

原 著

背上げ時における殿部の圧迫を軽減するクッションの作製とその効果の検討

森 将晏¹⁾・遠藤明美²⁾・押本由美²⁾

The effects of a newly formed cushion on buttock pressure with backrest elevation

Masaharu Mori, MD¹⁾; Akemi Endo, MSN, RN²⁾ and Yumi Oshimoto, MSN, RN²⁾

¹⁾ Faculty of Health and Welfare science Okayama Prefectural University

²⁾ Graduate School of Health and Welfare science Okayama Prefectural University

Abstract

The effects of a newly developed low-elastic urethane cushion on buttock pressure and on pressure and shear force in the coccygeal area during 30-degree backrest elevation were examined. First, 10 healthy adults were examined with 30-degree backrest elevation for 40 min. During backrest elevation, the mechanism group (with knees elevated by the bed mechanism) showed slightly increased buttock pressure compared to that without knee elevation (no-elevation group). However, elevation of the knees with a low-elastic urethane cushion under the thighs (cushion group) significantly decreased pressure and pain in the buttock compared to that in the other two groups. Slipping of the body after 40 min of backrest elevation was minimized in the cushion group. Although mean values for pressure and shear force in the coccygeal area during backrest elevation were slightly decreased by elevating the knees using the bed mechanism or cushion, there were no significant differences among the 3 groups. Thereafter, 12 aged persons were examined as described above except that the trial duration time was limited to 5 min. The cushion group showed a significant decrease in buttock pressure. An appropriate cushion under the thigh can decrease buttock pressure and shear force during backrest elevation.

Key words : backrest elevation, cushion, buttock pressure

要 旨

寝たきり患者の経鼻経管栄養などによりベッド上で長時間にわたり背上げをしていると殿部に圧迫やずれ力がかかり苦痛であるとともに、褥瘡の発生リスクが高くなる。本研究では30度背上げ持続時、殿部にかかる圧迫やずれを軽減する目的で低反発ウレタンを用いて作製したクッションの効果について検討を行った。まず、10名の健常成人において30度の背上げを40分間行った。その際にベッドの膝上げ機構を用いて10度膝上げたあと背上げする（機構群）と膝上げしないで背上げをした場合（なし群）より殿部ピーク圧はやや高くなる傾向にあったが、低反発ウレタンを用いて作製したクッションを大腿後面に挿入して膝上げたあとに背上げする（クッション群）と背上げ後の殿部ピーク圧力はほかの両群より有意に低く、殿部の苦痛も軽減した。40分間背上げ後の身体のずれ下がりもクッション群が最低であった。尾骨部の圧力やずれ力はばらつきが大きく3群間に有意差はみられなかった。つぎに、12名の高齢者において30度の背

¹⁾ 岡山県立大学保健福祉学部 ²⁾ 岡山県立大学大学院保健福祉学研究科
別刷請求先：森 将晏
岡山県立大学保健福祉学部 〒719-1197 岡山県総社市窪木111
E-mail : mmori@fhw.oka-pu.ac.jp

上げを5分間行い、その際の膝上げの効果について同様に検討した結果、背上げ後の殿部ピーク圧はクッション群においてほかの2群より有意に低い値を示した。背上げを行う際には殿部の圧力を大腿後面に分散させるクッションを身体に合わせて使用して膝上げをすることにより殿部の圧迫やずれを予防することが大切である。

キーワード：背上げ、クッション、殿部圧力

緒 言

今日、高度な医療技術や医療機器の進歩により延命が可能となったが、それに伴って寝たきりの患者が増加している。臨床では患者の寝たきり防止、ADLの拡大、および食事介助・経鼻経管栄養・胃瘻などのケア時などさまざまな目的で半座位や座位への援助（背上げ）が行われている。背上げをしていると身体がしだいに足のほうへずれ落ちていくが、このとき身体とベッドの接触面にずれ力が働く。特に尾骨部においては圧迫にずれ力が加わり、褥瘡が発生しやすくなるといわれている^{1,2)}。通常このような背上げを行う際には、背部、膝部を挙上できるギャッチベッドが広く用いられており、ギャッチベッドによる背上げ過程における身体接触部への圧迫やずれの影響を考慮した研究が行われてきた³⁻⁵⁾。これらの研究から、背上げ機能付きベッドの屈曲点が身体の屈曲点と合わないため背上げ時には圧迫とともにずれが生じ苦痛であること、臥床位置によりずれや圧迫の程度が異なること、背上げ後に「背抜き」をすると圧迫やずれが軽減されることなどが報告されている。

背上げが関与していると考えられている尾骨部周辺の褥瘡発生には背上げ過程の一時的な圧迫やずれよりも背上げ後の長時間にわたる座位または半座位姿勢保持時の身体接触部への圧迫やずれのほうが大きく関与しているのではないかと考えられる。背上げ後の姿勢保持時の身体接触部への圧迫やずれに関する研究はGoossensら⁶⁾、小長谷ら⁷⁾、Haradaら⁸⁾の報告などがみられるが、どのような介助をすれば圧迫やずれを軽減できるかという詳細な研究は少ない。また、看護の現場ではさまざまなクッションを用いて体位を保持し、圧迫やずれを防ぐ工夫をしているが、それらの効果についての詳細な研究はない。そこで、長時間にわたる背上げの際に、殿部や褥瘡が起りやすいとされている尾骨部にどのくらいの圧迫やずれが生じているのかという現状を把握するとともに、背上げ時にお

ける殿部の圧迫やずれを軽減することを目的にクッションを作製し、その効果について検討を行ったので報告する。

方 法

1. 被験者

実験1：特別な基礎疾患や運動機能上の問題をもっていない健康成人10名。

実験2：重篤な基礎疾患がなく、日常生活に支障のない65歳以上の高齢者12名。

2. 測定環境

湿潤による皮膚表面の変化を考え、発汗がみられないよう室温 $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 10\%$ に空調にてコントロールし、被験者に寒暖と発汗の有無を確認しながら実施した。ベッドは背上げ機能を有するパラマウントKA5240ベッド（ボトムは4分割、頭側より78 cm, 29 cm, 39 cm, 49 cm）を使用し、マットレス（パラマウントKE601）、標準マットレスパッドに綿平織りシートでベッドメイキングした。さらに、寝衣は病衣として広く用いられている綿平織りの寝衣を使用した。掛け物にはタオルケットを使用した。

3. クッションの作製

市販の低反発ウレタンマットレス（厚さ7 cm, HYOTOC製）を使用して図1に示すクッションを作製した。クッションAを大腿近位部に、クッションBを下腿に挿入した（図2）。

4. 臥床位置と背上げ法

実験1：遠藤ら⁹⁾の報告をもとに上前腸骨棘を背板の屈曲点に合わせて臥床させた。被験者には麻痺患者を想定して極力全身の力を抜き、なるべく動かないように臥床し、ベッドで30度の背上げを行ったあともそのまま40分間臥床するよう依頼した。臥床時間の設定は、経管栄養患者の背上げ時間についてわれわれが調査を行った結果⁹⁾、ほとんどの施設で30分以上持続しており、平均値は120分であったこと、予備実験で30分以降では体圧はほとんど変化しなかったこ

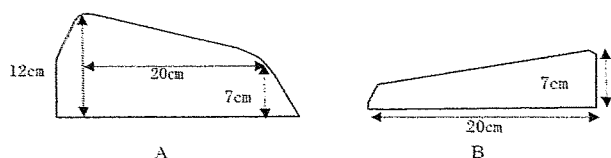


図1 クッション模式図（側面）



図2 クッション挿入図

表1 苦痛得点表

部位	苦痛得点				
	1	2	3	4	5
全身	非常に楽	楽	普通	つらい	非常に つらい
殿部	まったく 痛みはない	少し痛く なってきた	痛い	非常に 痛い	我慢できない くらい痛い

とを参考に決定した。40分間臥床するという精神的苦痛による身体への影響を最小限にするため、臥床中はDVD鑑賞などの配慮を行った。それぞれの被験者に対し以下に示す3種類の方法で背上げを行った。実施順序は無作為に行い、それぞれの実験間には十分に休養を取った。

- ①なし群：膝上げを行わず背上げのみ行う。
- ②機構群：ベッドの膝上げ機構を使用して膝上げ10度のあと、背上げを行う。
- ③クッション群：図1で示す自作のクッションAを大腿後面に、クッションBを下腿に挿入して膝上げ後、背上げを行う。

実験2：ベッドを介護用ベッド（パラマウントKQ-603）に変更したこと、膝上げ機構による膝上げ角度を15度にしたこと、背上げ後の時間を5分に短縮したこと以外は実験1と同様に行った。

5. 測定部位および方法

1) 殿部ピーク圧力

圧力分布測定システムClin-Seat（ニッタ）を使用。センサーシート（HUGE-MAT）を背部から大腿部にかけてシートの下に敷き、経時的に1秒ごと測定（クッションによる膝上げの場合はクッションをセンサーシートの下に挿入）。センサーシートは滑りやすいため滑り止めシート（ずれ防止シートジャストップNo.2：明和グラビア株式会社）でセンサーシートの上面を覆った。殿部ピーク圧力は殿部に相当する部位で一番高い圧力とした。

2) 尾骨部体圧およびずれ力

簡易式体圧・ずれ力同時測定器プレディア（モルテン）を尾骨部に貼付し、データはコンパクトサーモロガー（AM-8050E：安立）に接続して経時的に記録した。

3) ずれ量

背上げ直後に踵部のマットレス接地面にテープを貼付、40分経過後にも同様に踵部のベッド接地面にテープを貼付し移動量をメジャーで測定した。

4) 苦痛の評価

実験1において臥床中の苦痛を計測することを目的に、表1に示す自作の表を用いて、背上げ直後、10

分後、20分後、30分後、および40分後に全身および殿部について被験者に苦痛度を聞き、苦痛得点とした。

6. 統計処理

平均値と標準偏差を算出するとともに、群間の比較にはSPSS14.0を用い、Bonferroniの方法で多重比較を行った。p<0.05をもって有意とした。

7. 倫理的配慮

研究協力の依頼は、研究の目的・意義・方法、さらに参加・中断の自由、プライバシー保護およびデータの匿名性と保管について明記した文章を配布し、研究に対する疑問・質問等の確認を行ったあと、同意書をもって承諾を得た。実施にあたっては、再度、研究に対する疑問・質問等の確認と実験中断の自由を伝え、更衣や実施中の寝衣・寝具への配慮をはじめプライバシーの保護には十分な配慮のもと行った。

結 果

1. 実験1

被験者は男性4名、女性6名の計10名、年齢：21.0 ± 1.3歳、身長：166.1 ± 11.0 cm、体重：52.8 ± 8.1 kg、BMI：19.0 ± 1.1であった。

図3に10名の殿部ピーク圧力の平均値の推移を示す。殿部ピーク圧力は背上げ前は、なし群と機構群はほぼ同様な値を示したが、クッション群はほかの2群より低値を示した。背上げによりいずれの群においても初期にいったん低下したあと、背上げとともに上昇し、背上げ終了後にはなし群および機構群では背上げ前より高値となったが、クッション群は背上げ前と同程度にとどまり、その後3群ともにわずかに上昇傾向をみせた。図4に背上げ40分後の殿部体圧分布の1例を示す。クッション群はほかの2群とくらべ殿部とともに大腿部にも広く体圧が分散されており、殿部ピーク圧力はなし群および機構群にくらべクッション群は低値を示している。統計的には表2に示すごとく、背上げ前なし群と機構群はほぼ同値を示し、クッション群はほかの2群より10 mmHg以上低値を示していたが、有意差はみられなかった。背上げ40分後の殿部ピーク圧力は機構群がなし群よりやや高値を示していたが有意差はみられなかった一方、クッション群は

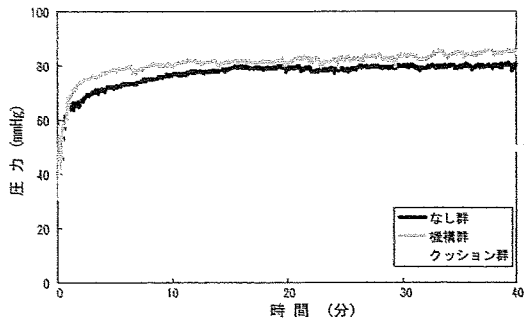


図3 殿部ピーク圧力の推移

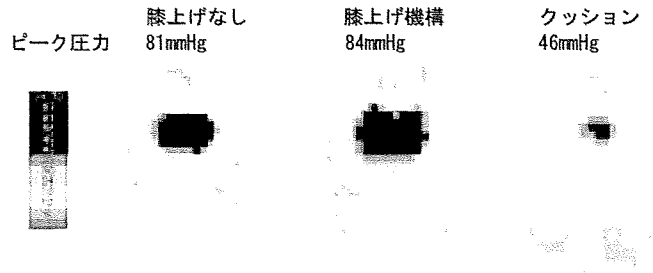


図4 背上げ40分後の殿部体圧分布図

表2 30度背上げ時の殿部ピーク圧力およびずれ量

	臀部ピーク圧力 (mmHg)		40分後 ずれ量 (cm)
	背上げ前	40分後	
なし群	58.8 ± 12.2	80.2 ± 11.3	2.1 ± 1.5
機構群	58.1 ± 16.2	85.2 ± 17.6	1.3 ± 0.8
クッション群	47.6 ± 18.1	50.0 ± 14.9	0.8 ± 1.2

** ; p<0.01

表3 30度背上げ時の尾骨部圧および尾骨部ずれ力

	尾骨部圧 (mmHg)		尾骨部ずれ力 (N)	
	背上げ前	40分後	背上げ前	40分後
なし群	51.6 ± 49.4	36.2 ± 48.7	0.98 ± 2.34	1.93 ± 2.20
機構群	25.7 ± 34.1	20.6 ± 36.9	- 0.21 ± 0.43	0.61 ± 3.16
クッション群	24.1 ± 43.4	15.0 ± 24.8	0.55 ± 0.96	- 0.86 ± 1.68

ほかの2群とくらべて30 mmHg以上低く、他の2群よりも有意に低かった。背上げ40分後のずれ量(表2)は、なし群でも2.1 cmとわずかであったがほかの2群より大きく、クッション群とは有意差がみられた。

表3に尾骨部圧および尾骨部ずれ力を示す。尾骨部圧は背上げ前には51.6 mmHgとなし群が一番高く、機構群とクッション群は25 mmHg程度と低かったがいずれの群でもばらつきが大きく有意差はみられなかった。背上げ後、いずれの群においても尾骨部圧はやや低下したが40分後でもなし群が一番高く、機構群、クッション群の順に低くなっていた。しかしいずれの群も背上げ前同様ばらつきが大きく有意差はみられなかった。尾骨部ずれ力は3群ともに背上げ前および背上げ40分後ともにあまり大きくなく、またばらつきが大きく有意差はみられなかった。

全身の苦痛得点(図5)は背上げ直後から3群間に差がみられ、クッション群が低値を示していたが有意差はみられなかった。40分の経過でなし群と機構群は徐々に苦痛得点が上昇し、クッション群よりは有意

に高値となり、クッション使用により全身の苦痛が軽減されていた。また、殿部苦痛得点(図6)においても40分臥床後の苦痛得点はクッション群が他の2群より有意に低く、殿部の苦痛もクッション使用により軽減されていた。

以上の結果と身長、体重など被験者の体格との間に相関はみられなかった。

2. 実験2

被験者は男性1名、女性11名の計12名、年齢：71.8 ± 5.4歳、身長：153.1 ± 6.3 cm、体重：57.0 ± 10.1 kg、BMI：24.3 ± 3.5。肥満の人が5名、亀背の人が5名いた。計測は圧力分布測定のみを行った。背上げによる体圧の推移は実験1と同様であった。表4に背上げ前および背上げ5分後の殿部ピーク圧と殿部ピーク圧の背上げ前後比を示す。殿部ピーク圧は背上げ前からクッション群において低く、背上げ後においてもクッション群は有意に低かった。また、背上げ前後の殿部ピーク圧比をみると、なし群、機構群では1.4倍に増加しているにもかかわらず、クッション群

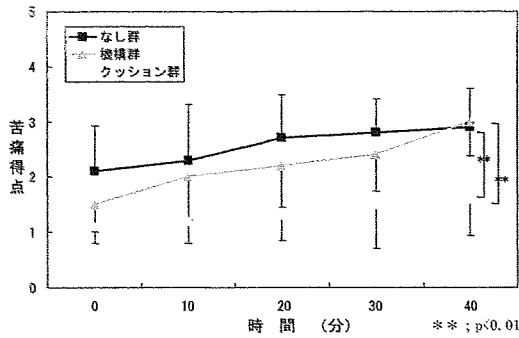


図5 全身苦痛得点の推移

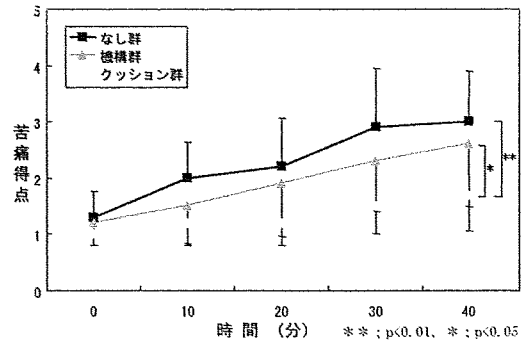


図6 殿部苦痛得点の推移

表4 高齢者30度背上げ時の殿部ピーク圧力および前後比

	殿部ピーク圧力 (mmHg)		背上げ前後比
	背上げ前	5分後	
なし群	50.1 ± 10.3	66.8 ± 8.6	1.4 ± 0.3
機構群	52.0 ± 9.2	72.5 ± 11.4	1.4 ± 0.1
クッション群	41.3 ± 9.5	48.3 ± 8.0	1.2 ± 0.2

** ; p<0.01, *p<0.05

では1.2倍と増加が軽度であった。被験者の感想でも、クッション群が楽であったという感想が聞かれた。

考 察

背上げ機能付きベッドによる背上げにより、仙骨部、背部、大腿部などベッドに接触する部位に大きなずれ力が働き、背部が圧迫されることが報告されている³⁻⁵⁾。このような背上げ時にみられるずれ力や圧迫はベッドと身体の屈曲点の位置が異なっていることが原因と考えられているが、ベッドの背上げ後の半座位や座位時にどれくらいのずれ力や圧迫が働くかについての詳細な研究はあまりなされていない⁶⁻⁸⁾。物理学的に考えれば、斜面に置かれた物体(上半身)は下方にずり落ちようとするため、斜面との摩擦によりずれ力が生じる。しかしながら、上半身の荷重を力の働く方向と垂直な面で支えると、理論的にはずれ力はゼロとなり、支える部位の圧力の上昇に変換される。小長谷ら⁷⁾は45度の背上げを行い、殿部に設置したフォースセンサーで計測した結果、背上げにより殿部の水平力(ずれ力に相当)および垂直力(圧力に相当)は上昇するが、膝上げにより水平力は減少し、垂直力は上昇することを報告しており、このことを裏付けている。一方Haradaら⁸⁾は30度の背上げをしたままで、10分ごとの仰臥位と側臥位の体位変換を2時間にわたって行い、膝上げにより身体のずれ下がり減少するが、仙骨部の圧力には差がなかったと述べている。われわれの研究でも30度背上げにより殿部ピーク圧力は上昇

し、膝上げすることにより殿部ピーク圧力がさらに上昇しており、小長谷ら⁷⁾の報告と同様の結果を得た。一方、尾骨部圧は膝上げにより減少傾向を示していたが圧が高い被験者では100 mmHg以上を示す反面、低い被験者では10 mmHg以下を示すなどばらつきが非常に大きく有意差はみられなかった。これはHaradaら⁸⁾の仙骨部についての報告と似ており、小長谷ら⁷⁾の殿部全体の水平力と垂直力を計測した報告と異なっていた。この違いはHaradaらの仙骨部圧や本研究の尾骨部圧は狭い範囲の圧力を計測しているものであるため、仙骨部から尾骨部にかけては体表面が彎曲していることに加え、殿筋の発達程度など体型の違いにより30度背上げにより圧の加わる部位が異なり、ばらつきが大きかったのが原因と考えられる。本研究の尾骨部ずれ力についても同様に体型の違いによるものと考えられるばらつきが大きく、小長谷ら⁷⁾の研究のような膝上げによる減少はみられなかった。ずれ量についてHaradaら⁸⁾は2時間の背上げ中に膝上げなしで29.34 cm、膝上げ時で18.41 cmと膝上げにより有意にずれ下がりが減少したと述べている。本研究では膝上げのあるなしにかかわらず、ずれ量はわずかである。この違いは、Haradaら⁸⁾もずれ下がりは10分間の臥床中に起こったのではなく、体位交換時に起こったと述べているように、被験者が動かない限り臥床中にはあまりずれ下がらないと考えられる。以上述べてきたように、30度または45度の背上げに対して膝を上げることにより殿部のずれ力や体のずれ下がり軽

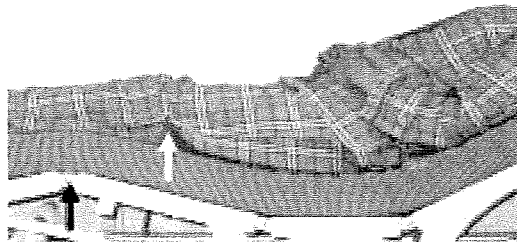


図7 機構を使った膝上げ・30度背上げ時の膝の位置
(黒矢印：ベッド天板の屈曲点，白矢印：膝の位置)

減されているようであるが、われわれ⁵⁾が先に報告したように背上げ機能付きベッドの膝上げ機構が身体のサイズと合っていない場合、背上げ時に膝上げを行うとかえってずれ力や圧迫が増加することがある。実際、ベッドの背板の屈曲点と身体の屈曲点を合わせて臥床して背上げすると、膝上げ時のベッドの膝屈曲位置は膝よりも足側に位置し、大腿後面がベッドから少し浮いた状態になることが多い(図7)。本研究においても30度背上げにおいて膝上げ機構を使用して膝上げた場合、殿部ピーク圧力はやや上昇したにもかかわらず、尾骨部圧やずれ力は膝上げによりやや減少しているが有意差はみられなかった。殿部の体圧分布(図4)を見ても、膝上げしても殿部の体圧分散にはほとんど変化がみられなかった。このような膝上げによる殿部ピーク圧力の上昇や尾骨部圧などを軽減するには殿部の荷重を大腿後面に分散させる必要があると考えられたので、本研究ではおもに座骨部から大腿近位を支える目的でクッションを作製し、被験者に合わせて適切な位置にクッションを置いて計測した。その結果図4に示すように殿部の荷重が大腿部にも分散されており、殿部ピーク圧力のみならず、ずれ量も有意に低下した。また、被験者の感想でも全身や殿部の苦痛が軽減されていた。

臨床現場においてもずれ下がりなどを軽減する目的でさまざまなクッションを用いて膝上げしている光景を眼にするが、クッションを用いたときのずれ下がりの軽減や減圧効果などについての詳細な検討はあまりなされていなかった。成書にはクッションを使用して膝を45度程度上げている図¹⁰⁾も掲載されているが、Goossens⁶⁾らはシミュレーションと健常成人についての実測により、30度背上げでは約15度、45度背上げでも20度以下の膝上げ時にずれが少ないと報告しており、あまり膝を上げ過ぎるのはよくないと考えられる。われわれもさまざまなクッションを作製し検討した結果、図1に示すクッションを作製したわけであるが、被験者によってはもっと高さの低いクッションのほうが殿部の苦痛が少ないと答えており、体格や背上げ角度に合わせたクッション等を用いて膝上げする

ことにより、背上げによる殿部の圧迫やずれを軽減できると考えられる。

本研究では殿部ピーク圧力は高いにもかかわらず、尾骨部の圧力やずれ力は低い人が多く、背上げにより尾骨部付近に褥瘡が発生しやすくなることと矛盾した結果となった。Haradaら⁸⁾の研究でも仙骨部圧は低値を示しており、これは健常者において適切な位置に臥床して背上げた場合には殿部の荷重はおもに座骨部によって支えられているため尾骨部や仙骨部の圧力は低値を示しているが、臨床においては骨突出があったり、背上げ中にずれ下がることによって骨盤の後傾が強くなって殿部の荷重が座骨部から尾骨部に移動することにより尾骨部付近に褥瘡が発生しやすくなるのではないかと考えられる。

結 語

ベッド上での30度背上げ時に行うベッドの機構を利用した膝上げは膝を上げる位置が体格と合っていない場合が多く、かえって殿部の圧力が増加する。クッションなどを用いて身体に合わせた膝上げをすることにより、殿部の荷重を座骨部から大腿部に分散し、背上げ時の殿部の圧迫を軽減するとともにずれを防ぎ、苦痛や褥瘡の発生を防ぐことが重要と考えられる。

謝 辞

この研究の実施に際し手伝っていただいた浅井優子氏、冠野真弓氏、高橋弥由氏、堀野千里氏、および渡邊洋子氏に深謝いたします。また、統計に関してご指導いただきました三好弘人先生に深謝いたします。

文 献

- 1) Reichel SM : Shearing force as a factor in decubitus ulcers in paraplegics. JAMA, 166(7) : 762-763, 1958.
- 2) Bennett L, Kavner D, Lee BK, et al : Shear vs pressure as causative factors in skin blood flow occlusion. Arch Phys Med Rehabil, 60(7) : 309-314, 1979.
- 3) 大久保祐子, 小長谷百絵, 小川鑑一 : ベッドの背を上げ下げする時の身体への影響. 褥瘡会誌, 2(1) : 45-50, 2000.
- 4) 森 将晏, 遠藤明美, 小山恵美子, ほか : ベッドの背上げ時に働く力の臥床位置による差異について. 褥瘡会誌, 6(4) : 587-592, 2004.
- 5) 遠藤明美, 奥山真由美, 村上生美, ほか : ギャッチベッドの背上げにおける援助方法の検討 - 臥床位置と膝上げ方法から考える -. 日看研会誌, 28(5) : 47-54, 2005.
- 6) Goossens RHM, Snijders CJ : Design criteria for the

- reduction of shear forces in beds and seats. *J Biomech*, 28(2) : 225-230, 1995.
- 7) 小長谷百絵, 大久保祐子, 小川鑛一, ほか: フェーラー位におけるずれの力に関する研究—フォースセンサーによる測定結果より—. *日WOCN会誌*, 2(1) : 24-30, 1998.
- 8) Harada C, Shigematsu T, Hagnosis S : The effect of 10-degree leg elevation and 30-degree head elevation on body displacement and sacral interface pressure over 2-hour period. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 29(3) : 143-148, 2002.
- 9) 荻あや子, 押本由美, 遠藤明美, ほか: ギャッチベッドによる背上げ行為に関する実態調査. *岡山県立大保健福祉紀*, 13(1) : 1-11, 2006.
- 10) 真田弘美: 褥瘡の予防. 褥瘡の予防・治療ガイドライン (厚生省老人保健福祉局老人保健課監修, 宮地良樹編集), 8-36, 照林社, 東京, 1998.
-

ずれや圧迫の少ない背上げ機構を持つベッドの開発*

森 将晏**, 遠藤明美***, 押本由美***, 道繁祐紀恵***, 小山恵美子****

It is well known that pressure loading and shearing force occur at backrest elevation (BE) of a Gatch bed. Those phenomena are thought to be caused by differences between movements of the body and the backrest during BE, but this theory has not been examined precisely. The simulation of body movement during BE showed that movement of the backrest should be changed according to body size, thickness of the mattress, and lying position. Therefore, we developed a new BE system in which the backrest was connected to the bed body with a rotating arm that lengthened with rotation of the arm and rotation of the backrest. This new BE system could adapt to differences in body size, thickness of the mattress, and lying position. Performance tests of this new BE system using 5 subjects with different body sizes and with 2 mattresses with different thicknesses showed good results similar to those of the simulation. Then, performance of this new BE system was compared with commercially available hospital beds in 12 aged subjects. This new BE system showed a better ratio of loading weight and peak pressure on the back on a comparison between those before and after BE. Furthermore, movement displacement of the weight loading center of the back by BE and slipping displacement of the head after BE were better than those of a commercially available hospital bed.

ギャッチベッドによる背上げ時に身体接触部に圧迫やずれが起こることが報告されている。このずれや圧迫は背上げ時の身体の動きとベッドの背板の動きが異なっていることが原因とされているが、詳細な検討はなされていなかった。そこで、背上げ時の身体の動きをシミュレートしたところ、臥床者の体格、マットレスの厚さ、臥床位置などによって背板の動きを変更する必要があることが明らかになった。この結果を基に、ベッドの背板をベッド本体とアームで連結し、アームが回転するにつれアームが伸びると共に、アームに対して背板が回転する背上げ機構を開発した。本機構は上記、臥床者の体格などの変化に対応して調節可能である。本機構の試作ベッドについて5名の体格の異なる被験者と2種類の厚さの異なるマットレスを用いて検討したところ、ほぼシミュレーション通りの良好な結果を得た。そこで12名の高齢者について介護用ベッドと比較検討したところ、背上げ前後の背部荷重値比、背部ピーク圧比、背部荷重中心移動量、背上げ後ずれ量の何れにおいても本機構の試作ベッドのほうが良好な結果を得た。
(キーワード：ギャッチベッド、背上げ機構、シミュレーション)

1. はじめに

麻痺のある患者などにおいてベッド上で仰臥位から座位へ上半身を起こす(背上げ)時に介護者の負担を軽減する目的でギャッチ機構を有するベッドが使用されている。しかしながら、従来のギャッチ機構を使用して背上げ

げすると身体接触面のずれや背部への圧迫が発生し患者に苦痛を与えること¹⁾が報告されており、また、これらの外力は臥床位置により異なることも報告されている²⁾。このずれや圧迫は重ねた紙束を折り曲げたときに内側の紙が両側にせり出してくる現象³⁾、殿部の中心を軸として回転するように起きあがるという模式図による説明⁴⁾や臥床者の屈曲点(股関節)とベッド背板の屈曲点の位置の違いによる⁵⁾という言葉で説明されているのみで、背上げ時の上体の動きを詳細に分析した報告は見あたらない。背上げ時の上半身の動きと、それに接触するマットレスの動きが同調して居ればこのようなずれ力や背部の圧迫は軽減されるはずである。そこで、背上げ時の上半身の動きをシミュレートしてみると、ベッドの背板は臥床位置、マットレスの厚さ、殿部の大きさなどによって、背上げ時に動く軌跡を変えなければならないことが明らか

* 受付：2008年12月15日 受理：2009年3月31日

** 岡山県立大学保健福祉学部
Faculty of Health and Welfare Science Okayama Prefectural University

*** 岡山県立大学大学院保健福祉学研究科
Graduate School of Health and Welfare Science Okayama Prefectural University

**** 倉敷平成病院
Kurashiki Heisei Hospital

かになった。しかしながら、現在使用されているベッドの背上げ機構は背板部分が殿部を支える天板と蝶番で連結されて、折れ曲がる機構になっているものが主体で、介護用ベッドにおいても背板を2組のステーで支えて背上げ時に背板を後上方に伸ばす機構を備えたものなどが見られるが、背板の動きを制御することの出来る背上げ機構は見られない。

そこで、背上げ時の背板の動きを調節できる背上げ機構を開発し、その性能について検討したので報告する。

2. 背上げのシミュレーション

以下のシミュレーションはすべてMicrosoft Excel 2000 for Windowsを用いて行った。

背上げ時の骨盤の動きを図1に示す。仰臥位時、骨盤は仙骨部でマットレスに接しているが背上げと共にマットレスとの接触部は足側へ移動し、座位時には座骨部でマットレスに接する。この時骨盤を仙骨と座骨で接する半円、背部を直線で表し、骨盤半径を r 、回転角を θ 、マットレスの厚さを t 、とすると(図2)仙骨部の座標 $s(x_0, y_0)$ はそれぞれ

$$s \begin{cases} x_0 = r \sin \theta - r \theta \\ y_0 = r - r \cos \theta + t \end{cases}$$

となる。

また、背部の一点を $b(x_1, y_1)$ 、 s から b までの距離を d 、 s の位置に相当する背板の位置を $s'(x_0', y_0')$ 、 b の位置に相当する背板の位置を $b'(x_1', y_1')$ とするとそれぞれ以下の如くなる。

$$s' \begin{cases} x_0' = x_0 + t \sin \theta \\ y_0' = y_0 - t \cos \theta \end{cases}$$

$$b \begin{cases} x_1 = x_0 + d \cos \theta \\ y_1 = y_0 + d \sin \theta \end{cases}$$

$$b' \begin{cases} x_1' = x_1 + t \sin \theta \\ y_1' = y_1 - t \cos \theta \end{cases}$$

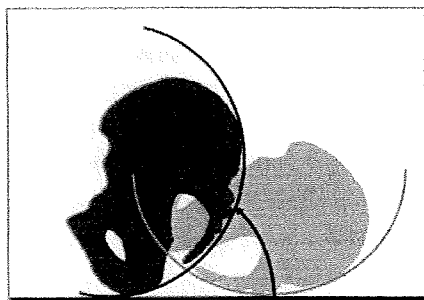


図1 背上げ時の骨盤の動き

Fig. 1 Simulation of the movement of the pelvis during backrest elevation.

また、臥床位置が dx 移動すると $x_0 = r \sin \theta - r \theta + dx$ となり、背板($s'b'$)はマットレスの厚さ(t)、殿部の大きさ(r)および臥床位置(dx)の変化により図3の如く動かなくてはならない。つまり、臥床位置が同じ場合殿部の大きさが大きいほど背板は足側上方へ移動しなくては

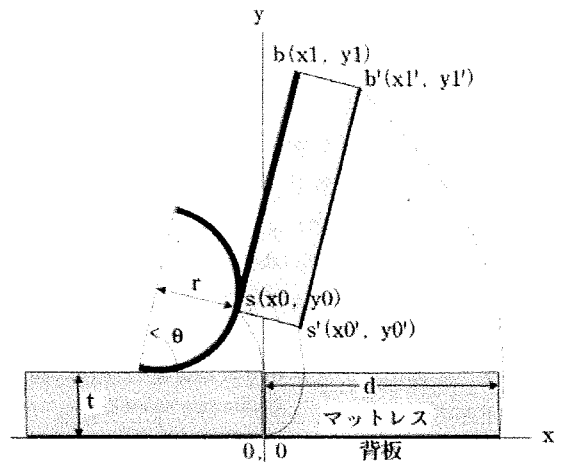


図2 背上げ時の身体及び背板の動きのシミュレーション

Fig. 2 Simulation of the movement of the body and backrest during backrest elevation.

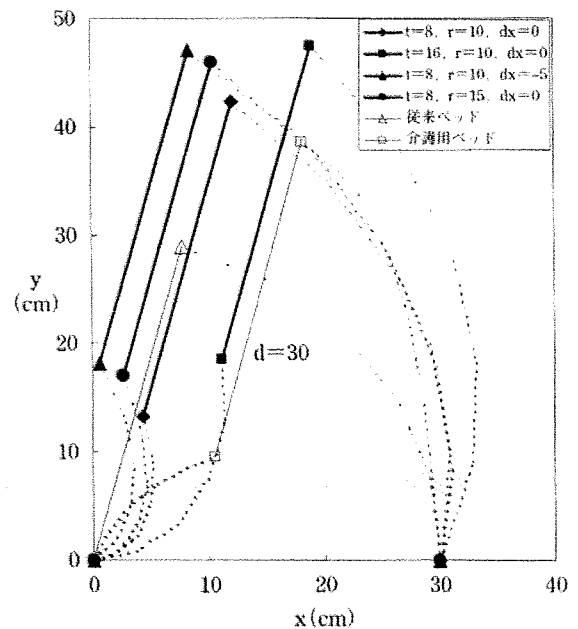


図3 75度背上げ時の背板の位置のシミュレーション

t : マットレスの厚さ, r : 臀部の半径, dx : 臀部の位置 (単位: cm)

Fig. 3 Simulation of backrest positions at 75-degree backrest elevation.

t : thickness of mattress, r : radius of hip, dx : location of hip (unit: cm)

ならないし、マットレスが厚いほど頭側上方に移動しなくてはならない。また、臥床位置が足側にずれると背板は足側上方に位置しなくてはならない。この他にも背上げに連れて背部が腹側に屈曲する場合は背板は頭側下方へ位置しなくてはならないし、身体が足側にずれ下がった場合は背板が足側へ位置しなくてはならない。

3. 既存のベッド背板の動き

従来から使用されているベッドの大部分は背板が殿部を支える天板と蝶番で繋がっており、背板は蝶番を中心とした円弧を描いて動く(図3)。このため、背板の位置は $dx=0$, $r=10$, $t=8$ としてシミュレーションした位置より約13.3 cm下方、約4.3 cm足側に位置することになる。実際にはマットレスの足側が固定されており、殿部と背部が分離しているわけではないので、マットレスの屈曲部に圧縮が起こると共に、マットレスは頭側上方にずれ上がることとなる。また、マットレスが厚ければ厚いほどシミュレーションした位置との差が大きくなり、臥床者への圧迫やずれが大きくなる。

一方、ずれや圧迫を軽減することを目的とした介護用ベッド(パラマウントKQ403)は背板が2組のステーで支えられており、背板は図3のような動きを示す。これを上記の背板のシミュレーションと比べると、背板は約3.7 cm下方、約6.0 cm頭側に位置することとなる。このベッドは蝶番型のベッドよりは殿部にゆとりがあり、マットレスのずれ上がりも見られないので、ずれや圧迫が軽減されると考えられるが、シミュレーションに比べ背板が頭側下方に位置しているため骨盤が後屈気味になり、マットレスの厚さが増すとシミュレーションに比べ、水平方向の位置の差は小さくなるが、上下位置の差は拡大することとなる。

また、両ベッド共に臥床位置が足側にずれた場合にもシミュレーション位置との違いが増加する。

4. 調節可能な背上げ機構をもつベッドの開発

上で述べた如く背上げ時の背板の動きは殿部の大きさ(r)、マットレスの厚さ(t)、および臥床位置(dx)などにあわせて変更する必要がある。そこで、このような動きに対応できる図4aの背上げ装置を開発した⁵⁾。本背上げ機構では背板はベッド本体に設置した回転アームとアーム連結部(c)で連結されており、アームおよび背板はそれぞれの回転軸を中心に回転可能にしてある。背板回転軸は背板の殿部端から30 cmの所に設定した。背上げ

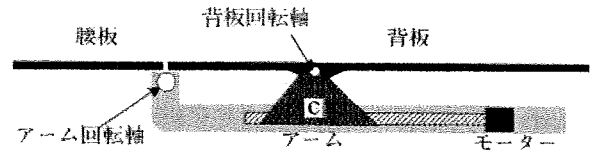


図4a 背上げ機構模式図

Fig. 4a Schematic view of the new backrest elevation system.

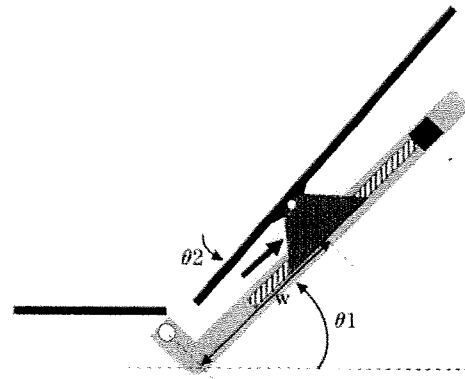


図4b 背上げ機構模式図(背上げ途中)

Fig. 4b Schematic view of the new backrest elevation system (elevating).

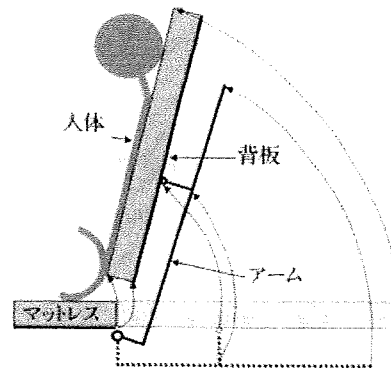


図5 本背上げ機構による背上げのシミュレーション

Fig. 5 Simulation of the movement of the new backrest elevation system.

時にはアームの回転($\theta 1$)と同調してモーターが回転し、アーム連結部(c)が右方に移動することにより、アーム長(w)が伸びる。また、背板は身体の動きに合わせて背板回転軸を中心に回転する。この背上げ機構を使用すると図4bに示す如くアームの回転に従いアーム長(w)が伸びると共に、背板が背部に押されて僅かに回転($\theta 2$)する。この背上げ機構の75度背上げ時のシミュレーションを図5に示す。

この背上げ機構において75度背上げた場合のアーム

長と背板回転角の推移を図6に、75度当たりのアームの伸び量と、背板の回転角(θ2)をシミュレートしたのが表1である(アーム回転軸は(x=0, y=-2)に設定)、マットレスの厚さ8 cm、殿部の半径を10 cm、臥床位置を背板の屈曲点上(0, 8)と仮定した場合75度背上げ時のアームの伸び量は16.0 cmとなり、背板の回転角度は2.7度と軽度であるが、マットレスの厚さを16 cm、殿部の半径を10 cmと仮定するとアームの伸び量は24.3 cmと8.3 cmも増加し、背板の回転角度も8.6度と大きくなる。マットレスの厚さ8 cm、殿部の大きさを15 cmと仮定した場合はアームの伸び量は19.1 cmとなり、殿部の大きさを10 cmと仮定した場合より少し増加するのみで、背板はほとんど回転しない。マットレスの厚さ8 cm、殿部の半径を10 cm、臥床位置が足側に5 cmずれたと仮定した場合はずれない場合に比べアームの伸び量はやや増加し、

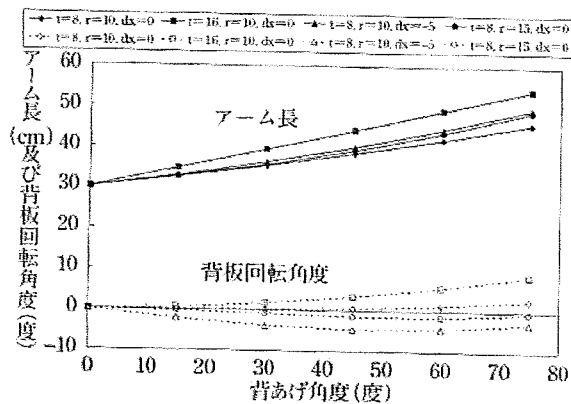


図6 背上げ角度とアーム長、背板回転角度のシミュレーション

t: マットレスの厚さ, r: 臀部の半径, dx: 臀部の位置 (単位: cm) 実線: アーム長, 点線: 背板回転角度

Fig. 6 Simulation of the relation of arm length and backrest rotation angle to backrest elevation angle.

t: thickness of mattress, r: radius of hip, dx: location of hip

(unit: cm) solid line: arm length, dotted line: backrest rotation angle

表1 75度背上げ時のアームの伸び量と背板回転角度のシミュレーション

Tab. 1 Simulation of arm length and backrest rotation angle after a 75-degree backrest elevation.

	アームの伸び量(cm)	背板回転角度(度)
t=8, r=10, dx=0	16.0	2.7
t=16, r=10, dx=0	24.3	8.6
t=8, r=10, dx=-5	19.7	-3.1
t=8, r=15, dx=0	19.1	-0.5

t: マットレスの厚さ, r: 臀部の大きさ, dx: 臥床位置(単位cm)

背板は逆方向に回転することとなる、頭側にずれたと仮定した場合は、ずれが大きいと背上げ時に殿部がマットレスからはみ出すので対応できない。

5. 試作ベッド性能の検討

図7は上記背上げ機構に基づき作成した試作ベッドである。本試作ベッドは長さ195 cm、幅83 cm、高さ49 cm、背板の長さ86 cm、腰板の長さ105 cm、アームの回転および伸縮にはそれぞれ電動モーターを用い、2つのモーターを同一スイッチでコントロールすることにより同調させた。それぞれのモーターにはコントローラーを設置し、スピードをコントロールした。背板回転軸はアーム回転軸より頭側30 cmの所に設置した。背板回転軸が背板の中央より足側にあり、重心が背板回転軸より頭側になるため、背板の足側端にバランスを設置し、バランスを保った。背板は電磁ストッパーを用いて、背上げおよび背下げ時のみ回転可能とした。また、上体ののけぞりを防ぐ目的で、後方への回転を5度以内に制限した。背板の回転には動力を用いず、背中の動きに応じて受動的に回転するように設計した。

本試作ベッドを用いて以下の実験を行った。

以下の実験において、被験者には研究目的・意義・方法、さらに研究への参加・中断の自由、個人情報については秘密を厳守し研究目的のみに使用し厳重に管理すること等を説明し、同意を得た。

5-1. 実験1

5名の健常成人を対象に、至適なアームの伸び量について検討した。被験者を基準的位置(マットレスの境界部に仙骨が来る位置: dx=0)に仰臥位で臥床させ、75度の背上げを行った後背抜き(背上げた状態で実験者が

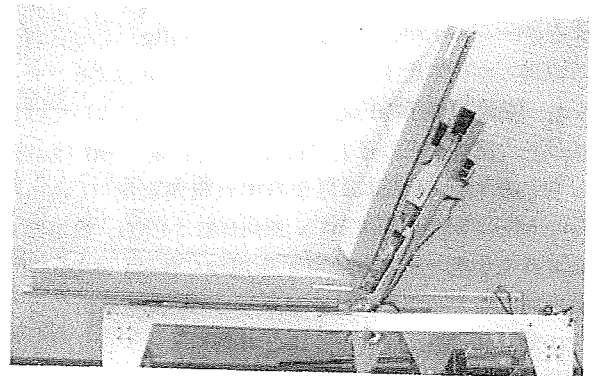


図7 試作ベッド

Fig. 7 Test machine for the new backrest elevation system.

表2 75度背上げあたり頭部ずれ量の一番少ないアームの伸び量

Tab. 2 Elongation rate of the arm causing minimum slipping displacement of the head by a 75-degree backrest elevation.

マットレス	r=10, dx=0 計算値	145 cm BMI=19	155 cm BMI=23.9	160 cm BMI=33.9	163 cm BMI=23	178 cm BMI=19.9
プレグラ (厚さ8 cm)	16.0	16.5	14.5	16.5	16.5	18.5
マキシフロート (厚さ16 cm)	24.3	24.5	20.5	20.5	24.5	28.5

単位 (cm)

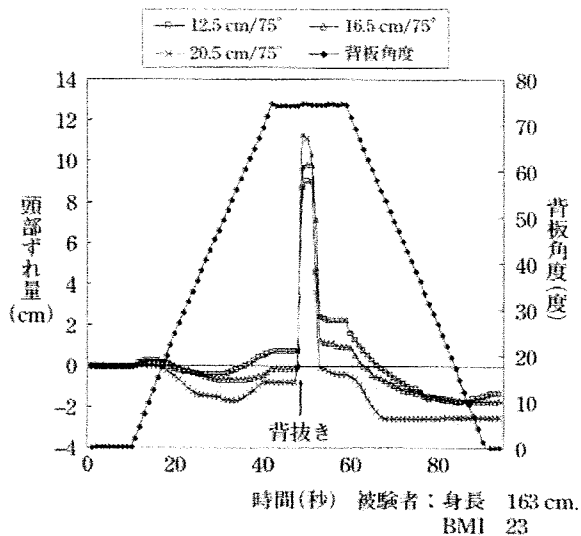


図8 背上げ・背下げ時の頭部ずれ量

Fig. 8 Slipping displacement of the head during elevation and lowering of the backrest.

被験者の上体を前傾させ、背部をマットレスから離すことにより背部のずれや圧迫を解除する手技し、その後背下げを行った。体圧等の測定は背部のシートの下に体圧分布測定装置 (Big-Mat : Nitta) のセンサーシート (44 cm×48 cm) を敷き、背部の体圧分布について検討した。背部荷重値はセンサーシート全体の荷重値 (N) とし、背上げ直前と直後の比を求めた。背部ピーク圧はセンサーシート中で一番高い圧力 (mmHg) とし、背上げ直前と直後の比を求めた。また、荷重中心はセンサーシート全体の荷重の中心とし、その移動量については背上げ前の位置からの背上げ直後の移動距離 (cm) を計測した。また、ずれ量は自作のずれ量測定器 (Cosmos Tokyo製可変抵抗器RV24YN 20S B103 : 1 KΩ, 乾電池および安立製データコレクターを用いて作製) を用いて、背上げ直前の頭部の位置を基準として移動直後の位置について計測した。マットレスは通常のマットレス (プレグラ : 厚さ8 cm, パラマウント社) および、体圧分散マットレス (マキシフロート : 厚さ16 cm, パラマウント

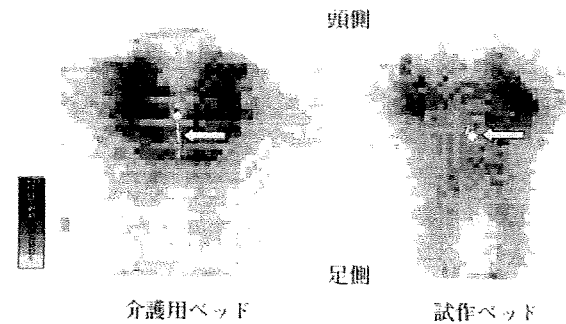


図9 背上げによる背部荷重中心の移動軌跡 (矢印) と背上げ後の背部圧力分布

Fig. 9 Shift in the weight loading center of the back by backrest elevation (arrow) and pressure distribution of the back after backrest elevation.

社) を使用した。

図8に被験者 (身長 : 163 cm, BMI : 23) を基準の位置に臥床させ、背上げ時のアームの伸び量を変化させたときの頭部ずれ量の1例を示す。何れの伸び量でも背上げ初期にはややずれ下がる傾向にあるが、その後背上げと共にずれ上がる傾向が見られる。本例ではアームの伸び量を16.5 cm/75度に設定したとき背上げ後のずれ量はほぼ0 cmを示しており、20.5 cm/75度に設定すると伸び量が大きすぎて体は相対的にずれ下がり、12.5 cm/75度に設定すると伸び量が少なすぎて身体がずれ上がっている。このようにして背上げ後の頭部ずれ量の一番少ない伸び量を5名について検討した結果を表2に示す。アームの伸び量はプレグラの時は75度あたり2 cm刻み、マキシフロートの時は75度あたり4 cm刻みで増減し検討した。被験者により多少の変動が見られるが、両マットレスで殿部の大きさを10 cmとしてシミュレーションした値前後で最小値を示した。またこの伸び量前後で背部荷重値比、背部ピーク圧比および背部荷重中心移動量もほぼ最低値を示した。

5-2. 実験2

日常生活に支障のない高齢者12名 (年齢 : 71.8±5.4才,

表3 各種測定値のベッドによる差

Tab. 3 Differences in results between beds.

ベッド	背部荷重値比	背部ピーク圧比	荷重中心移動量 (cm)	背上げ後ずれ量 (cm)	背抜き後ずれ量 (cm)	背下げ後ずれ量 (cm)
介護用ベッド	0.87±0.17	1.23±0.26	3.7±1.8	3.5±1.2	6.0±1.9	-1.3±1.5
試作ベッド	0.72±0.09	1.03±0.19	-0.8±2.1	-0.3±1.2	0.6±1.5	-2.9±1.4
p	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

p: t検定値

身長: 153.1±6.3 cm, BMI: 24.3±3.5) について、介護用ベッド (パラマウント社, KQ403) および試作ベッドを用いて実験1同様に背上げを行い、体圧分布、頭部ずれ量等を測定し比較検討した。マットレスはプレグラを使用し、試作ベッドのアームの伸び量は16.5 cm/75度と一定にした。図9に両ベッド背上げ後の背部体圧分布と背上げに伴う荷重中心の移動軌跡の1例を示す。介護用ベッドでは背上げと共に荷重中心が頭側に移動し、背上げ後には肩甲部の広い範囲に高い圧力がかかると共に、背下部から腰にかけてはマットレスから離れて荷重がかかっていない。一方、試作ベッドでは背上げに伴う荷重中心の移動はほとんど見られず、体圧も背部全体に分布している。表3に背上げによる背部荷重値比、ずれ量等の測定結果を示す。背部荷重値は背上げにより両ベッドとも低下するが、試作ベッドの方が有意に低下する。背部ピーク圧は介護用ベッドでは仰臥位よりも高くなるが、試作ベッドでは仰臥位とほぼ同じ値を示している。荷重中心は図9で示した如く介護用ベッドでは頭側に移動するが、試作ベッドではほとんど移動しない。ずれ量に関しては背下げ後のずれ量を除いたすべての項目で試作ベッドは有意に低値を示し、試作ベッドでは背部のずれや圧迫が軽減されていることが明らかにされた。

6. 考察

従来より背上げにより臥床者にずれや圧迫が生ずることが知られており、それらによる苦痛を除くために背上げ途中及び背上げ後に背抜きという行為が用いられている。このようなずれや圧迫の原因については身体の動きとベッド背板の動きが異なっているからという漠然とした理由が述べられているのみで、詳細に検討した報告はなかった¹²⁾。本研究では背上げ時の身体の動きをシミュレーションすることにより、背板の動きはマットレスの厚さ、殿部の大きさ、臥床位置などにより変化させなくてはならないことを示した。実験1の結果からはシミュレーション通りアームの伸び量はマットレスの厚さには影響されることが示されたが、体格には影響されないよう

に感じられる。しかし、体格の差について検討してみると、仮に身長が一番低い人と一番高い人を比較してみても178 cm/145 cm=1.23倍にしか過ぎず、もし殿部の半径もこれに比例すると仮定し、低い人の殿部の半径を10 cmと仮定すると高い人の半径は12.3 cmとなり、この時のアームの伸び量の差は計算上1.4 cmと僅かにしかすぎない。肥満度の差についても同様に僅かな影響しか与えず、アームの伸び量を2 cmまたは4 cm刻みで変更したため、差が出なかったと思われる。また、殿部の半径が10 cmでシミュレーションした時の値に近かったことについては、実際の殿部の半径を計測することが出来ない訳であるが、やや短すぎる感じもする。このことについては、背上げに連れて背部が腹側に屈曲する場合や足側にずれ下がった場合をシミュレーションしてみるとアームの伸び量が減少することが関与していると考えられる。本研究では計測していないが、実際に背上げ時の骨盤の角度と背部の角度を計測してみると普通のベッドで20度以上、試作ベッドでも10度以上屈曲している。このため殿部の半径が見かけ上短くなっているのではないかと考えられる。また、マキシフロートにおいて、シミュレーションより短い被験者が居る一因としては、体圧により圧縮されてマットレスの厚さが薄くなったことも考えられる。以上のように多少のずれはあるが、本シミュレーションはほぼ妥当性があると考えられる。

現在、背板が蝶番で折れ曲がる従来のベッドの他に背上げ時に背板が後上方に伸び上がり、ずれを緩和する背上げ機構¹³⁾を持つ介護用のベッドも数種類使用されているが、これらのベッドにおいてもシミュレーションで示した如く、後ろへ引きすぎで、上方への移動が少なすぎるため、骨盤は後傾気味で、腹部や肩甲部への圧迫が見られる。窪田ら⁸⁾もこのような介護用ベッドでも背上げ中の腰部・骨盤部の支持が不十分で、骨盤が後傾し、腰腹部を圧迫することを示している。この現象を解消すべく背上げ中に腰椎部を後ろから押し、骨盤の後屈を防ぐ機構を備えたベッド⁹⁾も報告されているが、上方への移動量は少なすぎ、腰背部の圧迫を取り除くには不十分である。また、これらのベッドでは厚いマットレスを使用

した際、それに対応して動きを変更できないためずれや圧迫は強くなると考えられる。

一方、本研究で作製した試作ベッドの機構はアームの回転角度に対してアームの伸び量と背板の回転角度を調整することにより殿部の大きさ、マットレスの厚さおよび臥床位置などの変化にも対応して背板の動きを調節することが出来、厚いマットレスでも背部にほとんどずれを感じることなく背上げすることが出来る。もしアームの伸びが適切でない場合、臥床者は直接背中にずれを感じるので、臥床者がずれを感じない快適な伸び量に調節することにより、個人個人に合わせた最適な背上げが可能となる。

本試作ベッドは上記のように背上げに際してずれや圧迫を軽減することが出来るが、背板の不安定性の解消、背板回転軸の取り付け位置の検討、背板の回転をコンピュータで制御するかどうか、背板と腰板を伸縮性機構で連結する方法、このベッドの性能をうまく引き出せるマットレスの開発、など実用化に際してさらに検討課題が残っている。寝たきりの高齢者が増加している現在、背上げ機能付きのベッドはこれからもっと必要になると考えられるが、このような彼らの背上げによる苦痛を取り除き、安楽な背上げを行えるベッドの開発が必要である。

7. おわりに

ギャッチアップ時の身体の動きをシミュレーションしたところ、背板の動きはマットレスの厚さ、殿部の大きさ、臥床位置などにより変化させなくてはならないことが明らかとなった。しかしながら従来のベッドは背上げ時の身体の動きと異なった動きをしており、ずれや圧迫が強いことが明らかになった。そこで、様々なパラメー

タが変化しても身体の動きに追従して動くことの出来る背上げ機構を開発し検討したところ、従来のベッドに比べずれや圧迫が軽減されていることが明らかになった。このような臥床者の苦痛を取り除き安楽な背上げが出来るベッドの開発が必要である。

謝 辞

本試作ベッドを作製するにあたり、パラマウントベッド株式会社および、興南設計株式会社の江端貞夫氏のご協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 大久保祐子, 小長谷百絵, 小川謙一: ベッドの背を上げ下げするときの身体への影響, 日本褥瘡学会誌, 2(1), 45-50, 2000.
- 2) 森將晏, 遠藤明美, 小山恵美子, 三村真季, 春間美紀, 岡崎秀和: ベッドの背上げ時に働く力の臥床位置による差異について, 日本褥瘡学会誌, 6(4), 587-592, 2004.
- 3) 特開2000-140039: ベッドにおける背上げ機構, 出願人: パラマウントベッド株式会社, 2000.
- 4) 大浦武彦: わかりやすい褥瘡予防・治療ガイド, 78-79; 照林社, 2001.
- 5) 特開2005-296580: 可変可能な背上げ機構を有するベッド, 出願人: 森將晏, 2000.
- 6) 特開2000-60907: ベッドにおける背上げ機構, 出願人: パラマウントベッド株式会社, 2000.
- 7) 特開2000-83760: ギャッチ機構を有するベッド, 出願人: パラマウントベッド株式会社, 2000.
- 8) 窪田聡, 山本澄子: 介護用ベッド背上げ時の姿勢評価—姿勢に影響を及ぼす要因—, 人間工学, 44(2), 109-116, 2008.
- 9) 特開2005-111126: ベッド装置, 出願人: アイシン精機株式会社, 2005.

原 著

繰返しの圧迫およびずれ負荷が褥瘡形成に与える影響

押本由美¹⁾・森 将晏²⁾

Effects of intermittent pressure and shear force on pressure ulcer formation

Yumi Oshimoto, MSN, RN¹⁾ and Masaharu Mori, MD, PhD²⁾¹⁾ Graduate School of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University²⁾ Department of Nursing, Faculty of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University

Abstract

This study examined the effect of intermittent pressure and shear force on pressure ulcer formation. Twenty-four rabbits were subjected to 100mmHg pressure on the right ear (pressure group) and 100mmHg pressure plus a shear force of 1N/cm² on the left ear (shear group). Animals received one to four loading-release cycles, consisting of 2 hours of loading followed by 2 hours of unloading. In the pressure group, swelling and slight erythema were observed in a small area macroscopically, and edema with a few fibrin deposits was found after one cycle. As the cycles increased, those observations became more severe and migration of leukocytes, hemorrhage and blood vessel damage appeared. In the shear group, the above tissue injuries were more severe than those in the pressure group. Moreover, epidermal damage such as degeneration, necrosis and ulceration were observed as cycles increased. Although the first cycle induced only a slight injury, release for two hours was not sufficient for recovery. Repeated intermittent loadings aggravated the injury. In addition, shear force especially affected the epidermis and caused intense epidermal injury.

Key words : pressure ulcer, shear force, intermittent loading, ulceration

要 旨

繰返される圧迫およびずれ力が褥瘡発症にどのような影響を与えているかを検討する目的で、ウサギの右耳介に100mmHgの圧迫（圧迫群）を、左耳介には100mmHgの圧迫と1 N/cm²のずれ力（ずれ群）を2時間ずつ、2時間間隔で1～4回繰返し負荷した。圧迫群では、負荷1回目で肉眼的に小範囲の腫脹と軽度の充血が、組織学的にはわずかなフィブリンの析出を伴う浮腫がみられたのみであったが、負荷2回目以降では負荷が繰返されるごとに、腫脹、出血、白血球の遊走、血管の損傷が強くなり傷害が進行した。ずれ群では、圧迫群と比較して上記のような組織損傷の程度が強くみられるとともに、負荷回数が増すにつれ、表皮に変性、壊死、潰瘍が観察された。以上のことから、1回の負荷では軽微な傷害であっても、2時間の除圧では十分に回復せず、間歇的な負荷が繰返されることにより重症化することが明らかになった。また、ずれ力は表皮に強く作用し、表皮の傷害が強くなることが明らかになった。

キーワード：褥瘡，ずれ，繰返し負荷，潰瘍化

¹⁾ 岡山県立大学大学院保健福祉学研究科 ²⁾ 岡山県立大学保健福祉学部看護学科

原稿受領日 2008年12月11日

別刷請求先：押本 由美

国立長寿医療センター研究所長寿医療工学研究部 〒474-8522 愛知県大府市森岡町源吾36-3

E-mail : y-oshii@ncgg.go.jp

緒 言

褥瘡は圧迫により組織が虚血に陥ることで発症すると考えられており、持続的な圧迫が骨突出部などに加わらないように体圧分散寝具の使用や定期的な体位変換などが行われている。近年、ずれも重要な外的要因として注目されるようになってきており、特に経管栄養注入時に背上げ機能つきベッドによる背上げをしている状態など、持続的なずれが加わることで褥瘡形成を助長すると考えられている^{1,2)}。

ずれの褥瘡発症への影響を研究したのものには、圧迫にずれが加わることで皮膚血流が著しく低下するという研究³⁻⁵⁾や、往復方向のずれを頻回に加えると傷害が激しくなるという研究^{6,7)}があるが、いずれも長時間にわたってずれを負荷した研究はみられなかった。そこで、われわれは、長時間にわたるずれが褥瘡発症にどのような影響を与えているかを検討するために、ウサギの耳介を用いて長時間にわたるずれを負荷した結果、圧迫にずれ力が加わると肉眼的な腫脹面積が広がるということが観察された。また、ずれを加えることで深部より表皮の損傷が強く観察され、長時間の背上げにより発症すると考えられている浅い褥瘡は、ずれ力が強く関与していることが示唆された⁸⁾。

背上げ角度が30～45度になる半座位は、経管栄養注入を含む食事介助^{9,10)}、臥位から座位への回復過程時⁹⁾、誤嚥¹⁰⁾や嚥下性肺炎¹¹⁾の予防目的など多く用いられている。われわれの看護・介護職員を対象にした実態調査¹²⁾では、経管栄養注入時の背上げ角度は30～45度が全体の64%を占めていた。平田¹³⁾は背上げ機能つきベッドの上半身を45度挙上するとずれ力が最大となると述べており、ずれ力が生じやすい体位が用いられていると考えられる。また、経管栄養の注入時1回あたりの平均背上げ時間(注入後の背上げ時間を含む)は約2時間であり¹³⁾、1日あたり3から4回行われることが多く、臥位とずれが生じやすい半座位が繰り返行われていると考えられる。今回、このよう

な繰返しの圧迫ならびにずれが褥瘡発症にどのような影響を与えているかを検討するために、ウサギの耳介を用いて2時間ごとの圧迫とずれ、または、圧迫のみを繰返し負荷したモデルを作製し、組織学的に比較検討した。

実験方法

約2～3 kgの健康な日本白色種ウサギの両耳介を電気バリカンで剃毛後、ペントバルビタール・ナトリウム(ネプタール[®]、大日本製薬)の筋肉内注射による麻酔を行った。麻酔確認後、自作の負荷装置⁸⁾(接触部は1.5 cm × 2.5 cm 硬化ゴム製、医療用両面テープで固定)を用いて、右耳介先端付近に100 mmHgの圧迫(136 g/cm²の加重)のみを負荷した(圧迫群)。左耳介先端付近には右耳介と同様に100 mmHgの圧迫と同時に1 N/cm²のずれ力(102 g/cm²の重りで耳介先端に向かって水平方向に装置を牽引)を負荷した(ずれ群)。両群とも1回の負荷時間は2時間、負荷間隔は2時間ごととし、負荷回数は1回から4回行った(図1)。動物は負荷1回目から3回目は負荷終了3時間後、負荷4回目は負荷終了3時間後、12時間後および24時間後に皮膚損傷の状態などの観察と肉眼的な腫脹面積を測定(長径×短径)した。各時間帯ごとに4羽ずつ作製した。腫脹面積は各群の時間ごとの平均値を算出し、対応のあるStudent-*t*検定を行った。

いずれの群も肉眼的な観察したあと、ネプタールの深麻酔により屠殺し、負荷部位を5 mm間隔で切り出し、20%ホルムアルデヒド溶液で固定後、通常の方法で組織標本作製し、ヘマトキシリン-エオジン(HE)染色、フィブリンを確認するためにリタングステン酸ヘマトキシリン(PTAH)染色を行い、顕微鏡下で観察した。ウサギの耳介は軟骨が中心に通っているため、負荷装置に接触した表皮から軟骨までの範囲について組織学的に比較検討した。損傷の重症度判定は、一番重症なものを3点とし、0点～3点の4段

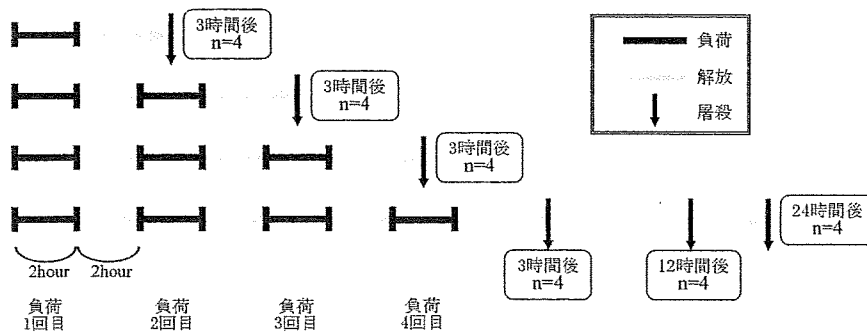


図1 実験プロトコール

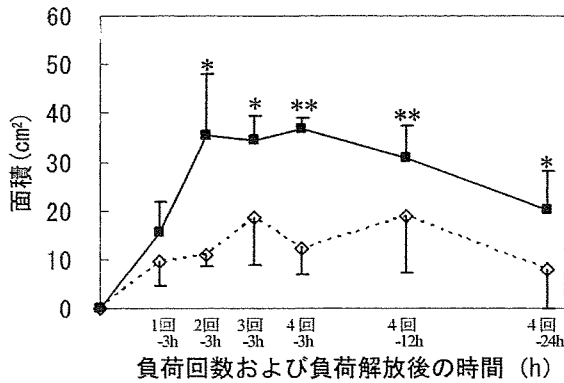


図2 負荷解放後の肉眼的腫脹面積の推移

◇：圧迫群，■：ずれ群

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

階で相対的に評価した⁸⁾。さらに、表皮病変ならびに血栓形成については、切り出した組織のすべての切片を観察し、組織学的変化を起こした部位数もしくは水平方向の長さを顕微鏡下で計測した。

本実験は日本実験動物学会が提唱している「実験動物に関する指針」¹⁴⁾に準じて実施した。

結 果

1. 肉眼所見

圧迫群では肉眼的な腫脹は負荷1回終了3時間後ですでに出現し、負荷2回終了3時間後で腫脹面積がやや増加し、負荷3回終了3時間後に最大となり、負荷4回終了12時間後まで持続した。負荷4回終了24時間後には腫脹面積の縮小がみられた。

ずれ群では腫脹は負荷1回終了3時間後には圧迫群と同様に出現し、負荷2回終了3時間後に最大となり、負荷4回終了3時間後まで持続した。負荷4回終了12時間後より腫脹面積が減少し、24時間後ではさらに減少した。また、負荷1回終了3時間後をのぞき、圧迫群と比較してずれ群の腫脹面積は有意に増大していた(図2)。

両群ともに充血は、負荷1回目終了3時間後ではごく軽度であったが、負荷回数が増加するにつれ、強くなった。また、内出血は負荷2回終了3時間後までは充血が強く確認できなかったが、負荷3回終了3時間後以降は内出血が明らかとなり、負荷4回終了24時間後でも持続していた。表皮の損傷は肉眼的にはいずれの時間帯においても確認できなかった。

2. 組織学的所見

1) 表皮

組織学的変化としては空胞変性(図3a)、白血球の浸潤、表皮下水疱、表皮壊死(図3b)、潰瘍(図3c)、再生上皮(図3d)などが時間の経過とともに散在し

てみられた。以上の組織学的所見の推移を表1にて示す。

圧迫群：空胞変性は負荷1～4回終了3時間後まで多少の変動はあるものの多く観察され、負荷4回終了12時間以降では減少した。表皮壊死や潰瘍はまれにしか観察されなかったが、負荷4回終了24時間後に潰瘍がやや増加した。再生上皮は負荷4回終了12時間後よりわずかに観察され、24時間後ではやや増加した。白血球の浸潤や表皮下水疱はごくまれにみられたのみであった。

ずれ群：空胞変性は負荷1, 2回終了3時間後に多く観察されたが、負荷3回終了3時間後は圧迫群より少ない傾向となった。表皮壊死は負荷3回終了3時間後より増加し、負荷4回終了24時間後でやや減少した。表皮壊死の全長は圧迫群より多かった。潰瘍は負荷4回終了3時間後まではまれであったが、負荷4回終了12時間後で増加した。再生上皮は負荷4回終了12時間後より観察され、24時間後ではさらに増加し、圧迫群より多くみられた。白血球の浸潤は負荷1回終了3時間後、負荷4回終了24時間後をのぞき散在性にみられ、圧迫群より多かった。表皮下水疱はごくまれにみられたのみであった。

2) 真皮・皮下組織層

組織学的変化として浮腫、フィブリンの析出、白血球の血管外遊走、出血がみられた。血管の病変としては、白血球の血管内皮固着、血管壁への白血球浸潤、血管壁の壊死、血栓がみられた。以上の組織学的所見の推移を表2にて示す。

浮腫の程度は両群とも負荷1回終了3時間後には正常と比較し、表皮から軟骨までの厚さが約2.5倍まで増加し(図4a, b)、負荷回数が増すにつれわずかに増加した(図4c, d)。負荷4回終了24時間後もあまり変化がなかった。

圧迫群：真皮・皮下組織では負荷1回終了3時間後ではフィブリンの析出がわずかにみられたのみであったが、負荷2回終了3時間後にフィブリンの析出の増加と白血球の血管外遊走、出血が観察され、時間経過とともにわずかに変動するもののすべての時間帯で観察された。血管では白血球の血管内皮固着、血管壁への白血球浸潤、血管壁の壊死は負荷1回終了3時間後ではわずかであったが、負荷2回終了3時間後から増加し、負荷4回終了12時間後に血管壁への白血球浸潤と血管壁の壊死の増強がみられたのをのぞいて、すべての時間帯でわずかに変動したのみであった。血栓形成はまれで、負荷4回終了3時間後のみ多くみられた。

ずれ群：真皮・皮下組織では負荷1回終了3時間後からフィブリンの析出とともに、白血球の血管外遊走、

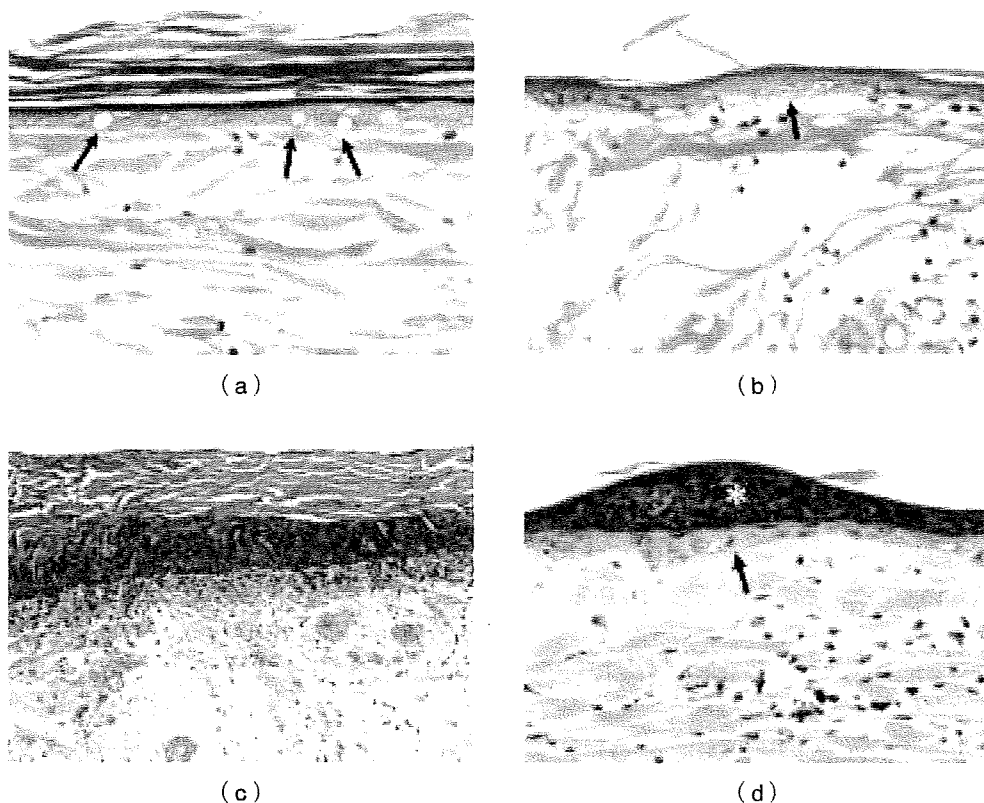


図3 表皮の組織像

- (a) 空胞変性：ずれ群負荷1回終了3時間後 (HE染色 200倍)
表皮細胞の空胞化 (矢印)
- (b) 表皮壊死：ずれ群負荷4回終了3時間後 (HE染色 200倍)
表皮細胞核の消失 (矢印)
- (c) 潰瘍：ずれ群負荷4回終了12時間後 (HE染色 100倍)
表皮・真皮の壊死, 壊死の境界域に白血球の集簇がみられる。
- (d) 再生上皮：ずれ群負荷4回終了24時間後 (HE染色 200倍)
痂皮 (*) の下に表皮細胞の核分裂像 (矢印) がみられる。

表1 表皮の組織学的所見

屠殺時間		空胞変性	表皮壊死の全長	潰瘍の全長	再生上皮の全長	白血球浸潤
		細胞数	(mm)	(mm)	(mm)	部位数
圧迫群	負荷1回3時間後	79.0 ± 22.1	0.04 ± 0.08	0.04 ± 0.08	0.00	0.0
	負荷2回3時間後	36.3 ± 10.8	0.07 ± 0.12	0.05 ± 0.09	0.00	1.3 ± 1.9
	負荷3回3時間後	51.8 ± 51.3	0.18 ± 0.35	0.37 ± 0.74	0.26 ± 0.51	0.8 ± 1.5
	負荷4回3時間後	96.0 ± 113.9	0.00	0.00	0.00	0.0
	負荷4回12時間後	3.5 ± 3.9	0.00	0.59 ± 1.19	0.91 ± 1.29	0.8 ± 1.0
	負荷4回24時間後	1.0 ± 2.0	0.02 ± 0.03	2.24 ± 3.71	1.76 ± 2.05	0.0
ずれ群	負荷1回3時間後	78.3 ± 24.9	0.19 ± 0.25	0.00	0.00	0.0
	負荷2回3時間後	74.8 ± 24.5	0.44 ± 0.16	0.15 ± 0.21	0.10 ± 0.19	2.0 ± 2.7
	負荷3回3時間後	25.3 ± 27.8	2.02 ± 2.67	0.00	0.04 ± 0.07	8.8 ± 8.1
	負荷4回3時間後	54.3 ± 46.0	1.82 ± 1.08	0.18 ± 0.21	0.16 ± 0.21	2.8 ± 3.6
	負荷4回12時間後	20.3 ± 7.3	1.34 ± 1.11	1.33 ± 2.01	2.63 ± 2.43	4.0 ± 5.4
	負荷4回24時間後	0.0	0.31 ± 0.55	1.85 ± 3.70	10.27 ± 10.99	0.0

n=4, Mean ± SD

表2 真皮・皮下組織層の組織学的所見

屠殺時間	真皮・皮下組織			血管				
	白血球 血管外 遊走	出血	フィブリン の析出	白血球		血管壁 の壊死	血栓数	
				血管内 壁固着	血管壁 浸潤			
圧迫群	負荷1回3時間後	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25	0.25	1.5
	負荷2回3時間後	1.5	1.0	1.0	1.25	0.75	1.0	0.5
	負荷3回3時間後	1.75	1.5	0.75	1.0	1.0	1.25	0.75
	負荷4回3時間後	1.25	1.25	1.0	1.0	1.25	1.5	5.25
	負荷4回12時間後	1.5	1.5	1.75	1.25	2.25	2.0	0.5
	負荷4回24時間後	2.0	2.0	1.25	1.0	1.0	1.25	1.25
ずれ群	負荷1回3時間後	0.5	0.25	0.75	0.75	0.5	0.75	0.5
	負荷2回3時間後	2.0	1.75	1.75	2.0	1.5	1.25	0.0
	負荷3回3時間後	2.25	2.0	1.25	1.25	1.25	1.5	0.25
	負荷4回3時間後	2.0	2.0	2.25	1.75	2.5	2.5	0.5
	負荷4回12時間後	2.5	2.0	2.25	1.75	2.5	2.75	0.0
	負荷4回24時間後	2.0	2.0	2.5	1.0	1.75	1.5	6.5

n=4, 平均得点

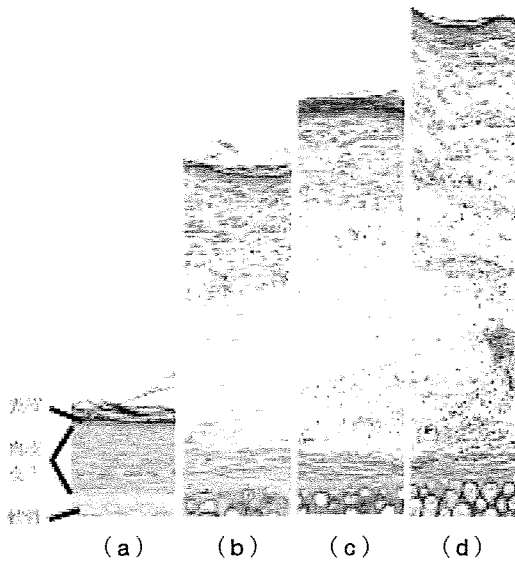


図4 表皮から軟骨までの組織像 (HE染色 100倍)
 (a) 正常
 (b) ずれ群負荷1回終了3時間後
 (c) ずれ群負荷2回終了3時間後
 (d) ずれ群負荷4回終了3時間後

出血がわずかに観察され、負荷2回終了3時間後以降圧迫群よりも強くみられ、時間経過とともにわずかに変動したのみであった。血管では白血球の血管内壁固着、血管壁への白血球浸潤、血管壁の壊死は負荷1回終了3時間後では圧迫群と同様にわずかであったが、負荷2回終了3時間後に圧迫群よりも強くみられ、血管壁への白血球浸潤と血管壁の壊死は負荷4回終了3時間後、12時間後に増強がみられた。血栓形成はまれで、負荷4回終了24時間後に出現数が増加した。

考 察

本研究ではウサギの耳介を用い、臨床における背上げの現状^{12,15)}を考慮して2時間ごとに圧迫のみ、または、圧迫とずれ力を繰返し加え、負荷回数や負荷後の経時的変化を検討した。その結果、以下の2点が明らかになった。①両群とも負荷1回目では肉眼的には軽度な充血と腫脹、組織学的には浮腫を主体とする軽微な傷害であり、Witkowskiら¹⁶⁾の「消退する紅斑」と類似した病理組織学的所見を示していた。しかし、負荷が繰返されることで腫脹面積の拡大、真皮・皮下組織への白血球の遊走、出血、血管の損傷などの傷害が進行し、負荷2回目以降では、組織学的にはWitkowskiら¹⁶⁾の「消退しない紅斑」と類似した褥瘡へと重症化した。②ずれ力を加えると圧迫とずれ力を連続8時間負荷したモデル⁸⁾と同様に、圧迫のみ加えた場合よりも表皮の変性、壊死、潰瘍などが多数観察され、表皮の傷害が重症化した。

①の繰返し圧迫を加えたときの影響についてPeirceら¹⁷⁾は、ラットの背部に50mmHgを10時間連続で圧迫したものと2時間の圧迫を繰返したもの(負荷回数5回、負荷間隔30分間)を比較検討している。彼らは繰返し圧迫した場合、連続圧迫より壊死範囲が大きく、白血球の血管外遊走が激しくなることや、圧迫を繰返すごとに、退色する紅斑、斑状出血、組織壊死と傷害が重症化したと報告している。Tsujiら¹⁸⁾はマウスの背部を用いて、500mmHgを連続8時間圧迫したものと、2時間の圧迫を繰返したもの(負荷回数4回、負荷間隔1時間)を検討しており、繰返し圧迫は連続圧迫と比較して、微小循環傷害を増強すると述べてい

るが、組織学的所見などの詳細については報告していない。また、両者とも連続もしくは繰返しの圧迫終了後の傷害の程度をみているのみで、負荷1回ごとの傷害の変化について詳細に報告していない。Peirceら¹⁷⁾が述べているように虚血再灌流による傷害が繰返されたことで、連続圧迫より繰返し圧迫に傷害の増強がみられたのではないかと考えられる。本研究において繰返しの負荷が連続負荷より重症化しなかったのは、使用した実験動物の組織耐久性の違いや、上記の報告^{17,18)}より負荷間隔が2時間と長かったことにより、負荷解放時に組織傷害がある程度回復したからではないかと考えられた。

褥瘡予防として2時間ごとの体位変換^{19,20)}が推奨され、経管栄養注入時の背上げ時間¹²⁾を考慮して本研究の負荷間隔を2時間に設定した。しかしながら、2時間の負荷間隔でも前述したごとく負荷による組織傷害からの回復は十分に図れず、初回負荷の「退色する紅斑」のような、褥瘡の範疇に入らない変化でも、繰返されることで組織傷害の回復が不可逆的となり、「退色しない紅斑」のStage I 褥瘡になったと考えられた。単純に2時間ごとに体位変換をするのではなく、軽微な傷害であっても傷害が回復するまでは圧迫やずれ力が軽減できる体圧分散寝具の使用や体位などの工夫が必要と思われる。NPUAP分類¹⁰⁾では「消退しない紅斑」であるStage I を褥瘡の前駆症状とし、「消退する紅斑」は褥瘡の範疇から外され、あまり重要視されていない向きがある。しかし、本研究の結果からも「消退する紅斑」の状態から、間歇的な負荷であっても、繰返されることで重症化していることから、「消退する紅斑」も褥瘡と捉えて褥瘡発症時と同等に対処していく必要があると考えられた。

②のずれ力を加えたときの影響について、武田⁶⁾はウサギの第3 転子部に370 mmHgの高圧と反復の摩擦・ずれ(振幅1 cm, ずれ力は不明)を頻回に加えて検討している。彼は摩擦・ずれを加えた場合は圧迫のみより傷害が強く、表皮および真皮の壊死や多発性血栓がみられたと報告している。Goldsteinら⁷⁾はブタを用いて1 Hzの往復方向のずれを繰返し加えて検討しており、ずれ力が皮膚の傷害を増強すると述べているが、詳細については検討していない。武田⁶⁾も述べているようにウサギの第3 転子部の可動性の皮膚(loose skin)が負荷装置と一緒に動くため、表皮はずれ力の影響を受けにくく、変形の強い深部の血管に剪断応力が働き、血栓形成などを起こしたのではないかと考えられる。本研究では、ベッド上での背上げを想定してヒトの皮膚と同様に皮筋がなく、可動性が少ない(fixed skin)ウサギ耳介に一定方向のずれを持続的に加えて検討した。その結果、圧迫にずれ力が加わ

ることで、負荷部位だけでなく周囲の血管にも剪断応力が働き、多くの血管の血流が障害されて、圧迫群よりも負荷2回目以降の腫脹面積が有意に増大したと考えられた。これは8時間連続負荷したモデル⁸⁾と同様の結果を示しており、連続または繰返しでもずれ力が加わることで、負荷部位を含めた周囲の血管血流が低下し、組織傷害が広範囲になったと考えられた。負荷部位は組織学的に8時間連続負荷したモデル⁸⁾と同様に、繰返しの負荷においてもずれ群に表皮の変性、表皮壊死、潰瘍などの表皮の傷害が多くみられた。最近、杉山らは、有限要素法を用いた応力解析の結果、圧迫にずれ力を加えた場合に、皮膚近傍に強い応力の集中がみられたと報告している。本研究においてずれ群に表皮の傷害が強く出現したことは、上記のようにずれ力が表皮に強く作用したことが原因と考えられた。また、繰返し負荷したモデルで潰瘍が形成された原因は、繰返し負荷した場合、ずれ力の作用により軽度でも傷害された表皮は脆弱化し、再びずれ力が加わることで潰瘍化したと考えられた。

ベッドの背上げによるずれが関与している褥瘡は、浅い褥瘡が多く観察されており²¹⁾、ずれによる褥瘡モデルとして適当であると考えられた。一方、高齢者のように皮膚がたるんでおり深部組織の可動性が高い場合は、武田⁶⁾が述べているように深部組織にずれ力が働き、傷害が深部にも強く現れる可能性が考えられる。

謝 辞

本研究にご協力いただきました渡辺洋子様、竹氏ちえ子様、谷あゆみ様に深謝いたします。

文 献

- 1) Reichel SM : Shearing force as a factor in decubitus ulcers in paraplegics. J Am Med Assoc, 166(7) : 762-763, 1958.
- 2) 大浦武彦 : 褥瘡の発生要因. わかりやすい褥瘡予防・治療ガイド, 14-21, 照林社, 東京, 2000.
- 3) Bennett L, Kavner D, Lee BK, et al : Shear vs pressure as causative factors in skin blood flow occlusion. Arch Phys Med Rehabil, 60(7) : 309-314, 1979.
- 4) 片倉久美子, 武田利明, 石田陽子, ほか : ずれの作用がウサギの皮膚血流動態に及ぼす影響. 褥瘡会誌, 8(4) : 572-578, 2006.
- 5) 作田譲, 高橋誠 : 血流量測定による褥瘡発生因子としての圧力とずれ力の相互作用. 生体医工学, 44(1) : 101-106, 2006.
- 6) 武田利明 : 褥瘡発生における摩擦・ずれの作用に関する実験的研究. 褥瘡会誌, 3(1) : 38-43, 2001.