下脂肪率で性別による有意差があり、身長は男性の方が女性より有意に高く、体脂肪率ならびに皮下脂肪率は女性の方が男性より有意に高いことがわかる。

表1 高齢被験者の身体的特徴

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kgf)	BMI	体脂肪率 (%)	皮下脂肪率 (%)
男性	74.0 \pm 6.6	161.9 \pm 8.6	56.4 \pm 12.3	21.5 \pm 4.1	25.0 \pm 5.2	16.8 \pm 3.8
女性	68.4 \pm 5.2	153.1 \pm 4.5	56.7 \pm 12.1	24.2 \pm 5.2	34.9 \pm 3.9	29.3 \pm 5.5
有意差	-	*	-	-	**	**

平均値 \pm 標準偏差、有意差は-: $p \geq 0.05$ 、*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$

4.2 汎用マットレスと褥瘡予防寝具から得られた仙骨部接触圧と組織血流量

図3には男性被験者および女性被験者から得られた平均接触圧を有意差検定の結果とともに示した。また、各試料の標準偏差 ($\pm \sigma$) をエラーバーで示した。男性被験者、女性被験者ともに平均接触圧は、汎用マットレスで高く、ウレタンマットレスとオーバーレイでは、ほぼ同じレベルである。また、男性被験者の汎用マットレスの平均接触圧と男性被験者のウレタンマットレスの平均接触圧との間 ($p < 0.01$)、男性被験者の汎用マットレスの平均接触圧と女性被験者のウレタンマットレスの平均接触圧との間 ($p < 0.05$) および男性被験者の汎用マットレスの平均接触圧と男性被験者のオーバーレイにおける平均接触圧との間 ($p < 0.05$) に、それぞれ有意差が認められた。標準偏差は汎用マットレスの場合、男性被験者で30.8、女性被験者で25.3であったが、ウレタンマットレスではそれぞれ4.9、6.5、オーバーレイで6.6および7.6であった。したがって、汎用マットレスを使用した場合には、仙骨部接触圧には被験者間差が顕著に現れ、褥瘡予防寝具においては、被験者間差は小さくなることがわかる。

図4には男性被験者および女性被験者から得られた平均組織血流量と標準偏差を示した。男性被験者、女性被験者ともに平均組織血流量は、汎用マットレス、ウレタンマットレス、オーバーレイの順に多くなる傾向がみられるが、検定の結果からは有意に増加しているとはいえなかった。また、女性被験者の方が男性被験者よりも多い傾向にある。標準偏差は、汎用マットレスでは男性被験者が1.0、女性被験者が0.7であった。ウレタンマットレスではそれぞれ0.8および1.8であり、オーバーレイでは1.3および3.0であった。エラーバーで示したように組織血流量は仙骨部接触圧とは逆の傾向がみられ、褥瘡予防寝具において組織血流量データのバラツキが大きく、被験者間の相違が認められた。

4.3 高齢被験者の体重、体脂肪率および皮下脂肪率と仙骨部接触圧ならびに組織血流量の関係

図5-1および図5-2には、男性被験者および女性被験者から得られた体重と仙骨部接触圧の関係を示した。●で示したデータが汎用マットレス使用時、○がウレタンマットレス使用時、△がオーバーレイにおけるデータである。また、最小二乗法による近似を行い、最小二乗回帰直線（以下、回帰直線という）を試料別に記入した。回帰直線は汎用マットレスに対しては実線、ウレタンマットレスに対しては破線、オーバーレイに対しては一点破線で示した。図5-1および図5-2に示した汎用マットレス使用時のデータをみれば、体重の重い被験者から高い仙骨部接触圧が検出されるといった

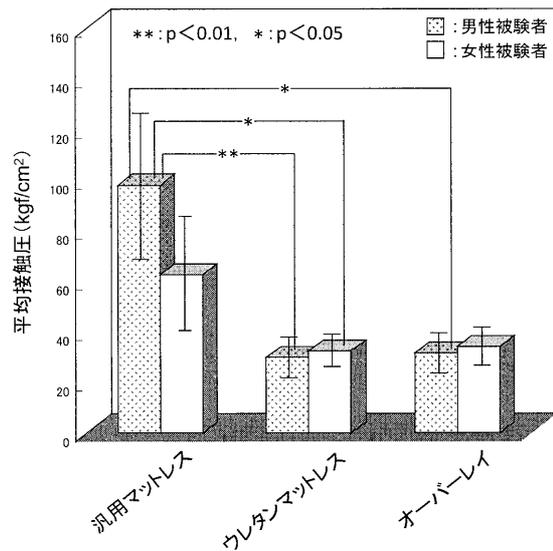


図3 各試料から得られた性別平均接触圧と標準偏差

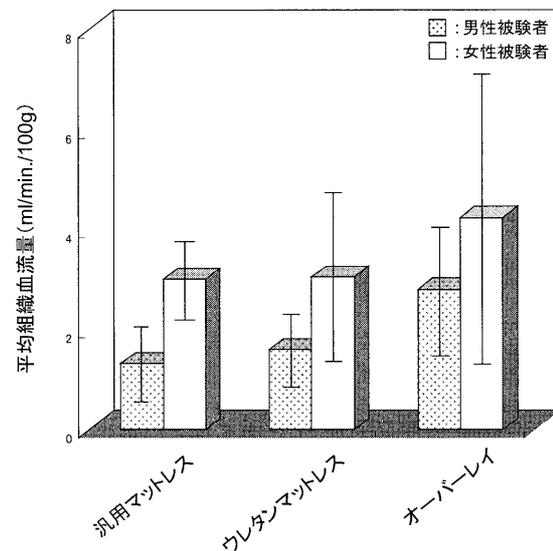


図4 各試料から得られた性別平均組織血流量と標準偏差

単純な関係は認められない。むしろ体重の軽い被験者において高い仙骨部接触圧が認められ、回帰直線の傾きは男性被験者、女性被験者ともに負である。図5-1の男性被験者全員の仙骨部接触圧は、汎用マットレス使用時と比較すれば、ウレタンマットレス使用時およびオーバーレイにおいて低い。ウレタンマットレス使用時およびオーバーレイにおける仙骨部接触圧は19.8 gf/cm²から40.9gf/cm²の範囲に集中しており、回帰直線の傾きは小さく、体重との関連性は認められない。図5-2に示した女性被験者では、男性被験者ほど明確ではないが、7名中6名で仙骨部接触圧の低下が認められた。ウレタンマットレス使用時およびオーバーレイにおける仙骨部接触圧の範囲は23.2gf/cm²から43.2 gf/cm²の ± 10 gf/cm²に集中しており、女性被験者の場

木村 裕和 他：高齢被験者の仙骨部接触圧と組織血流量に及ぼす褥瘡予防寝具の効果と身体的特徴との関係

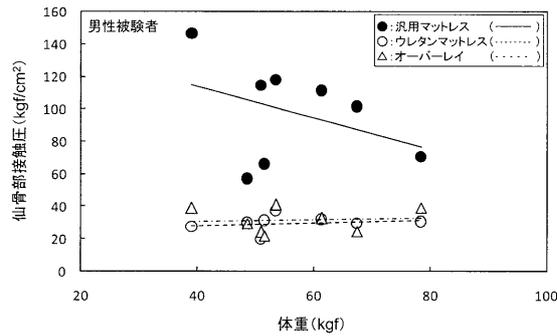


図5-1 男性被験者の体重と仙骨部接触圧の関係

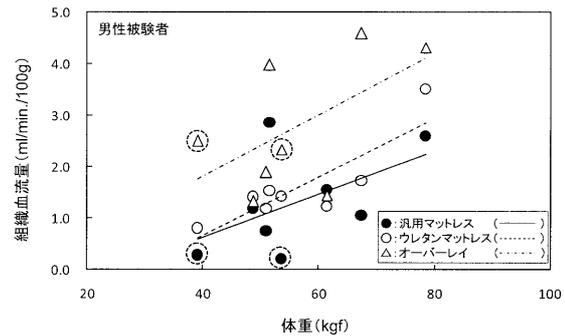


図6-1 男性被験者の体重と組織血流量の関係

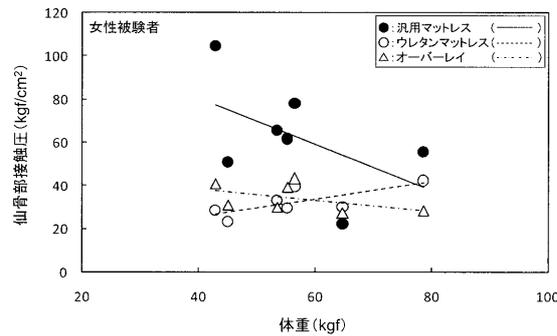


図5-2 女性被験者の体重と仙骨部接触圧の関係

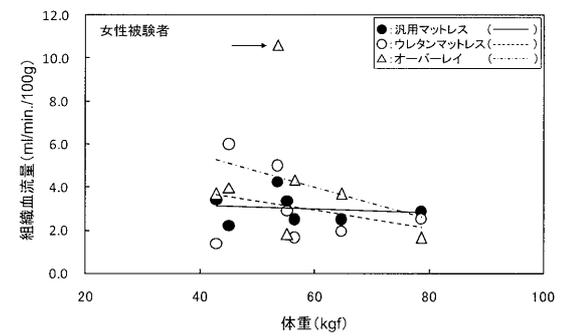


図6-2 女性被験者の体重と組織血流量の関係

合についても回帰直線の傾きは小さい。

図6-1および図6-2には、男性被験者および女性被験者から得られた体重と組織血流量の関係を示した。図中に示した記号などは図5と同じである。図6-1に示した男性被験者の場合、組織血流量は、汎用マットレス使用時では0.2ml/min./100gから2.9ml/min./100gの範囲にあり、ウレタンマットレスでは0.8ml/min./100gから3.5ml/min./100gの範囲、オーバーレイの場合は1.3ml/min./100gから4.6ml/min./100gの範囲に分布していた。体重に対する組織血流量の回帰直線の傾きは、すべての試料で正である。なお、ウレタンマットレス使用時の体重と組織血流量の相関係数 (r) は0.855であり、有意な相関性が認められた ($r_{0.05} \approx 0.707$)。また、回帰直線の位置は、オーバーレイ、ウレタンマットレス、汎用マットレスの順に高くなっており、この順に全体的に組織血流量が多くなっていることがわかる。特に、破線の円で囲んだ汎用マットレス使用時には組織血流量が0.2ml/min./100gおよび0.3ml/min./100gと極めて少ない2名の被験者にとっては、オーバーレイによってそれぞれ2.3ml/min./100gおよび2.5ml/min./100gになっており、組織血流量の顕著な増加が確認された。一方、図6-2に示した女性被験者の組織血流量は、全体的に男性被験者より多い。また、組織血流量は、汎用マットレス使用時では2.2ml/min./100gから4.2ml/min./100g、ウレタンマットレスでは1.3ml/min./100

gから6.0ml/min./100g、オーバーレイの場合は1.6ml/min./100gから10.6ml/min./100gの範囲に分布している。ただし、矢印で示した1名の被験者においてオーバーレイにおいて組織血流量の極端な増加が認められ、このデータを除けば、すべての試料で1.3ml/min./100gから5.0ml/min./100gの範囲にあることがわかる。しかし、全体的にはデータのバラツキが大きく、組織血流量と体重との関係性は認められない。

図7-1および図7-2には、男性被験者および女性被験者から得られた体脂肪率と仙骨部接触圧の関係を示した。図中に示した記号などは図5と同じである。図7-1に示した男性被験者の結果をみると汎用マットレス使用時には、体脂肪率と仙骨部接触圧間の相関係数は-0.687であり、有意とはいえないものの体脂肪率が高いほど仙骨部接触圧は低くなる傾向がみられる。一方、ウレタンマットレス使用時およびオーバーレイでの仙骨部接触圧は先述したように19.8g/cm²から40.9g/cm²の範囲にあり、男性被験者全員において汎用マットレス使用時より仙骨部接触圧が低下していることがわかる。体脂肪率を基準にとれば、体脂肪率の高低にともなう褥瘡予防寝具の減圧効果が明瞭に現れる。特に、体脂肪率が25%未満の被験者において仙骨部接触圧の低減効果が顕著である。図7-2に示した女性被験者から得られた結果をみると体重の場合と同様に7名中6名で汎用マットレス使用時に比べ、ウレ

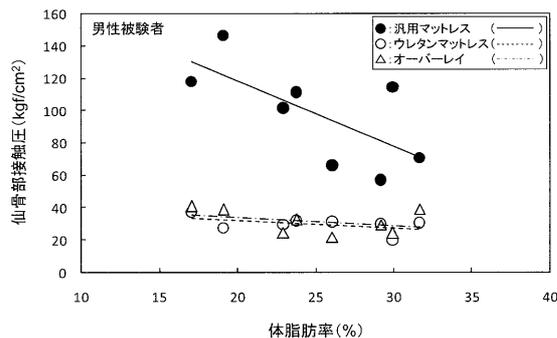


図7-1 男性被験者の体脂肪率と仙骨部接触圧の関係

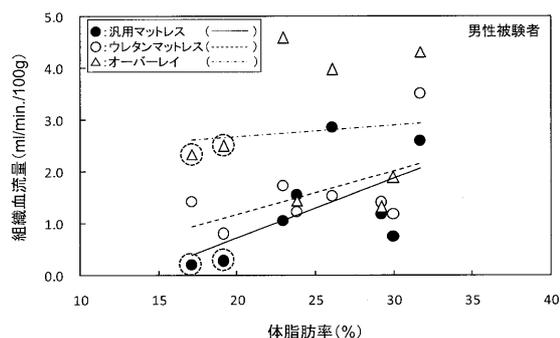


図8-1 男性被験者の体脂肪率と組織血流量の関係

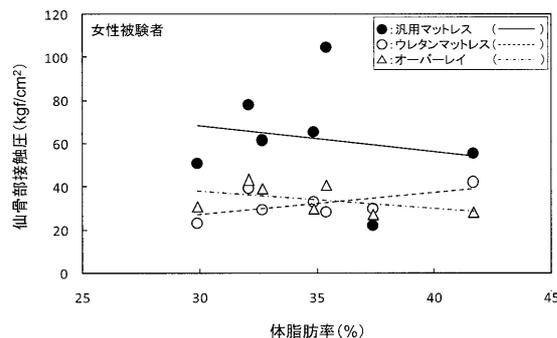


図7-2 女性被験者の体脂肪率と仙骨部接触圧の関係

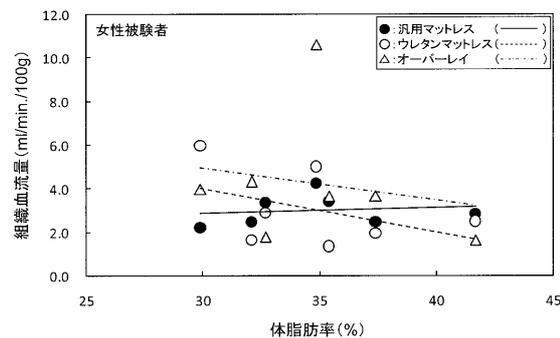


図8-2 女性被験者の体脂肪率と組織血流量の関係

タンマットレスおよびオーバーレイにおいて仙骨部接触圧が低下している。また、図7-1および図7-2と図5-1および図5-2を比較すれば、体重は性別にかかわらず40kgf弱から80kgf弱の同程度の範囲にあるが、体脂肪率の範囲は男性被験者では17.1%から31.7%、女性被験者では29.9%から41.7%であり、性別による相違がみられる。このことから女性被験者の体脂肪率が有意に高い ($p < 0.01$) ことが理解できる。また、図7-2と図5-2を比較すれば、体重60kgf未満の女性被験者5名において体重と体脂肪率の関係が異なっており、体重と体脂肪率では傾向が異なっている。

図8-1および図8-2には、男性被験者および女性被験者から得られた体脂肪率と組織血流量の関係を示した。図中に示した記号などは図5と同じである。図8-1に示した男性被験者の汎用マットレス使用時の回帰直線の傾きは正であり、仙骨部接触圧とは逆に体脂肪率が高いほど組織血流量は増加する傾向にある。ウレタンマットレスの場合は、汎用マットレスに比べれば関係性は低下しており、オーバーレイではデータのバラツキが大きく、関係性は認められない。また、回帰直線の位置から、図6-1に示した結果と同様にオーバーレイ、ウレタンマットレス、汎用マットレスの順に組織血流量が多くなる傾向がみられる。また、破線の円で示したように体脂肪率が20%未満の2名の被験者のオーバーレイにおける組織血流量の増加が著しい。この2

名の被験者は、図6-1に破線の円で囲んだ被験者と一致していた。図8-2に示した女性被験者の場合は、図6-2に示した結果と同様にデータが混在しており、試料による特徴はみられない。

図9-1および図9-2には、男性被験者および女性被験者から得られた皮下脂肪率と仙骨部接触圧との関係を示した。図中に示した記号などは図5と同じである。図7に示した体脂肪率の範囲は、男性被験者が17.7%から31.7%であり、女性被験者が29.9%から41.7%であったのに対し、皮下脂肪率は、それぞれ11.4%から22.3%、23.5%から39.5%となっており、皮下脂肪率の方が小さな値となっている。図9-1に示した男性被験者の場合、汎用マットレスにおいて、皮下脂肪率と仙骨部接触圧からは -0.699 の負の相関係数が得られ、統計的に有意な相関性は確認されなかったものの皮下脂肪率が高いほど仙骨部接触圧は低くなる傾向がみられる。また、図9-1は図7-1と酷似しており、図7-1の結果で述べたようにウレタンマットレスおよびオーバーレイにおいては回帰直線の傾きは小さく、皮下脂肪率の高低と仙骨部接触圧との間に関連性はみられない。図9-2の汎用マットレス使用時に女性被験者から得られた結果をみると男性被験者ほど明確ではないが皮下脂肪率が高いほど仙骨部接触圧は低くなる傾向にある。また、図5-2および図7-2に示した結果と同様に7名中6名の被験者で汎用マットレス使用時に対し、ウレタ

木村 裕和 他：高齢被験者の仙骨部接触圧と組織血流量に及ぼす褥瘡予防寝具の効果と身体的特徴との関係

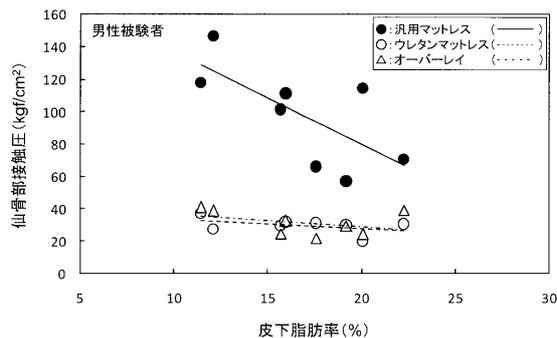


図9-1 男性被験者の皮下脂肪率と仙骨部接触圧の関係

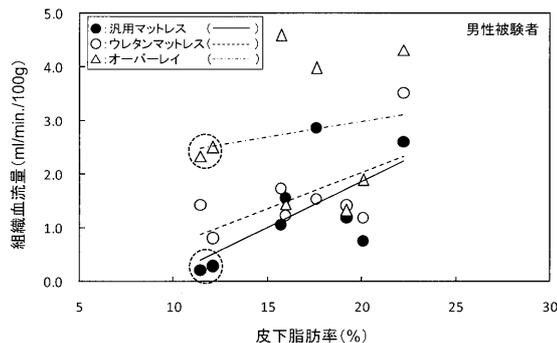


図10-1 男性被験者の皮下脂肪率と組織血流量の関係

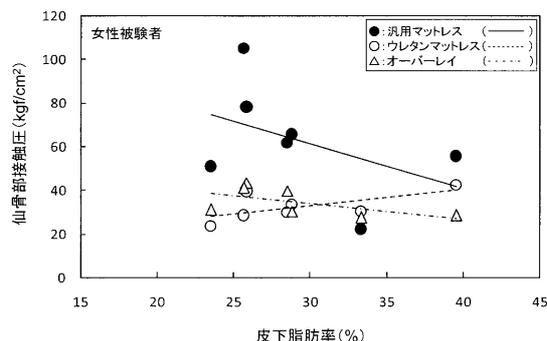


図9-2 女性被験者の皮下脂肪率と仙骨部接触圧の関係

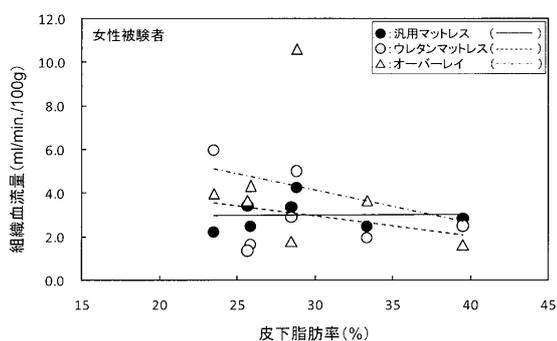


図10-2 女性被験者の皮下脂肪率と組織血流量の関係

ンマットレス使用時およびオーバーレイでの仙骨部接触圧が低下している。図9-2と図7-2を比較すれば2名の被験者で体脂肪率と皮下脂肪率の位置関係が変化しているが、全体的な傾向は類似している。

図10-1および図10-2には、男性被験者および女性被験者から得られた皮下脂肪率と組織血流量との関係を示した。図中に示した記号などは図5と同じである。図10-1の男性被験者から得られた結果は、体脂肪率と組織血流量との関係を示した図8-1のグラフと酷似している。また、破線の中で囲んだ皮下脂肪率が10%台の2名の被験者の組織血流量が汎用マットレス使用時に比べ、オーバーレイにおいて大幅に増加している。図10-2の女性被験者の結果については、2名の被験者で体脂肪率と皮下脂肪率の位置関係が変化しているが、全体的な傾向は図8-2に示した体脂肪率と組織血流量の関係と類似しており、体脂肪率と皮下脂肪率に対する組織血流量の傾向は本質的に同じものと考えられる。

図11には、男性被験者および女性被験者の体脂肪率と皮下脂肪率との関係を示し、性別ごとに回帰直線と相関係数を記入した。実線が男性被験者の回帰直線であり、二点破線が女性被験者の回帰直線である。また、記号 r_{σ} で男性被験者から、記号 r_{σ} で女性被験者から得られた相関係数を示したが、それぞれ0.993、0.926もの数値が得られ、両者間には極めて高い相関関係が成立している。

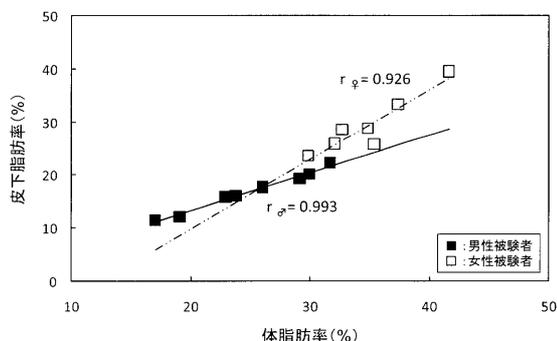


図11 高齢被験者性別の体脂肪率と皮下脂肪の関係

5. 考 察

5.1 汎用マットレスと褥瘡予防寝具使用時における仙骨部接触圧と組織血流量

図3に示したように、汎用マットレス使用時に比べ、ウレタンマットレス使用時ならびにオーバーレイにおける仙骨部接触圧は、男性被験者、女性被験者ともに低下しており、褥瘡予防寝具の減圧効果が認められた。特に、この傾向は男性被験者において顕著であった。具体的には、汎用マットレス使用時に男性被験者から得られた仙骨部接触圧は、最小値が57.0gf/cm²、最大値が146.4gf/cm²、平均接触圧は98.1gf/cm²であった。一方、ウレタンマットレスおよびオーバーレイにお

る仙骨部接触圧の範囲は19.8gf/cm²から40.9gf/cm²であり、平均接触圧は30.6gf/cm²であった。女性被験者の場合は、汎用マットレス使用時には、仙骨部接触圧の最小値が22.0gf/cm²、最大値が104.7gf/cm²、平均接触圧は62.5gf/cm²であった。これに対し、ウレタンマットレスおよびオーバーレイにおける仙骨部接触圧の範囲は23.2gf/cm²から43.2gf/cm²であり、平均接触圧は33.2gf/cm²であった。

平均接触圧で評価すれば、汎用マットレスに対してウレタンマットレスおよびオーバーレイでは、仙骨部接触圧は男性被験者で約69%、女性被験者で約47%低下していることになる。Landisによれば、細動脈枝の平均圧は32mmHgであり、この数値を根拠に褥瘡発症の閾値として32mmHgが重要視されるケースも多い^{12,20-23}。32mmHgは約42gf/cm²に相当する。Landisの説にしたがえば、今回の実験に用いたウレタンマットレスの使用やオーバーレイにおいては、全被験者15名のうち、14名の被験者で仙骨部接触圧は42gf/cm²以下を示しており、多くの被験者は褥瘡の発症を回避できるものといえる。また、図3から汎用マットレス使用時の平均接触圧は、有意ではないものの男性被験者の方が女性被験者より高い傾向にある。表1をみれば、平均体重は女性被験者が56.7kg、男性被験者が56.4kgであり、わずかながら女性の方が重いにもかかわらず、男性被験者の仙骨部接触圧は98.1gf/cm²であり、女性被験者の仙骨部接触圧は62.5gf/cm²である。女性被験者の仙骨部接触圧は男性被験者の60%程度である。このことから、汎用マットレスに仰臥した際には、男性被験者の方が女性被験者より大きな圧迫力を寝具から仙骨部に受けているものと考えられる。一方、ウレタンマットレスおよびオーバーレイのような軟らかい寝具を使用したときの仙骨部接触圧は女性被験者の方が男性被験者よりわずかに高い。平均体重が仙骨部接触圧の検出結果に反映されているものと考えられる。なお、図5-1、図7-1および図9-1に示した結果から男性被験者の汎用マットレス使用時における仙骨部接触圧に対する関係性は体重よりも体脂肪率や皮下脂肪率の方が良好であることから性別による体脂肪や皮下脂肪などの皮下軟部組織量の違いが仙骨部接触圧の結果に影響を与えているものと考えられる。

一方、図4に示した男性被験者の平均組織血流量は汎用マットレスで1.3ml/min./100gであり、最小値は0.2ml/min./100g、最大値は2.9ml/min./100gであった。これに対し、女性被験者から得られた組織血流量の範囲は2.2ml/min./100gから4.2ml/min./100gであり、平均組織血流量は3.0ml/min./100gであった。平均組織血流量には、性別による有意差は認められなかったものの汎用マットレス使用時の組織血流量は男性の方が女性

よりも少ないものと思われる。ウレタンマットレスにおいても男性被験者の平均組織血流量は1.6ml/min./100g、女性被験者の平均組織血流量は3.0ml/min./100gであり、女性被験者の方が男性被験者より多い。オーバーレイの場合、男性被験者の平均組織血流量は2.8ml/min./100gであり、汎用マットレスおよびウレタンマットレス使用時に比べて、それぞれ約2.2倍および約1.8倍増加しており、汎用マットレス使用時に対して大幅に増加する傾向がみられた。女性被験者であっても、平均組織血流量は4.2ml/min./100gであり、汎用マットレスおよびウレタンマットレス使用時の3.0ml/min./100gに比べ、1.4倍の組織血流量が検出された。また、男性被験者においては、汎用マットレス使用時、ウレタンマットレス使用時、オーバーレイの順に組織血流量が多くなる傾向がある。しかし、女性被験者においては、図3に示したように減圧効果には明確な違いがあるにもかかわらず、汎用マットレス使用時とウレタンマットレス使用時の組織血流量は3.0ml/min./100gと全く同じであった。今回の実験結果を見る限りにおいては、女性被験者にとっては単純に仙骨部接触圧を低減するだけでは、組織血流量の増加を図れないことになる。なお、ウレタンマットレスを使用した場合、男性被験者8名中の6名、女性被験者では7名中の2名で汎用マットレス使用時より組織血流量の増加が認められたが、オーバーレイでは、男性被験者8名中の7名、女性被験者は7名中の5名において汎用マットレス使用時より組織血流量は増加していた。オーバーレイにより全被験者の80%で組織血流量が増加しており、多くの被験者においてオーバーレイの方がウレタンマットレス使用時よりも組織血流量の増加が認められた。先行研究においても、これと同様の結果が得られており、シープスキンとウレタンマットレスのような静止型の褥瘡予防寝具を併用した場合には、組織血流量が増加することが実験的に示されている²⁴。この原因としては、シープスキンの使用による被験者の肩甲骨部付近から両脚膝部付近にかけての寝具の硬度変化や厚みの変化によって生じる被験者全身のライメント変化²⁵やシープスキンを構成する羊毛繊維の影響、すなわち、羊毛繊維の保温性や皮膚との物理的相互作用などが考えられる^{24,25}。この点については、今後詳細に検討を進めたい。

5.2 高齢者の身体的特徴と仙骨部接触圧と組織血流量の関係

高齢被験者の身体的特徴の平均値を性別に求め、有意差検定を行った結果を表1に示した。年齢、体重、BMIには性別による統計的な有意差はなく、身長、体脂肪率および皮下脂肪率において有意差が認められ

木村 裕和 他：高齢被験者の仙骨部接触圧と組織血流量に及ぼす褥瘡予防寝具の効果と身体的特徴との関係

た。これらの中で仙骨部接触圧および組織血流量に影響を与える因子として、体重、体脂肪率および皮下脂肪率が考えられる。そこで、これらと仙骨部接触圧および組織血流量の関係を調べた。

図5-1および図5-2に示したように汎用マットレス使用時における体重と仙骨部接触圧には、男性被験者、女性被験者ともに負の傾きの回帰直線が得られ、体重の軽い被験者ほど仙骨部接触圧は高くなる傾向がみられた。これは痩せ型体形の被験者にとっては、仙骨部の凸形状がより明瞭に現れるため、集中的な応力が仙骨部に加わることによって生じたものと考えられる。また、図5-1と図5-2を比較すれば、男性被験者の方がウレタンマットレスの使用やオーバーレイによる仙骨部接触圧の低減効果は高いといえる。

図6-1および図6-2に、性別に被験者の体重と組織血流量の関係を示したが、男性被験者では、いずれの試料においても体重が重いほど組織血流量が多くなる傾向がある。これは図5-1の傾向とは逆であり、仙骨部接触圧の低下にともない組織血流量が増加した可能性がある。また、オーバーレイの回帰直線は、汎用マットレスおよびウレタンマットレスの回帰直線より明らかに上方に位置している。このことからオーバーレイにおいて組織血流が多いことがわかる。なお、先述したように破線の円で囲んだ汎用マットレス使用時には極めて組織血流量の少ない2名の被験者は、オーバーレイによって約8～11倍もの組織血流量の増加が認められた。また、男性被験者のみにウレタンマットレス使用時において有意な相関性が得られた(図6-1)。推測ではあるが、図8-1および図10-1に示したウレタンマットレスでの測定結果からも体脂肪率や皮下脂肪率の高い被験者ほど組織血流量が多い傾向が認められることからウレタンマットレスを用いた場合には、その減圧効果により体重や体脂肪、皮下脂肪の豊かな被験者に本来的に多く流れるべき組織血流が確保されたためではないかと考えられる。この点については、さらに多くの被験者を用いた実験的検討を行いたい。図6-2に示した女性被験者の場合には、体重と組織血流量との間には関連性が認められず、汎用マットレス使用時、ウレタンマットレス使用時およびオーバーレイにおけるデータは混在している。体重の範囲は男性被験者と大きな開きはないもののデータの傾向は異なっており、体重を基準に考えれば、組織血流量の傾向には性差がみられるものといえる。

図7-1には男性被験者の体脂肪率と仙骨部接触圧との関係を示した。男性被験者の体脂肪率は最小値が17.1%で、最大値が31.7%であった。図5-1に示した汎用マットレス使用時における体重と仙骨部接触圧との関係と比べれば、傾向が異なっている。すなわち、

体脂肪率の高低と仙骨部接触圧がほぼ対応しており、体脂肪率の低い被験者ほど仙骨部接触圧は高くなっていることがわかる。体脂肪率と仙骨部接触圧には関連性があるものと考えられる。これは体重の軽い被験者が必ずしも体脂肪率が低いわけではないために生じた結果である。一方、ウレタンマットレス使用時やオーバーレイにおいては、汎用マットレス使用時よりもかなり低い仙骨部接触圧が検出され、先述したように19.8gf/cm²から40.9gf/cm²の範囲に集中しており、回帰直線の傾きは小さい。すなわち、ウレタンマットレスやオーバーレイなど褥瘡予防寝具を使用した場合には、寝具の減圧効果により、体脂肪率の高低にかかわらず、仙骨部接触圧は一定の範囲内に納まっており、仙骨部接触圧に対する体脂肪率の影響は解消されている。また、グラフから体脂肪率の低い被験者ほど寝具による仙骨部接触圧の低減効果が大きいことがわかる。したがって、仙骨部接触圧の低減化を目的にウレタンマットレスのような軟らかい寝具を使用することは体脂肪率の低い男性被験者において効果的であるといえる。一方、図7-2に示した女性被験者の結果は、図7-1の男性被験者とは異なった傾向がみられ、汎用マットレス使用時における体脂肪率と仙骨部接触圧の間には関連性は認められない。女性被験者の体脂肪率は最小値でも29.9%であり、最大値では41.7%である。男性被験者と比べればかなり高い。これがデータに反映したものと考えられる。すなわち、体脂肪率が30%を超える被験者にとっては、皮下軟部組織量の影響により仙骨部に大きな応力が加わらず、仙骨部接触圧と体脂肪率との関係性が成立しないものと考えられる。女性被験者は体脂肪率が男性に比べ有意に高いため、仙骨部接触圧の低減効果が明確に現れなかったものと考えられる。

図8-1および図8-2には、性別に被験者の体脂肪率と組織血流量の関係を示した。図8-1に示した男性被験者の場合、全体的にはバラツキはみられるものの汎用マットレスから得られた体脂肪率と組織血流量との間には、仙骨部接触圧とは逆に体脂肪率が高いほど組織血流量は多くなる傾向がみられる。ウレタンマットレスおよびオーバーレイにおける組織血流量のデータは広い範囲に分散している。なお、先述したようにウレタンマットレスおよびオーバーレイによって8名中6名および8名中7名の被験者で組織血流量の増加がみられる。特に、図8-1に破線の円で示した体脂肪率が20%以下の2名の男性被験者は、先述した汎用マットレス使用時に比べ、オーバーレイで約8～11倍の組織血流量の増加が認められた被験者であり、図6-1に破線の円で囲んだ被験者と一致する。この2名の被験者は、かなり体脂肪率の低い被験者であることがわかっ

た。図8-2に示した女性被験者の結果は、汎用マットレス、ウレタンマットレスおよびオーバーレイで大きな変化はない。男性被験者との体脂肪率の違いが図8-2の結果に現れたものと考えられる。すなわち、体脂肪率が30%を超えるような場合には、組織血流量の観点からは褥瘡予防寝具の使用による効果が発現しないものと考えられる。以上の結果から、体脂肪率が20%を下回るような体形であれば、褥瘡予防寝具の利用による組織血流量の増加が期待できるが、30%を超過するような体形であれば、汎用マットレスにおいても褥瘡予防寝具においても組織血流量には大きな変化は生じないものと考えられた。

図9-1および図9-2には、性別に被験者の皮下脂肪率と仙骨部接触圧の関係を示した。図9-1に示した男性被験者の結果は、図7-1に示した結果と酷似している。図9-1に示したように汎用マットレス使用時において皮下脂肪率の低い被験者ほど高い仙骨部接触圧が検出されている。一方、ウレタンマットレスおよびオーバーレイでは、関係性はみられない。なお、グラフから体脂肪率の結果と同様に、これらの寝具の利用は皮下脂肪率の低い人ほど有効であるといえる。図9-2の女性被験者の結果を図7-2に示した結果と比較すれば、2名の被験者で体脂肪率と皮下脂肪率の高低関係が変化しているが、全体的な傾向は比較的似ている。女性被験者にとっては、7名中6名の被験者で皮下脂肪率が25%を超過しており、豊富な皮下軟部組織により集中的な応力が緩和されるために、仙骨部接触圧と皮下脂肪率とに明確な関連性は観察されなかったものと考えられる。

図10-1および図10-2には、性別に被験者の皮下脂肪率と組織血流量の関係を示した。図10-1に示した男性被験者の結果から、汎用マットレスやウレタンマットレスでは皮下脂肪率の低い被験者ほど組織血流量は少なくなる傾向がみられる。これは、図8-1に示した傾向とよく一致している。一方、オーバーレイの場合は、皮下脂肪率にかかわらず、広い範囲にデータが分散している。また、体脂肪率と組織血流量の結果と同様に、破線の円で囲んだ皮下脂肪率が11.4%、12.1%とかなり低い2名の被験者においてオーバーレイでの組織血流量が大幅に増加している。したがって、男性被験者については、皮下脂肪率を基準に考えても、体脂肪率を基準にしても得られる結果は同等であると考えられる。図10-2には女性被験者から得られた結果を示したが、図8-2に示した結果と同様に、試料による相違は明確ではない。女性被験者は男性被験者に比べて、皮下脂肪率も有意に高い。これが、図10-2に示した結果に現れたものと考えられる。皮下脂肪率については25%を超えるような場合には、組織血流量に大きな変化

はみられないものと考えられる。

以上の結果から、体重を基準に考えるよりも体脂肪率あるいは皮下脂肪率を基準に考える方が仙骨部接触圧および組織血流量との関係性を明瞭に示せることがわかった。つまり、図6から図9に示したように汎用マットレス使用時においては、体脂肪率または皮下脂肪率の低い被験者ほど大きな圧迫力を寝具から仙骨部に受けていることがわかる。そして、この強い圧迫力により皮下微小循環系が圧迫され、それによって組織血流量が低下しているものと考えられる²⁰⁾。また、体形的には、褥瘡発症にとって脂肪組織量が貧弱な「若いそう」も大きな危険因子の一つであるが、今回の実験的検討結果から、この事実を説明できるものと考えられる¹⁰⁾。

また、図7および図9、図8および図10から類似した結果が得られた理由としては、図11に示したように体脂肪率と皮下脂肪率間の相関性にあると考えられる。両者間には極めて高い相関関係が成立している。したがって、仙骨部接触圧や組織血流量との関係を体脂肪率あるいは皮下脂肪率のどちらのファクターで検討しても類似した結果が得られたものと考えられる。特に、男性被験者における相関係数は、0.993である。これが図7-1と図9-1ならびに図8-1と図10-1が酷似した理由であると考えられる。

6. 結 言

褥瘡の最好発部位である仙骨部に注目し、高齢者を被験者として褥瘡予防寝具に静止仰臥したときに人体仙骨部に加わる接触圧（仙骨部接触圧）と組織血流量を同時に計測し、被験者の身体的特徴との関係について検討した。試料には、ウレタンマットレス、オーバーレイおよび比較試料として汎用マットレスの3種類を選定した。

平均接触圧は、汎用マットレスで高く、ウレタンマットレスとオーバーレイはほぼ同じレベルであった。なお、汎用マットレス使用時においては、男性被験者の方が女性被験者より大きな仙骨部接触圧を受けており、体脂肪率や皮下脂肪率などの皮下軟部組織量の違いが影響を及ぼしているものと考えられた。

平均組織血流量は、汎用マットレス、ウレタンマットレス、オーバーレイの順に増加する傾向がみられ、女性被験者の方が男性被験者よりも多い傾向にあり、仙骨部の受けるダメージは女性よりも男性の方が大きいものと推察された。また、ウレタンマットレス使用時とオーバーレイを比較すれば、多くの被験者においてオーバーレイにおいて組織血流量の増加が認められた。

木村 裕和 他：高齢被験者の仙骨部接触圧と組織血流量に及ぼす褥瘡予防寝具の効果と身体的特徴との関係

次に、高齢被験者の身体的特徴と仙骨部接触圧および組織血流量との関係性について考察し、体重、体脂肪率および皮下脂肪率が仙骨部接触圧および組織血流量に与える影響を調べた。その結果、体脂肪率および皮下脂肪率と仙骨部接触圧ならびに組織血流量との関係からは類似した結果が得られ、汎用マットレス使用時には、脂肪組織量の低い被験者ほど大きな仙骨部接触圧を受けており、この大きな圧迫力により皮下微小循環系が圧迫を受け、組織血流量が低下しているものと考えられた。

《謝 辞》

本実験を進めるにあたり、高齢被験者の手配をくださいました和泉市シルバー人材派遣センターの関係各位ならびに被験者実験に快くご協力くださいました和泉市シルバー人材派遣センター登録者の皆様に心より感謝申し上げます。

《引用文献》

- 1) 内閣府. 高齢化の状況. 平成23年度高齢社会白書. 印刷通販, 2-12, 2011
- 2) 鈴木東義. ヘルスケア用機能性合成繊維. 日本繊維機械学会誌, 54: 277-282, 2001
- 3) 宮地良樹 (編), 石川治. 褥瘡の基礎知識. 実地医家のための褥瘡ケアハンドブック. 医薬ジャーナル, 6, 2001
- 4) 日本褥瘡学会 (編). 序文. 褥瘡予防・管理ガイドライン. 日本褥瘡学会, 7, 2009
- 5) 長谷田泰男, 福田智恵子, 山下美智子, 関千春. 当院における褥瘡対策後5年間の褥瘡統計. 日本褥瘡学会誌, 11: 549-553, 2009
- 6) 井上歩, 須釜淳子, 真田弘美, 紺家千津子, 大桑麻由美, 松尾淳子. 退院時に未治癒であった褥瘡の転帰—退院後1年間の追跡調査—日本褥瘡学会誌, 11: 520-527, 2009
- 7) 阿曾洋子, 井上多鶴子, 塚田邦夫, 矢口美恵子, 伊藤美智子, 岡本泰岳, 真田弘美, 竹田和博, 沼田美幸, 宮嶋正子, 大浦武彦. 訪問看護ステーションにおける褥瘡患者の実態—在宅医療委員会実態調査報告2—. 日本褥瘡学会誌, 9: 546-553, 2007
- 8) 当山拓也, 平林慎一, 館正弘, 米原啓之, 辻晋作, 渡辺裕美. トラフェルミンを用いた褥瘡に対する遊離植皮術. 日本褥瘡学会誌, 6: 180-183, 2004
- 9) 黒木ひろみ, 渡邊千登世, 南由起子, 寺田麻子,

- 佐藤忍, 操華子, 奥裕美. 終末期患者における褥瘡発生に関する調査研究第1報—実態とブレードンスケールの検討. 日本褥瘡学会誌, 6: 320, 2004
- 10) 村木良一. 褥瘡の基礎知識. 在宅褥瘡対応マニュアル. 日本医事新報, 11-13, 2003
- 11) Australian Standard TM AS4480.1. Textiles for health care facilities and institutions - Medical sheepskins Part1: Product specification and testing, 1998
- 12) 大浦武彦. 褥瘡のケア・治療はこう進める. 褥瘡のトータルケア. メディカルトリビューン, 32-34, 2003
- 13) Akiyama Y, Yamamoto Y, Doi Y, Izumi Y, Nishijima S, Kimura H. Analysis of Viscoelasticity of Human Skin for Prevention of Pressure Ulcers. J Medicine and Biology, 81: 33-43, 2008
- 14) 山田哲也, 太田敬. レーザードップラ. 日本脈管学会誌, 45: 312-316, 2005
- 15) 菅屋潤壹, 岩瀬敏. 循環機能—血管運動反応— レーザードップラー血流計を用いる検査法. 日本臨牀, 50: 723-728, 1992
- 16) 鹿嶋進. 生理機能観測のためのレーザー組織血流計による血流測定法. 日本生理人類学会誌, 2: 103-106, 1997
- 17) 栗原毅, 横山泉, 渡辺麗, 秋本真寿美, 新見晶子, 石川雅枝, 高田茂登子, 三輪洋子, 赤上晃, 勝健一, 山内大三, 前田淳, 重本六男, 山下克子, 渋谷実. レーザー組織血流計による肝血流測定の試み—特に実験的脂肪肝に対して—. 東京女子医科大学雑誌, 61: 146-153, 1991
- 18) 傳秋光, 岡部修一, 増田安俊, 谷口洋. 生体インピーダンス法を基本とした臍レベル内臓脂肪断面積の推定. 神戸大学医学部保健学科紀要, 17: 121-130, 2001
- 19) OMRON. オムロン体重体組成計カラダスキャン HBF-362活用ハンドブック, 12-13, 2005
- 20) 道繁祐紀恵, 森將晏. 徐圧を考慮した側臥位角度の検証—標準マットレスとフォームマットレスを用いて—. 日本褥瘡学会誌, 12: 22-27, 2010
- 21) 小山浩幸, 柴田政廣, 米田隆志. 褥瘡予防ケアに役立つやさしい物理学. 日本褥瘡学会誌, 11: 497-501, 2009
- 22) 遠藤明美, 森將晏. 背上げ時における殿部の圧迫を軽減するクッションの臨床効果の検討. 日本褥瘡学会誌, 13: 583-588, 2011
- 23) 熊谷あゆ美, 須釜淳子, 大桑麻由美, 奥田鉄人, 垣内紀子, 神野重紀子, 中谷壽男. 四点示器を

日本生理人類学会誌

- 用いた腹臥位手術における圧力と褥瘡発生との関係. 日本褥瘡学会誌, 13: 576-582, 2011
- 24) 木村裕和, 山本貴則, 片桐真子, 平井学, 松岡敏生, 松本陽一, 西嶋茂宏. 褥瘡予防に対するシープスキンの有効性. J Textile Engineering, 55: 61-66, 2009
- 25) 木村裕和, 井上裕美子, 片桐真子, 山本貴則. 褥瘡予防寝具類の特性. 大阪府立産業技術総合研究所報告, 19: 33-38, 2005
- 26) 林紘三郎. 血液の流れ. バイオメカニクス. コロナ, 131, 2005

《連絡先》

木村 裕和

〒594-1157 大阪府和泉市あゆみ野2-7-1

E-mail: hiro@tri-osaka.jp

(2012年4月18日受付, 2012年8月6日採用決定, 討論受付期限2013年8月末日)