

介護ニーズに基づくポジショニング用品の開発（第4報）

関範雄*1, 宮川成門*2, 藤巻吾朗*1, 山口穂高*1

Development of Positioning Cushion Based on Nursing Care Needs (IV)

SEKI Norio*1, MIYAGAWA Naruto*2, FUJIMAKI Goroh*1, YAMAGUCHI Hodaka*1

臀部の保持・支持機能を有するベースクッションと圧力分散・除圧機能を有する表層クッションから構成されるポジショニング用品が設計、開発された。これは膝関節屈曲拘縮の仰臥位ポジショニングをサポートし、クッションを使用しない仰臥位と比較して、臀部に掛かる接触面積は約1.3倍以上拡大、平均圧は40%低下し、圧迫されていた仙骨部のピーク圧力は72%低下した。クッションには仰臥位の圧力が加えられた状況においても通気性および熱拡散性の高い素材が使われ、ポジショニングで皮膚とクッションとの間に発生する蒸れを低減する。蒸れ低減機能はポジショニング介助におけるマイクロクライメイト管理に有効であり、身体支持や除圧機能と相乗して褥瘡予防が期待される。

1. 緒言

人は同じ姿勢を長時間続けることで、身体への悪影響が引き起こされ、人の毛細血管は32mmHg以上の圧力が加わると閉塞状態になり皮膚組織に血液が通わなくなる¹⁾。褥瘡予防では皮膚表面加わる圧力をこれ以下に保持することが理想であるとされているが、現実にはこれをクリアすることは困難である。一般に70～100mmHgの圧力が2時間以上加わると圧迫部位に虚血性変化が起きる²⁾といわれ、骨突出部にこのような圧迫が加わることが褥瘡発生の原因となることから、最近の臨床介護の研究では40～50mmHgの圧力が安全の目安とされている。

褥瘡の発生原因には、①皮膚への持続的な圧迫（静的外圧）の他に、②皮膚への摩擦やズレ（動的外圧）、③身体の不潔や皮膚の乾燥、湿潤の繰り返し（汚れ、蒸れ）、④栄養状態の低下（血行障害、皮膚や皮下脂肪の退化など）の要因があるといわれる。褥瘡予防・管理ガイドライン³⁾によれば、褥瘡を予防するため、介護現場の介助行動によって介入が可能な要因は、圧力分散、摩擦・ズレであるとされ、近年ではマイクロクライメイト（皮膚局所の温度・湿度）の重要性が国際的にも提唱されている⁴⁾。

介護現場では、被介助者に加えられる外圧や蒸れを緩和するため、より安楽な姿勢へと体位変換する仰臥位・側臥位のポジショニング介助が頻繁に行われる。高齢者は臀部の接触面積が小さく、骨突出部、例えば臀部では仙骨部に加わる圧力が高くなり、介護用マットレス使用においてもポジショニングの必要性が報告された⁵⁾。下肢屈曲拘縮のある人の仰臥位ポジショニングでは、ピローなどの用品を使用して、マットレスと身体の間を埋め、仰臥位の圧力分散が図られる。同時に身体は支持され、心地よい姿勢が保持される。一方、従来のポジショニング用品には、身体の形状、硬さや軟らかさの不具合、用品使用による加温、発汗・蒸れの促進、体組織圧迫への耐性低下、さらにはポジショニングの介助技術依存などの課題が指摘されている。

このような介護現場やポジショニング介助の課題を解決するため、仰臥位ポジショニング用品の開発が進められた。その一環として介護老人福祉施設入居者の身体形状や仰臥位姿勢の調査⁵⁾を通し、身体形状データ^{6), 7)}から高い密着性で身体をサポートするポジショニング用品コンセプトが提案された⁸⁾。また素材のクッション性（支持性（硬さ）や圧力分散性（軟らかさ））が検討され、ポジショニングで使用する素材のクッション性バランスの重要性が報告されている。

本報では、ポジショニング用品の重要な機能、褥瘡発生原因の一つである蒸れ因子にかかる特

*1 試験研究部

*2 岐阜県産業技術総合センター 産学連携部

性を検討した。また蒸れ低減機能と既報^{5), 8)}の知見に基づき身体保持・支持および圧力分散・除圧機能を有する下肢屈曲拘縮の仰臥位ポジショニング用品を試作したので、その特徴を報告する。

2. 実験

2.1 蒸れにくいクッションデザイン

褥瘡予防において、皮膚と接触する支持面との間に発生する蒸れは、マイクロクライメイトに影響する可能性が指摘されている⁴⁾。褥瘡ケアを目的としたポジショニング用品には、蒸れにくさ機能の付与が重要である。

ポジショニング用品の仰臥位使用かつ骨突出などの局部に高い圧力が加えられた状況を想定して、指標となる通気性や熱伝導・拡散性からポジショニングクッションの蒸れ性を検討した。

2.1.1 材料

一般に入手可能な次の5種類のクッション素材を用いた。エラストマーパイプビーズ（長さ：6.5mm、直径：5mm）、発泡ポリスチレンビーズ（直径：約1mm）、ポリエステル粒わた（直径：約10～20mm）低反発ポリウレタンフォームチップ（直径：約5～20mm）、スラブポリウレタンフォーム（比重：0.021g/cm³）。

通気性の測定には、スパンデックスクッション製伸縮性カバー（厚さ：362μm、素材構成：ナイロン82%、ポリウレタン18%）を比較として用いた。

2.1.2 通気性

中心部に通気口（直径：25mm、六角（1辺：1.5mm）格子状）を持つ上下蓋から成る嵌め合せ管状容器（測定有効容積：φ25×11mm）を用い、閉蓋時の内部が70mmHgの圧力になるように力を加えながら、容器内にクッション素材を封入した。これを通気性測定の試験体とした。

通気性測定には貫通細孔分布測定装置（PMI社製 CFP-1200AXL）を用いた。試験体に圧力調整した圧縮乾燥空気を流通させ、試験体に流入出する空気の差圧ΔP（kPa）と通気量Q（ml/min/cm²）を計測し、通気度V（ml/kPa/min/cm²）および通気性K（ml・cm/kPa/min/cm²）を算出した。

$$\text{通気度 } V = Q / \Delta P$$

$$\text{通気性 } K = V \times t$$

t：試験体の有効厚さ（cm）、0.11cm

2.1.3 熱伝導性

クッション素材をPET/EVA樹脂複層フィルム（厚さ：0.1mm）容器（底面積：150×150mm）の内部に圧力35mmHg、厚さ30mmになるように力を加えながら、封入した。素材が封入されたフィルム容器の辺を熱圧着して、熱伝導率測定用クッション（150×150×30mm）を調製した。調整したクッションを、中央部に空洞（150×150mm）を有するフェノールフォームから成る保温フレーム（200×200×30mm）に組み込み、これを熱伝導率測定の試験体とした。

熱伝導率測定には熱伝導率測定装置（英弘精機株式会社製 HC-074/200）を用い、JIS A 1412 - Part2⁹⁾に準拠する熱流計による熱伝導率測定法によって測定した。平均温度25℃、温度差20K（プレート温度：上15℃、下35℃）の温度条件にて、測定1ブロックの測定点数を512として、定常状態後の3ブロックの値から平均値を算出し、試験体の見かけ熱伝導率λ（W/m・K）を求めた。

2.2 ポジショニング用品の試作および評価

臀部の保持・支持の役割を目的としたベースクッションと圧力分散・除圧の役割を担う表層クッションから成るポジショニング用品を試作し、膝屈曲仰臥位の身体支持・圧力分散性などポジショニング用品使用時の特徴を評価した。

2.2.1 試作

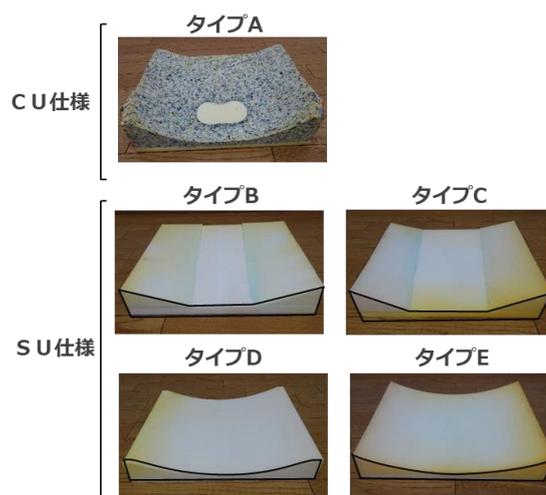


図1 ベースクッション
(試作ポジショニング用品)



図2 表層クッション
(試作ポジショニング用品)



図3 膝屈曲仰臥位の臀部圧力測定

ベースクッションは、身体形状データ^{6), 7)}の臀部形状に合わせて、クッション素材を3次元成形し、形状の異なるAからEの5タイプを作製した(図1)。クッション素材にはチップポリウレタンフォーム、スラブポリウレタンフォームの2種類を用い、それぞれCU仕様、SU仕様とした。

表層クッションは、エラストマーパイプビーズ(長さ: 6.5mm、直径: 5mm) 1kgをスパンデックスクッション製カバー(370 × 470mm)に封入し、作製した(図2)。

2.1.2 身体支持・圧力分散性

圧力分布測定にはシート圧力分布測定装置(XSENSOR Technology Corporation製 X3、測定範囲: 10~200mmHg)を用いた。フローリングに敷いたウレタンフォーム製マットレス(西川産業株式会社製 STRETCH、厚さ: 36mm)上に股関節角度調節台と試作ポジショニング用品を配置した。表層クッション上面に圧力センサシートを敷き、この上に臀部を下して、股関節角度50度の膝関節屈曲の仰臥位を保持した(図3)。この時、薄手着衣、64kg男性を対象として、臀部の圧力分布を測定した。圧力分布データから接触面積、ピーク圧力、平均圧力、圧力30mmHg超の接触面積を算出した。

3. 結果と考察

3.1 蒸れにくいクッションデザイン

3.1.1 クッションの通気デザイン

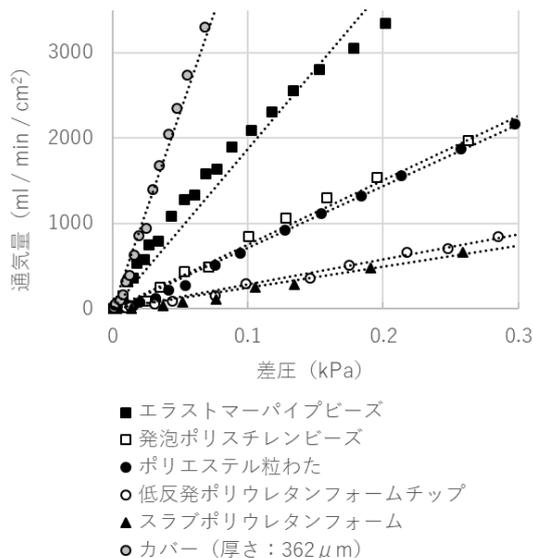


図4 加圧時クッションに流れる空気の
差圧-通気量の関係

表1 加圧時クッションの通気特性

クッション素材	通気度 (ml / kPa / min / cm ²)	通気性 (ml · cm / kPa / min / cm ²)
エラストマーパイプビーズ	18,110	19,930
発泡ポリスチレンビーズ	7,540	8,290
ポリエステル粒わた	7,520	8,270
低反発ポリウレタンフォームチップ	3,010	3,310
スラブポリウレタンフォーム	2,680	2,950
カバー (厚さ: 362μm)	32,360	1,170

測定条件: 測定径: Φ25mm、測定厚さ: 11mm、通気ガス: 乾燥空気
クッション材詰め込み圧力: 70mmHg

介護老人福祉施設入居者の仰臥位姿勢の調査⁵⁾から得られた臀部におけるピーク圧力は70mmHgであった。この圧力を加えた試験体に空気を流通させ、空気の差圧と通気量の関係を検討した。その結果、これらは正比例の関係にあり、その傾きが大きくなるにつれて見かけの通気量は高くなった(図4)。この関係から加圧クッションの見かけ通気量を示す通気度と通気性能を示す通気性を算出した(表1)。エラストマーパイプビーズクッションが通気度および通気性ともに最も高く、ポリウレタン系素材のクッションと比較して、それぞれ約6倍の通気特性を示した。

クッションに力が加わると、クッションは圧縮され、内部に封入された素材や素材間にある空隙は潰れる。結果として、クッションの通気特性は

低下する。加圧クッション内を流れる空気がハーゲン・ポアズイユの法則に従うと仮定し、加圧クッション内の空隙の総和を一つの空隙ととらえると、カバーの総和空隙の直径を1とした場合、パイプビーズが2、ポリスチレンビーズ、粒わたが1.6、ポリウレタンチップ、スラブウレタンが1.3であった。クッションが加圧された場合であってもパイプビーズクッションの総和空隙直径はカバーの2倍であり、その空隙率の高さからもパイプビーズクッションは通気性が高いことがわかる。

一方、クッションカバーは、通気性が低く空隙直径が小さいが、通気度は高い。これは通気量がカバーの厚さに反比例するためである。例えばカバー厚が10倍の3.6mmの場合、通気度は1/10になる。クッションカバーは通気性が低いため、その厚さがクッション全体の通気を規制することを示している。

以上の結果から、通気性の高いクッションの作製には、クッション使用時の圧力を把握し、その圧力下でカバーを含むクッション素材の通気度およびカバー厚さの設計が重要となる。

3.1.2 クッションの熱伝導デザイン

クッションに圧力35mmHgが加えられたとき、加圧クッションの見かけの熱伝導率は、エラストマーパイプビーズが他素材のそれに比べて2倍以上あり、最も高い(図5)。加圧された発泡ポリスチレンビーズクッションの熱伝導率は、断熱建材のそれに匹敵し、いわゆる断熱性を示した。この値は一般に知られる発泡ポリスチレン固有の熱伝導率と同様であり、クッション内でビーズが加圧され密に寄り集まった状況下では発泡ポリスチレンが寄与する熱伝導率が支配的であることがわかる。また加圧時のエラストマーパイプビーズクッションの内部の貫通空隙は他の素材に比べ

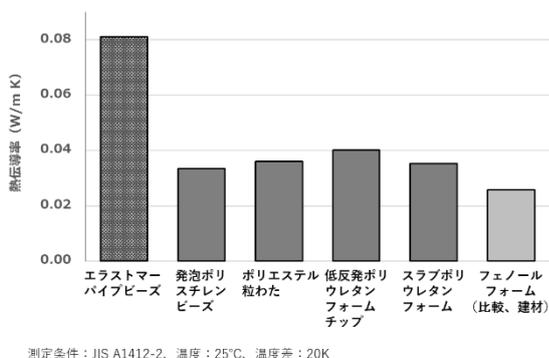


図5 加圧時クッションの見かけの熱伝導率

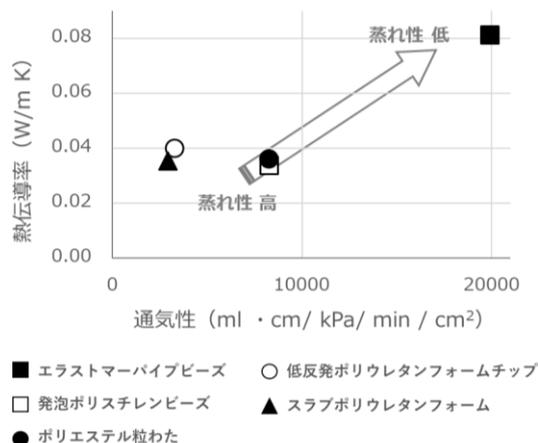


図6 加圧時クッションの蒸れ性

大きく、その熱伝導は空気やふく射の伝熱要素に影響されることが予想された。

以上の結果から、熱がこもらない、熱を逃がすことの温熱性能を特徴とするクッションの作製には、その使用圧力下でより大きな空隙が保たれる素材、かつ固有の熱伝導率の高い素材を選択することが重要である。

3.1.3 クッションの蒸れにくさデザイン

蒸れとは熱気や湿気がこもることであり、通気性と熱伝導の悪さがその原因となる。つまり蒸れにくさを求めるクッションデザインには、通気性や熱伝導を指標として、それぞれが高い素材を用いることが重要である。

そのため使用時に皮膚に接触する表層クッションには、5種類の素材の中から、通気性と熱伝導率の高いエラストマーパイプビーズ(図6)を用いた。これにより、クッション使用の際に、皮膚との間に発生しやすい蒸れが軽減される。

3.2 開発したポジショニング用品の評価

試作ポジショニング用品は、臀部から大腿部、股関節が屈曲する仰臥位ポジショニングにおいて、被験者の仰臥位臀部に使用した結果、使用による臀部の蒸れは感じられなかった。

仰臥位臀部の圧力分布は、試作ポジショニング用品使用の有無で明確に異なった(図7)。試作用品を使用していない場合に発生する仙骨部の局部圧力は、その使用によって消失した。仰臥位臀部のピーク圧力(図8)は、試作タイプにかかわらず、その使用前で176mmHgから50mmHg程度に低

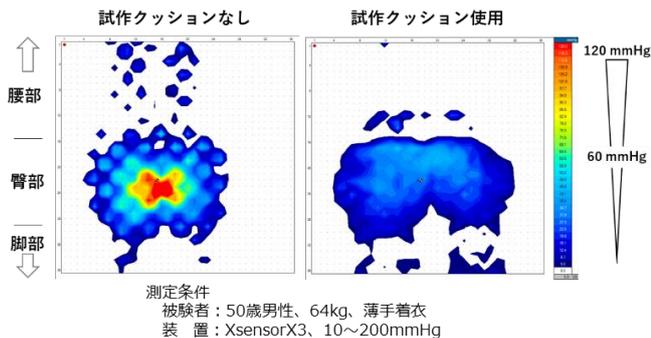


図7 膝関節屈曲仰臥位における臀部圧力分布図

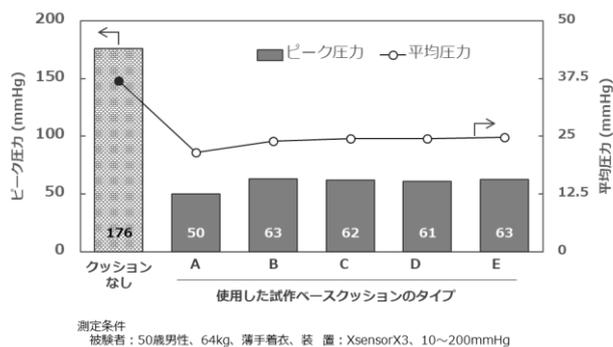


図8 膝関節屈曲仰臥位の臀部ピーク圧力および平均圧力

下し、平均圧力は約40%低下した。これらの結果は、試作用品の使用が臀部の除圧に効果的であったことを示した。

試作ポジショニング用品を使用した場合の臀部接触面積および圧力区別の面積割合を図9に示す。試作用品の使用によって臀部接触面積は1.3～1.7倍に拡大した。50mmHg未満の接触面積割合は、試作用品を使用していない場合が73%、試作用品を使用した場合には、ベースクッションタイプの違いによらず、94%以上であった。特にCU仕様タイプAの使用では接触面積のすべての領域が50mmHg未満の圧力範囲であった。これらの結果は、試作ポジショニング用品の3次元形状に成形されたベースクッションによる高い臀部支持性と表層クッションと臀部との高い密着性、これらの相乗による接触面積拡大が、圧力分散・除圧に効果的であったことを示した。

試作ポジショニング用品のタイプ別にその使用時の特徴を比較した。ベースクッションにスラブポリウレタンフォームを用いたSU仕様を使用した時の接触面積は、ポリウレタンチップフォームのCU仕様と比べて、より広範囲であった。

またピーク圧力や平均圧力および圧力50mmHg以上の接触面積の割合が高いことがわかる。これ

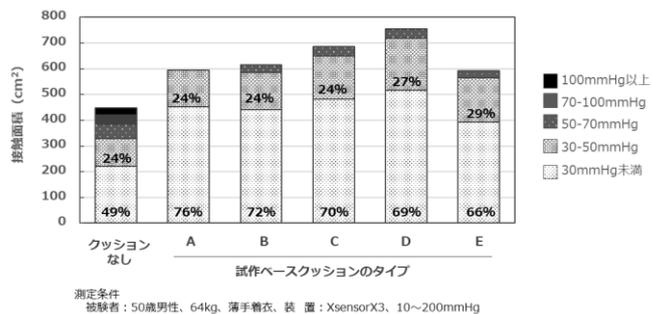


図9 膝関節屈曲仰臥位の臀部圧力と接触面積

らの結果は、SU仕様とCU仕様のクッション性、柔らかさの違いに起因する。つまり、SU仕様はCU仕様と比べて柔らかいことから、臀部の支持性が低く、臀部の沈み込みが深くなり、結果としてSU仕様使用時の接触面積は広がる。一方で、沈み込み深さは臀部の底付を発生させ、圧力を高めたといえる。

以上の結果から、ポジショニング用品の身体支持性と圧力分散性は相反関係にあり、クッション素材の硬軟性が大きく影響する。またクッション素材の硬軟性は、素材の空隙の大きさに関係することから、クッションの通気性や熱伝導に影響を及ぼす。ポジショニング用品の設計には、使用するクッション素材の特性バランスとその選択が重要である。

4. まとめ

関節拘縮の緩和、褥瘡予防を目的に膝関節屈曲拘縮の仰臥位をサポートするポジショニング用品をデザインし、開発した。

開発したポジショニング用品は、ベースクッションと表層クッションから構成される。ベースクッションは、身体計測データに基づき3次元成形した硬軟バランスの良いポリウレタン系の素材を用い、主に仰臥位の臀部支持・保持機能を担った。また、表層クッションは仰臥位臀部との密着性を高める機能を担った。

開発したポジショニング用品を使用した場合、使用していない場合に比べて、仰臥位臀部の接触面積は1.3～1.7倍広く、接触の平均圧力は40%低くなり、接触面積の95%以上が50mmHg未満の圧力領域であった。また、強く圧迫される仙骨部のピーク圧力は72%の低下を確認した。特に、ポリウレタンチップフォームを3次元加工して作製したベースクッションのタイプでは、臀部が接触するす

すべての領域において、50mmHg未満の圧力で臀部が支持および保持され、褥瘡ケアにおける体圧管理の安全目安とされる40～50mmHgを容易に実現することができた。表層クッションは皮膚と接触する支持面と密着性を高めるだけでなく、通気性と熱伝導率の高い素材が用いられることにより、接触面での蒸れは緩和される。

開発したポジショニング用品は、介護現場の褥瘡ケアにおける①介助者のポジショニング技術に依存する圧力分散・除圧、姿勢保持行為にかかるとともに、②接触面の温湿度調整にかかるとともに、マイクロクライメイト管理を比較的容易に実現する有用用具として活用が期待される。

参考文献

- 1) Landis E. M.: Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin, *Heart*, 15, pp. 209-228, 1930.
- 2) Kosiak M.: Etiology of decubitus ulcers, *Arch Phys Med Rehabil*, 42, pp. 19-29, 1961.
- 3) 日本褥瘡学会教育委員会ガイドライン改訂委員会: 褥瘡予防・管理ガイド (第4版), *褥瘡会誌*, 17 (4), pp. 487-557, 2015.
- 4) Clark, M. et al.: Microclimate in context, “International review: pressure ulcer prevention: pressure, shear, friction and microclimate in context. A consensus document”, MacGregor, L ed., London, *Wounds International*, 2010, pp. 19-25.
- 5) 宮川成門ほか: 介護ニーズに基づくポジショニング用品の開発 特別養護老人ホーム入居者の仰臥位調査, *岐阜県生活技術研究所研究報告*, 22, pp. 15-18, 2020.
- 6) 藤巻吾朗: 人間・生活者視点による人にやさしい製品開発(第2報)立位・座位姿勢での人体3次元形状, *岐阜県生活技術研究所研究報告*, 10, pp. 8-10, 2008.
- 7) 藤巻吾朗ほか: 自動車シートの座面形状の提案, *岐阜県生活技術研究所研究報告*, 16, pp. 13-16, 2014.
- 8) 宮川成門ほか: 介護ニーズに基づくポジショニング用品の開発(第2報)クッションの試作と材料の選択, *岐阜県生活技術研究所研究報告*, 23, pp. 13-17, 2021.
- 9) JIS A 1412-2: 熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 第2部 熱流計法 (HFM法), 日本工業規格, 1999.