

原 著

ずれが褥瘡治癒に及ぼす影響

—ラット褥瘡モデルを用いた組織学的検討—

藤居久美子¹⁾・須釜淳子¹⁾・中谷壽男¹⁾・真田弘美²⁾・大桑麻由美¹⁾

The effects of shear stress towards the caudal side in pressure-induced ischemic wound healing in the rat model

Kumiko Fujii, MHS, RN¹⁾ ; Junko Sugama, PhD, RN¹⁾ ; Toshio Nakatani, PhD, MD¹⁾ ;
Hiromi Sanada, PhD, RN, WOCN²⁾ and Mayumi Okuwa, PhD, RN¹⁾

¹⁾ Department of Clinical Nursing, Division of Health Sciences, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University

²⁾ Department of Gerontological Nursing / Wound Care Management, Division of Health Science and Nursing, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo

Abstract

This study aimed to clarify the effects of shear stress towards the caudal side in pressure-induced ischemic wound healing in a rat model. We compared wound healing that produced pressure combined with shear using a 1kg weight (experimental group) with wound healing that produced pressure only (control group). Macroscopic findings showed that the experimental group developed local necrosis and healing was delayed by 1 week compared with the control group. Histological findings showed that necrosis had developed to the muscle layer on the tail side and that hemostasis and bleeding occurred to the dermal layer on the head side in the experimental group over 7 and 14 days. In the control group, the wound was covered by epidermis and muscular degeneration, and necrosis in the middle was more severe than on the head and tail side. These results suggested that wounds produced by pressure and shear formed necrosis and so suffered delayed healing compared with the control group. The reason for these results might be the development of necrosis to the muscle layer on the tail side and hemostasis to the dermal layer on the head side.

Key words : pressure ulcer, wound healing, shear, pressure, rat

要 旨

本研究の目的は、一方向のずれが褥瘡治癒過程にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることである。方法は、ラット褥瘡モデルを用いて、圧迫と一方向（尾側方向）のずれを1kgの重りを用いて負荷した群（実験群）と圧迫のみを負荷した群（対照群）との治癒過程を肉眼的・組織学的に比較した。肉眼的所見では実験群には局所の壊死がみられ、対照群より治癒が遅延した。組織学的所見では実験群で7、14日目ともに尾側の筋層の変性が顕著であった。また、頭側の真皮にうっ血、出血がみられた。対照群では、7日目、14日目ともに表皮の欠損はなかったが、中央部の損傷は頭側、尾側より強かった。以上より、一方向のずれと圧迫を負荷した褥瘡では尾側の皮下組織から筋層にかけての変性と

¹⁾ 金沢大学大学院医学系研究科保健学専攻看護科学領域臨床実践看護学講座

原稿受領日 2006年10月5日

²⁾ 東京大学大学院医学系研究科健康科学・看護学専攻老年看護学／創傷看護学分野
別刷請求先：須釜淳子

金沢大学大学院医学系研究科保健学専攻看護科学領域臨床実践看護学講座 〒920-0942 石川県金沢市小立野5-11-80

E-mail : junkosgm@mhs.mp.kanazawa-u.ac.jp

そのために引き起こされる頭側の真皮のうっ血によって、圧迫のみを負荷した褥瘡と比較して、壊死が形成され、治癒が遅延することが示唆された。

キーワード：褥瘡, 創傷治癒, ずれ, 圧迫, ラット

はじめに

褥瘡の発生要因となる外力には垂直方向に起こる圧迫と、水平方向に起こるずれの2つがあげられる。ずれは、尾骨部の褥瘡の発生に関与したり¹⁾、ポケットを形成し難治性褥瘡を招いたりすると報告されている²⁻⁴⁾。また、ずれは臨床において、体位変換、シーツ・寝衣交換時や、患者がギャッチアップによりずり落ちているときなどの看護行為の際に生じるといわれている^{5,6)}。この看護行為により起こるずれには、マッサージにみられる上下や左右に短時間に往復するずれと、ギャッチアップにみられる一定時間一方向に持続するずれとの2つがあり、ずれの方向性によって組織に与える影響が異なるのではないかと著者らは考えた。ずれが組織に与える影響を、動物モデルを用い検討した先行研究では、いずれもずれは往復方向に皮膚表面に負荷されていた^{7,8)}。武田⁷⁾は真皮中層から下層にかけて重篤な循環障害に陥ることを示唆していた。Goldstein & Sandars⁸⁾はずれの力が増すにつれて皮膚損傷が早く起こることを示していた。しかし、褥瘡の治癒過程において一方向のずれの影響を組織学的に明らかにした研究はなかった。

そこで本研究の目的は著者らが考案したラットモデル⁹⁾を用いて、褥瘡発生の段階で圧迫のみを負荷した群と一方向のずれと圧迫を負荷した群の治癒過程を肉眼的・組織学的に比較し、一方向のずれによる影響を明らかにすることである。

方 法

1. 対象

12～14週齢で体重340～390 gのWister系ラット(三協ラボサービス)雄16匹を使用した。

ラットは1ゲージに1匹ずつ飼育し、室温26℃の空調のもと8時から20時までを明期とした明暗サイクルで自由運動下および水・餌の自由摂取とした。

2. 研究方法

ずれと圧迫を負荷して創を作製したラット(以下実験群)と圧迫のみで創を作製したラット(以下対照群)の治癒過程を、経時的に肉眼的・組織学的観察を行い比較した。

1) 実験群

ラットにペントバルビタールナトリウム(ソムノベンチル®, 共立製薬)30 mg/kgを腹腔内投与後、右側腹部を剃毛処理し、電気メスにて体軸に平行の頭尾

方向に腹膜腔に達する2 cmの切開創を5 cm離して作製し、切開創より腹膜腔に金属板を挿入した。金属板挿入時に尾側に直径2 mmの金属棒も切開創より挿入し、ラットを金大式褥瘡実験装置(越屋)に固定した。固定後、クリップで皮膚から筋層とともに金属棒を挟み伸展させ、そのクリップに1 kgの重りを下げた。皮膚伸展後に8 kgの力で圧迫を負荷した(図1)。クリップは挟む力を等しくするために、その都度新しいものを使用した。ずれと圧迫負荷6時間後、実験装置を除去、側腹部の切開創を縫合し、ポピドンヨード(イソジン®, 明治製菓)で消毒した。褥瘡部と縫合部を覆うようにハイドロコロイドドレッシング材(テガソープ®, 3M Health Care)を貼付した。ドレッシング材は毎日の創観察後、新しいものに交換した。

クリップで皮膚から筋層を挟むことによる加圧予定部への血行の影響を検討する予備実験を、ラット2匹を用い以下のとおり実施した。ペントバルビタールナトリウムを30 mg/kg腹腔内投与後、腹部を剃毛し左右側腹部に上述した2本の切開創を作製、左側腹部のみをクリップで挟んだ。尾静脈から生理食塩水にて3倍希釈したタリウム201を0.1 ml/静脈注射した。30分後に安楽死させ、左右側腹部の組織を採取し、8区画に切り出しおのおのの重量を計測した(図2)。その後、区画ごとのタリウム201の含量を計測した。静脈注射後、一時的に筋肉に取り込まれ滞留するタリウム201を計測することで、その部分の血流を推測可能とした¹⁰⁾。

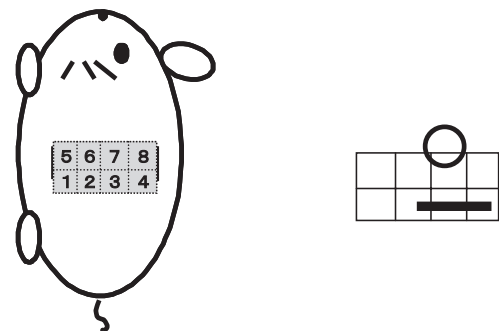


図1 ラット側腹部の分画

左：側腹部に5 cm離し、長さ2 cmの切開創2本を作製。安楽死後、その5×2 cmを図中に示す1～8に切り出した。

右：圧迫予定部位は、クリップ装着部の1 cm上方である。

○：圧迫予定部

—：クリップ装着部

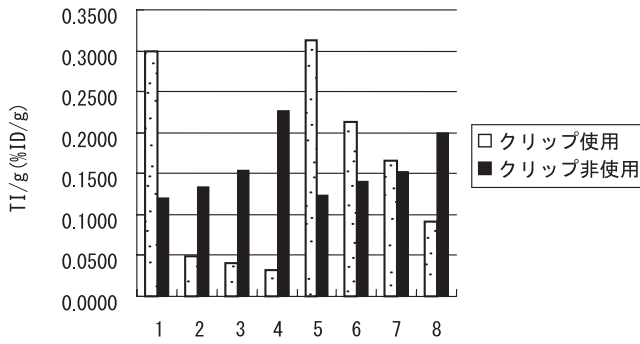


図2 ラット(420 g 12週令)左右側腹部のタリウム201量
クリップで直接挟まれた部分の筋の血流はタリウム201量から判断して低下している。よってその部分を覆う皮膚の血流も低下している(クリップ使用側の分画2から4)。一方、クリップで挟まれない分画5から8のタリウム201量は非クリップ使用側と比較し同等以上である。

図2にラット(420 g, 12週令)左右側腹部のタリウム量を示した。クリップで前後を挟まれた区画2から4のタリウム201量は対照側と比較し低いが、それ以外の5から8は対照群と同等であった。以上から、クリップで挟むことによる加圧予定部への血行障害はないと判断した。同様の結果がラット(405 g, 12週令)でも得られた。

2) 対照群

ラットにペントバルビタールナトリウム30 mg/kgを腹腔内投与後、右側腹部を剃毛処理した。電気メスにて右側腹部に腹膜腔に達する2 cmの切開創を5 cm離して2本作製後、腹膜下に幅2 cmの金属板を切開創から挿入し、ラットを実験装置に固定、8 kg - 6時間で加圧した。圧迫後の処置および創傷被覆材の交換は実験群と同じにした。

3) 肉眼的観察

創部は作製直後から、毎日定時刻に観察し、ドレッシング材の交換、写真撮影、スケッチを各群3匹ずつ行った。実験群・対照群ともに、皮膚表面の病変(炎症、発赤を含む色調変化)が消失した時点を治癒とした。

4) 器具

金大式褥瘡実験装置は加圧部が円形3 cm²の加圧装置であり、先行研究⁹⁾ではこの装置を用いて8 kg - 6時間の圧迫を負荷することによりラット褥瘡モデルを作製している(図3)。

5) 組織学的観察

褥瘡作製後7, 14日目に組織採取を行った。ペントバルビタールナトリウムを致死量腹腔内投与後、褥瘡作製部位を含む5 cm四方を表皮から筋層まで採取した。採取した試料は10%ホルマリン(和光純薬工業)にて固定後、圧迫の中心(壊死がある場合は壊死

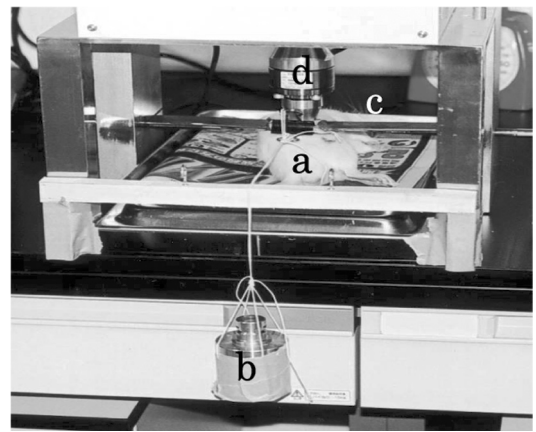


図3 実験装置

ラット右側腹部に褥瘡を作製している様子
a. ラット b. 重り(1 kg) c. 金属板 d. 加圧器

部の中心)を頭尾方向に5 mm幅で切り出した。その後常法に従ってアルコール脱水、キシレン透徹、パラフィン包埋したのち、厚さ5 μmで切片を作製し、スライドガラスにマウントし、ヘマトキシリン-エオジン(HE)染色を行った。組織の観察は、頭側・中央部・尾側の3等分にし、観察項目ごとに独自に基準を決め、点数化した。

6) 実験期間

2004年8月19日~10月21日

7) 倫理的配慮

この研究は金沢大学宝町地区動物実験委員会にて承認され、金沢大学宝町地区動物実験指針に従った。負荷実験中の除痛はペントバルビタールナトリウム腹腔内投与にて行った。

結 果

1. 肉眼的所見(図4)

実験群では、創作製直後に圧迫部に一致した円形の暗赤色、1日目に円形の薄桃色の色調変化が認められた。3日目に、黄白色の壊死が圧迫部内の局所にみられ、発赤も認められた。5日目では、壊死の周囲に発赤が認められた。7日目には、壊死部が黄白色から黄褐色に変化したが、発赤は持続していた。14日目には、黄褐色変化と発赤は消失し治癒した。対照群では1日目までは実験群と同様の変化であった。3日目に圧迫部辺縁にリング状の発赤が認められ、滲出液が観察された。5日目には滲出液がほとんどなく、7日目には、一部発赤が認められた。9日目には発赤が消退しており、治癒していた。

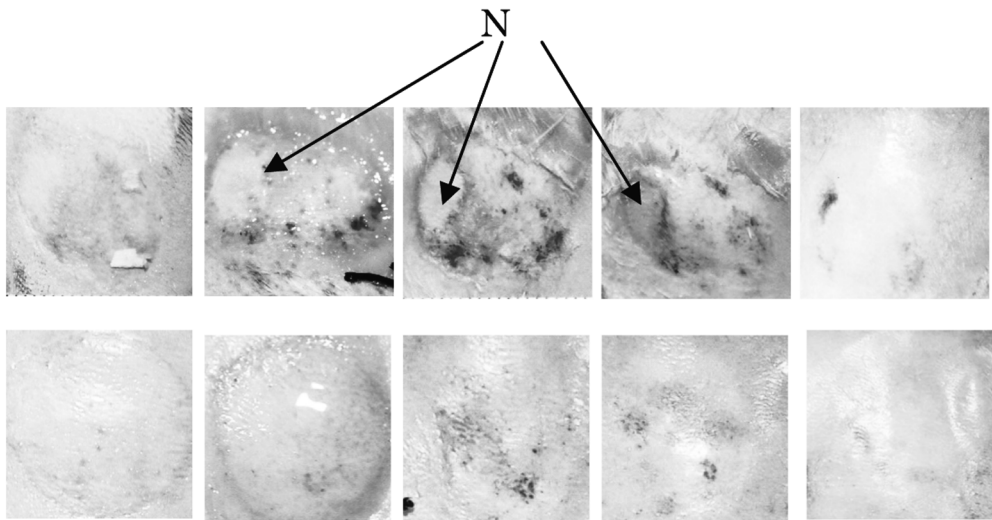


図4 圧迫部の肉眼的所見の推移

上段は、実験群のずれと圧迫除去後の1日目、3日目、5日目、7日目、14日目を示している。

下段は、対照群の圧迫除去後の1日目、3日目、5日目、7日目、9日目を示している。

N：壊死

2. 組織学的所見と評点

1) 組織学的所見

(1) 実験群

表皮：7日目では中央部に欠損がみられたが、14日目には再生し、尾側では表皮層の厚みが増していた。

真皮：7日目では頭側・尾側に付属器がみられたものの、中央部では消失していた。頭側にはうっ血が強くなり、頭側から中央部にかけては出血がみられた。中央部・尾側では特に炎症性細胞が密集していた。真皮全体の厚みが対照群とくらべて薄くなっていた。14日目では頭側の真皮にうっ血、出血が多数みられた(図5a, b)。中央部の付属器は一部再生していた。真皮全体の厚みが対照群とくらべて薄く、炎症性細胞がみられた。

皮筋：7日目では全体が細く筋状に伸びており、一部では間隙がみられ、その間に炎症性細胞や出血がみられた。特に頭側、尾側では変性がみられた。14日目では中央部から尾側にかけて変性しており、特に尾側に重度の変性がみられた(図6a)。頭側はほぼ正常であった(図6b)。

脂肪層：7日目では全体で脂肪細胞の変性がみられ、炎症性細胞が多数みられた。14日目では全体で脂肪細胞が変性しており、尾側では出血がみられた。

筋層：7日目では全体に出血がみられた。尾側では筋の変性が強くみられ、炎症性細胞が多数みられた。14日目では尾側に筋壊死やうっ血、出血がみられ、炎症性細胞の浸潤がみられた。頭側、中央部は筋変性の程度が尾側より少なかった(図6c)。

(2) 対照群

表皮：7日目、14日目ともに表皮欠損はなかった。

真皮：7日目中央部の付属器は消失していたが、膠原線維の構造および配列に乱れはなかった。14日目には頭側と尾側の付属器が一部消失していた。膠原線維の構造および配列に乱れはなかった(図5c)。

皮筋：7日目では頭側・中央部にうっ血がみられた。中央部では、筋の変性、炎症性細胞が多数みられた。14日目では中央部に変性がみられたが、頭側・尾側では変性はみられなかった。

脂肪層：7日目、14日目ともに、中央部では層が薄く、一部消失していた。7日目では頭側、中央部、尾側ともにうっ血、炎症性細胞の浸潤、細胞変性がみられた。14日目では、中央部において炎症性細胞の浸潤、細胞変性の程度が頭側、尾側に比べて強かった。

筋層：7日目では頭側・尾側の損傷に比べ、中央部の筋変性、うっ血、炎症性細胞の浸潤の程度が強かった。14日目においても中央部の筋変性、炎症性細胞の浸潤の程度が強かった。

2) 組織学的観察項目による重症度の評点(表1)

7日、14日目ともに実験群の合計が対照群より高かった。実験群では7日目の合計点は、頭側32、中央部33、尾側29と同等であったが、14日目の合計点は、頭側19、中央部21、尾側33と尾側の損傷が強いことを示していた。対照群では、7日、14日目ともに頭側、尾側に比べて中央部の合計点が高く、損傷が強いことを示していた。

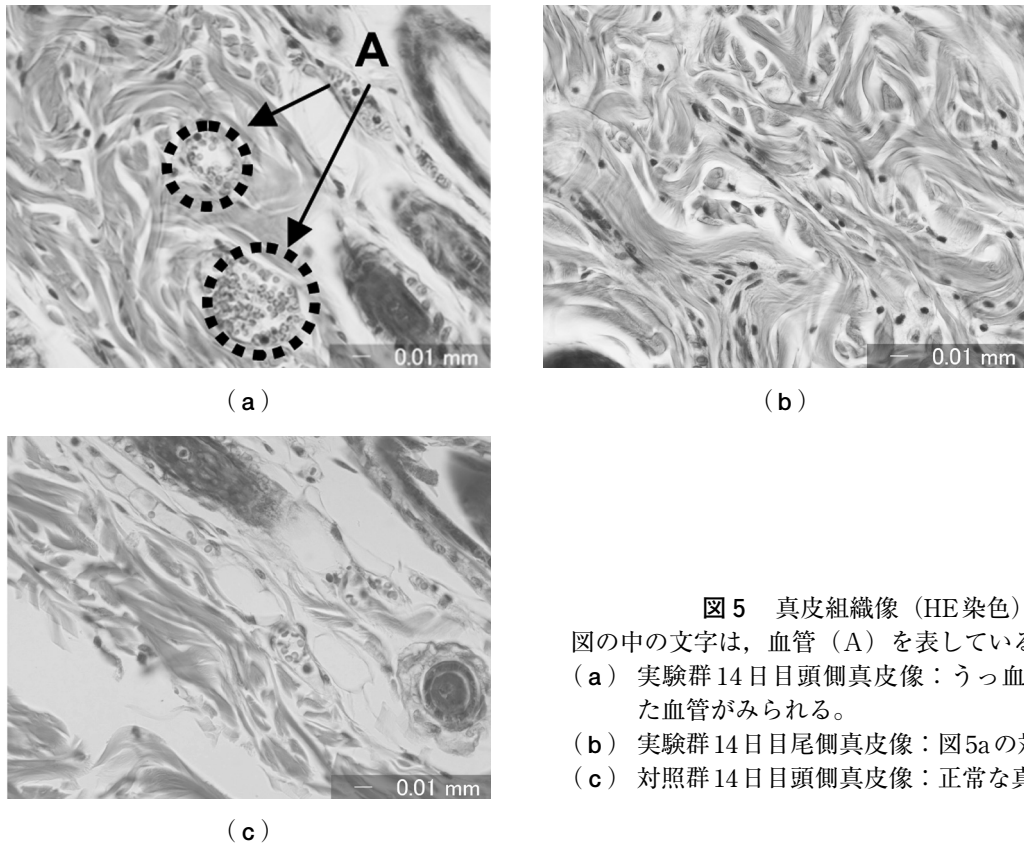


図5 真皮組織像 (HE 染色)
図の中の文字は、血管 (A) を表している。
(a) 実験群 14 日目頭側真皮像：うっ血して、拡張した血管がみられる。
(b) 実験群 14 日目尾側真皮像：図 5a の対比像。
(c) 対照群 14 日目頭側真皮像：正常な真皮像。

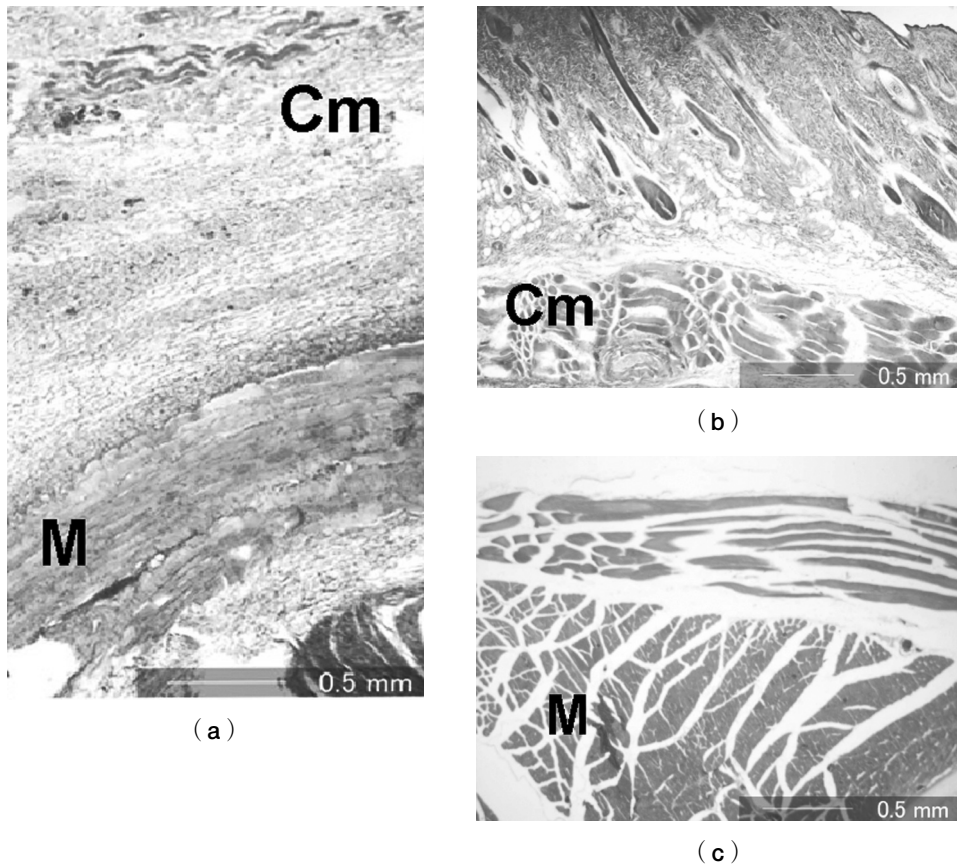


図6 実験群皮下組織像 (HE 染色)
図の中の文字は皮筋 (Cm)，筋 (M) を表している。
(a) 実験群 14 日目尾側皮下組織像：皮筋の壊死，筋層の壊死がみられる。
(b) 実験群 14 日目頭側皮下組織像：正常な皮筋が占める割合が多い。
(c) 実験群 14 日目頭側筋層像：正常な筋層が占める割合が多い。

表1 組織学的観察項目による重症度の評点と推移

		実験群						対照群					
		頭側		中央部		尾側		頭側		中央部		尾側	
		7日 目	14日 目	7日 目	14日 目	7日 目	14日 目	7日 目	14日 目	7日 目	14日 目	7日 目	14日 目
表皮	欠損	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	肥厚	1	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0
真皮	出血	3	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	うっ血	3	3	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	付属器	0	0	2	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	炎症性細胞	1	2	3	2	3	3	1	1	2	1	1	1
皮筋	出血	2	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	うっ血	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	炎症性細胞	2	1	3	3	2	3	1	1	3	1	1	1
	筋変性	3	0	1	1	3	2	0	0	2	2	0	0
脂肪層	出血	2	0	3	1	1	3	0	1	0	1	0	0
	うっ血	2	0	1	2	1	0	1	2	2	1	2	2
	炎症性細胞	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2	1	1
	細胞の変性	3	2	2	3	2	3	0	1	1	2	0	0
筋層	出血	2	1	2	0	3	3	1	0	1	3	1	2
	うっ血	1	2	0	1	2	3	2	1	3	0	1	1
	炎症性細胞	1	1	1	1	3	3	1	1	3	2	1	1
	筋変性	1	0	1	1	3	3	0	1	3	2	0	0
合計		32	19	33	21	29	33	11	14	24	18	8	10

*観察項目の基準点

皮膚欠損

0：なし

1：あり

表皮層の厚み

0：圧迫近接部と同じ

1：一部厚い

2：観察領域の半分が厚い

3：観察領域の大半が厚い

出血

0：なし

1：軽度

2：中等度

3：重度

うっ血

0：なし

1：軽度

2：中等度

3：重度

付属器の損傷

0：なし（毛根開口している）

1：軽度（毛根開口していない）

2：重度（付属器なし）

炎症性細胞

0：なし

1：少量

2：中量

3：多量

脂肪層の変性

0：なし

1：軽度

2：中等度

3：重度

筋変性

0：なし

1：軽度

2：中等度

3：重度

考 察

ヒトの褥瘡に関する発生要因はずれなどの外力だけではなく、栄養状態や皮膚の湿潤、汚染、骨突出などの要因が複合している。したがって、褥瘡の発生原因である外力が組織に与える影響は、外力以外の要因を制御できる動物モデルを用いて検討されてきた。特に圧に関しては、モデルを用いて組織に与える影響が多く報告されている¹¹⁻¹⁴⁾。一方、ずれに関するモデルは少なく、今回過去の往復方向のずれ以外の方向性、つまり一方向に加わるずれをモデルに負荷し組織に与え

る影響を検討したことは有意義である。

肉眼的所見では、実験群が治癒に14日間を要し、対照群では9日間であったことから、ずれによって治癒が遅延することが明らかとなった。実験群では表皮から真皮までの壊死が観察されたが対照群ではみられなかった。

組織学的観察では、対照群では皮下組織から筋層の損傷が著しかった一方、表皮、真皮の損傷は軽微であった。この結果はわれわれの先行研究⁹⁾と一致している。しかし、実験群では、対照群では観察されなかった表皮から真皮の損傷が著明であることが本研究で示

された。武田ら⁷⁾も、ずれを加えて圧迫した実験での真皮中層から下層にかけての重篤な循環障害を示唆している。また、今回は武田らが述べていない皮下組織から筋層までも含めて観察した。さらに今回の実験では圧迫部を頭側、中央部、尾側に分けて検討したため詳細な比較ができた。その結果実験群では14日目の所見において頭側や中央部に比べて、尾側で筋肉の変性・萎縮や筋の壊死も顕著であること、頭側では真皮にうっ血、出血が多数みられることが明らかとなった。これらの結果から実験群の治癒が遅延した理由を検討した。

第1に、虚血による循環障害が考えられる。正常な血液の流れは筋層内の動脈から皮膚の毛細血管を介して、皮静脈、静脈へと流れる。ずれを負荷すると血管径が変形し、さらに圧迫を加えることで血管が破綻あるいは閉塞し、虚血となる。実験群では、尾側方向へ力を負荷した結果、尾側がより強く引き伸ばされ、深部の血管が細くあるいは扁平となった。その結果、筋層の損傷が強くなり、皮膚から筋肉に向かって血液が流れなくなり、中央部・頭側へと血液が流れた。そのため、頭側の真皮にうっ血、出血がみられたと考えられる。先行研究でも、人体の機能的に、皮膚が一方方向に引き伸ばされると虚血が起こり¹⁵⁾、壊死が発生しやすい状態になることが示唆されている¹⁶⁾が、本研究において組織学的に虚血の発生を明らかにすることができた。

第2に、膠原線維の走行の変化による影響が考えられる。真皮に存在する膠原線維は、表皮に対して平行に配列していることで圧迫に対して抵抗性を示す¹⁷⁾。今回の実験では、ずれを負荷することで膠原線維が引き伸ばされ、皮膚の圧迫に対する抵抗性が弱まったと考えた。この現象によって、皮下組織から筋層にかけて圧迫の影響が直接及んだと推測した。本実験では7、14日目に膠原線維の大きな変化を確認することはできなかったが、早期に変化が起こっていた可能性があり、今後、圧迫直後から膠原線維に焦点を当て、詳細に観察していく必要がある。

看護への適応

今回の実験では、尾側方向にずれを負荷したことで頭側の真皮にうっ血がみられ、尾側では皮下組織から筋層までの損傷がみられたことから、ずれを負荷すると肉眼的には発赤が観察できない部分でも皮下で損傷が起こっていることが明らかとなった。これにより、臨床の場における発赤周囲のケアの必要性が示唆された。

本研究の限界と今後の展望

今回の実験で負荷した圧迫とずれは褥瘡作製時の1回のみであり、発生後に再び圧迫とずれを負荷しなかった。そのため、今後、治癒過程にも圧迫とずれを負荷することで、より臨床に近い条件に設定することを考えていく必要がある。また、本研究で負荷したずれの大きさは1 kg重のみであり、そのほかの負荷の大きさによる組織の損傷の違いを検討することができなかったため、今後、負荷の方向や大きさの違いにも着目し、検討する必要がある。

今回の実験では、ラットに8 kg (1900 mmHg)で6時間の圧迫という負荷をかけて、褥瘡を作製している。これはラットがヒトの皮膚構造と異なり、ラットの皮膚にヒトにおいてみられる褥瘡と判断できる創を作製するために必要な負荷であった。1 kg (9.8N)の重りによるずれの負荷はプレ実験を行い、決定した。今回はずれの影響が肉眼的所見として現れるラットモデルを作製することを重視し、実験を行った。そのため1 kg重のずれの負荷がヒトに及ぼす影響の程度は異なる可能性がある。

結 論

1 kgの尾側方向へのずれと8 kgの圧迫を同時に6時間負荷し、褥瘡を作製したラット（実験群）と、同じく8 kgの圧迫のみを6時間負荷し、褥瘡を作製したラット（対照群）を用いて肉眼的・組織学的に比較し、以下の結果が得られた。

- 1) 実験群の肉眼的所見では、局所に壊死がみられ、14日目で治癒した。
- 2) 対照群の肉眼的所見では、局所の壊死はみられず、9日目で治癒した。
- 3) 実験群の組織学的所見では、7日目、14日目ともに尾側の筋層の変性が顕著であった。また、頭側の真皮にうっ血、出血が多数みられた。
- 4) 対照群の組織学的所見では、7日目、14日目ともに中央部の筋に変性がみられた。

以上より、一方方向のずれと圧迫を負荷した褥瘡では壊死が形成され、圧迫のみを負荷した褥瘡と比較して、治癒が1週間程度遅延することが明らかとなった。その理由には、尾側の皮下組織から筋層にかけての変性とそれによって引き起こされる頭側の真皮のうっ血が考えられた。

謝 辞

タリウム201による血行検索方法をご指導いただいた金沢大学大学院医学系研究科医療科学領域天野良平教授に深謝いたします。

本研究は、平成16年度科学研究費補助金基盤研究Cの一部である。

文 献

- 1) 松井優子, 三宅繁美, 河崎伴子, ほか: 二層式エアセルマットレスの褥瘡予防における臨床実験研究. 褥瘡会誌, 3(3): 331-337, 2001.
- 2) 紺家千津子, 真田弘美, 須釜淳子, ほか: 高齢者における褥瘡治癒過程からみた形態的分類と看護ケアとの関係 - ポケット形成のある褥瘡に焦点をあてて -. 褥瘡会誌, 4(1): 60-69, 2002.
- 3) 越村洵子, 紺家千津子, 真田弘美, ほか: 褥瘡におけるポケット形成にいたるまでの過程の検討. 褥瘡会誌, 6(4): 607-615, 2004.
- 4) 大浦武彦, 佐伯誠子, 桐生真由美, ほか: ポケット形成のメカニズム - 圧・ずれとの関係 -. 褥瘡会誌, 7(1): 57-66, 2005.
- 5) Read S: Treatment of a heel blister caused by pressure and friction. Br J Nurs, 10(1): 10-19, 2001.
- 6) 稲垣美智子, 小藤幹恵, 前川弘美, ほか: 褥瘡形成リスクである「ずれ」予防の検討 - 看護ケアの場でおこる「ずれ」の場面に焦点をあてて -. 金大医短紀要, 15: 79-83, 1991.
- 7) 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.
- 8) Goldstein B, Sandars J: Skin response to repetitive mechanical stress: A new experimental model in pig. Arch Phys Med Rehabil, 79(3): 265-272, 1998.
- 9) Sugama J, Sanada H, Nakatani T, et al: Pressure-induced ischemic wound healing with bacterial inoculation in the rat. WOUNDS, 17(7): 157-168, 2005.
- 10) Seto H, Kageyama M, Nomura K: Whole-body 201 Tl scintigraphy during one-leg exercise and at rest in normal subjects: estimation of regional blood flow changes. Nucl Med, 16: 661-666, 1995.
- 11) Salcido R, Donofrio JC, Steve B, et al: Histopathology of pressure ulcers as a result of sequential computer-controlled pressure sessions in a fuzzy rat model. Adv Wound Care, 7(5): 23-40, 1994.
- 12) Peirce SM, Skalak TC, Rodeheaver GT: Ischemia-reperfusion injury in chronic pressure ulcer formation: a skin model in the rat. Wound Rep Reg, 8(1): 68-76, 2000.
- 13) 七川正一, 森将晏: 褥瘡発生初期段階における虚血再灌流傷害の関与. 褥瘡会誌, 7(1): 93-98, 2005.
- 14) Kokate JY, Leland KJ, Sparrow EM, et al: Critical thresholds for pressure ulcer formation in a porcine model. WOUNDS, 9(4): 111-121, 1997.
- 15) Reichel SM: Shearing force as a factor in decubitus ulcers in paraplegics. JAMA, 166(7): 762-763, 1958.
- 16) 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.
- 17) Kerr JB: カラーアトラス機能組織学 (藤本豊士, 牛木辰男 訳), 南江堂, 東京, 2001.