

# 全身麻酔下側臥位手術患者における術前皮膚状態と術後皮膚障害・褥瘡発生の関連：前向きコホート研究

## Relationship Between Preoperative Skin Conditions and Postoperative Skin Disorders in Lateral Decubitus Surgery: A Prospective Cohort Study

研究代表者 熊本大学大学院生命科学研究部 基盤看護学 准教授 原 健太郎

共同研究者 高見 宗太郎<sup>※1</sup> 上村 貴弘<sup>※1</sup> 立花 玲華<sup>※1</sup> 神代 竜育<sup>※1</sup> 弓削 亜矢香<sup>※1</sup>

下山 孝一郎<sup>※2</sup> 朝重 耕一<sup>※3</sup> 山口 美知子<sup>※4</sup> 藤岡 正樹<sup>※5</sup> 田川 努<sup>※3</sup>

キーワード：側臥位手術、経表皮水分蒸散量（TEWL）、周術期皮膚障害、術後褥瘡、皮膚バリア機能

### I 研究目的

手術中の体位によっては、持続的な圧迫や虚血が生じ、術後の皮膚障害や褥瘡のリスクが高まることが知られている<sup>1)</sup>。特に側臥位手術では、長時間の不動が皮膚血流の低下を引き起こし、圧迫部位における皮膚障害・褥瘡発生リスクが増大する<sup>2)</sup>。これらのリスク因子に対する予防策として、手術中の体位調整や圧迫軽減マットレスなどの使用が推奨されているが、術前の皮膚状態が術後の皮膚障害に及ぼす影響については十分に検討されていない<sup>3)</sup>。

皮膚バリア機能の指標として経表皮水分蒸散量（transepidermal water loss: TEWL）が広く用いられており、TEWL 値が高いほど皮膚の水分保持能力が低下し、バリア機能が損なわれていることを示す<sup>4)</sup>。一般に、皮膚の水分量や pH もバリア機能に影響を及ぼすが、特に TEWL は手術時の皮膚脆弱性の指標となる可能性がある<sup>5) 6)</sup>。しかし、周術期における TEWL の役割や術前の TEWL 値と術後の皮膚障害発生との関連については、これまで十分に検討されていない。

本研究の目的は、側臥位手術を受ける患者における術前の TEWL 値と術後の皮膚障害発生との関連を明らかにし、高リスク患者を特定するためのカットオフ値を設定することである。また、皮膚の水分量や pH と術後の皮膚障害との関係も併せて検討し、TEWL を指標とした周術期の皮膚障害予防戦略の有効性を評価する。

### II 研究方法

#### 1 研究デザイン

本研究は、前向き観察研究（prospective cohort study）として実施した。側臥位手術を受ける患者を対象に、術前の皮膚状態（経表皮水分蒸散量（TEWL）、皮膚水分量、皮膚 pH など）を評価し、術後の皮膚障害の発生状況との関連を分析した。

#### 2 研究対象

本研究の対象は、2022年11月から2023年12月の期間に国立病院機構長崎医療センターの手術室で側臥位手術を受けた成人患者とした。対象者の選定基準は、20歳以上で全身麻酔下において側臥位手術を受ける患者とし、研究への参加に書面同意を得た者とした。一方で、緊急手術を必要とする患者、手術時間が4時間を超える患者、および既存の皮膚疾患や重度のアレルギー反応を有する患者は除外した。

#### 3 測定項目

本研究では、皮膚関連因子と周術期因子を評価した。術前の評価は手術直前に実施し、TEWL を VapoScan VT100RS（Nihon Ash Co., Ltd.）を用いて側胸部の皮膚の蒸散量として測定した。また、接触型温度計を用いて皮膚温を測定し、Mobile Moisture HP19-M（Integral Co., Ltd.）を使用して皮膚水分量および角質層水分量を測定した。さらに、Skin and Scalp pH Tester HI981037（Hanna Instruments）を用いて皮膚 pH を測定した。TEWL および角質層水分量は、各測定部位においてプローブの位置をわずかにずらして 2

※1 国立病院機構長崎医療センター 手術センター  
※3 国立病院機構長崎医療センター 呼吸器外科  
※5 国立病院機構長崎医療センター 形成外科

※2 富山大学医学部附属病院 呼吸器外科  
※4 国立病院機構長崎医療センター 麻酔科

回測定し、その平均値を解析に用いた。

術中のデータとして、手術時間、麻酔時間、体温（開始時および終了時）、出血量、および輸液量を記録した。術後の評価は、術直後、術後1日目、および術後3日に行い、皮膚障害の有無を National Pressure Ulcer Advisory Panel 分類に基づいて評価した<sup>7)</sup>。また、Dermocamera DZ-D100 を使用して皮膚の写真記録を行い、形成外科医が評価を実施した。

#### 4 データ解析

患者の背景因子、手術因子、および麻酔因子のデータは、変数の特性に応じて中央値（四分位範囲）または割合（%）として記述した。連続変数の正規性は Shapiro-Wilk 検定を用いて確認し、正規性を満たさない場合は Mann-Whitney U 検定を用いて群間比較を行った。名義変数の比較にはカイ二乗検定または Fisher の正確検定を適用した。

本研究の主要評価項目である術後皮膚障害の発生率と TEWL の関連を分析するために、Spearman の順位相関係数を用いた。また、TEWL のカットオフ値を決定するために、受信者動作特性（ROC）曲線解析を実施し、Youden 指数を用いて感度と特異度の最適なバランスをもつカットオフ値を求めた。さらに、術後皮膚障害の発生に関連する因子を評価するため、多変量ロジスティック回帰分析を行い、年齢、性別、BMI、手術時間、出血量などの交絡因子を調整したモデルを構築した。統計学的有意水準は  $p < 0.05$  とし、すべての解析は JMP® 17 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を用いて実施した。

#### 5 倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言の倫理原則に基づき実施され、長崎医療センター倫理審査委員会（承認番号：

2022096）の承認を得た。また、本研究のプロトコルは UMIN 臨床試験登録（UMIN000053356）に登録されている。

### III 結果

#### 1 研究対象の特性

本研究の対象となった患者 86 名のうち、術後に皮膚障害を発症した患者は 24 名（27.9%）であり、残り 62 名（72.1%）は皮膚障害を認めなかった。皮膚障害を発症した 24 名のうち、16 名（66.7%）が Stage I、8 名（33.3%）が Stage II であった。全例が術直後より発生した。患者の背景因子について、年齢、性別、身長、体重、BMI、術前の総タンパク、アルブミン、ヘモグロビン値には、皮膚障害群と非皮膚障害群の間で有意な差は認められなかった（全て  $p > 0.05$ ）。また、手術時間、麻酔時間、出血量、輸液量、尿量、術前および術後の中枢温に関しても、両群間で統計学的に有意な差はなかった。

#### 2 皮膚関連因子と術後皮膚障害の関係

術後皮膚障害群と非皮膚障害群における皮膚関連因子を比較した結果、TEWL 値に有意な差が認められた ( $p < 0.01$ ) (Table 1)。皮膚障害群の TEWL 中央値は  $16.5 \text{ g/m}^2/\text{h}$ （四分位範囲 5.7–34.2）であり、非皮膚障害群の TEWL 中央値  $7.5 \text{ g/m}^2/\text{h}$ （四分位範囲 4.5–12.0）よりも高値であった。一方で、皮膚温、皮膚水分量、角質層水分量、および皮膚 pH については、両群間で有意差は認められなかった。

Table 1. Comparison of Skin Factors Between the Postoperative Skin Injury Group and Normal Group

	Postoperative skin injury group (n=24)	Normal group (n=62)	p-value
Skin peripheral temperature (°C)	26.8 (26.3–27.7)	26.9 (26.1–27.6)	0.23
Skin moisture (%)	59.3 (46.2–69.1)	52.5 (40.2–61.3)	0.05
TEWL (g/m <sup>2</sup> /h)	16.5 (5.7–34.2)	7.5 (4.5–12.0)	<0.01*
Stratum corneum hydration (%)	38.1 (28.3–43.2)	37.4 (29.3–44.5)	0.97
Skin pH	5.3 (4.7–5.6)	5.3 (4.8–5.7)	0.90

\* Significant difference between groups

Note. 中央値（四分位範囲）で表示。群間比較には Mann-Whitney U 検定を使用。

### 3 術後皮膚障害の予測因子

ロジスティック回帰分析は、皮膚温、皮膚水分量、TEWL、角層水分量、皮膚 pH の 5 項目を説明変数とし TEWL のみが術後皮膚障害の有意な予測因子であることが示された ( $B = -0.094$ ,  $SE = 0.031$ ,  $p < 0.01$ , 95% CI:  $-0.161$ – $-0.037$ ) (Table 2)。Hosmer-Lemeshow 適合度検定の結果 ( $p = 0.42$ ) より、モデルの適合度は良好であると判断された。

Table 2. Logistic Regression Analysis of Postoperative Skin Injuries

	B	SE	p - value	95% CI	Odds Ratio
Skin peripheral temperature (° C)	-0.373	0.195	0.05	-0.829–0.032	0.689
Skin moisture (%)	-0.010	0.024	0.66	-0.059–0.035	0.990
TEWL (g/m <sup>2</sup> /h)	-0.094	0.031	<0.01*	-0.161–0.037	0.910
Stratum corneum hydration (%)	0.001	0.026	0.72	-0.043–0.061	1.001
Skin pH	-0.117	0.438	0.78	-0.981–0.758	0.890

### 4 TEWL のカットオフ値の決定

ROC 解析を実施した結果、TEWL の AUC (Area Under the Curve) は 0.691 (95% CI: 0.613–0.769) であり、カットオフ値を 19.5 g/m<sup>2</sup>/h と設定した場合、感度 50.0%、特異度 90.3% であった (Figure 1)。

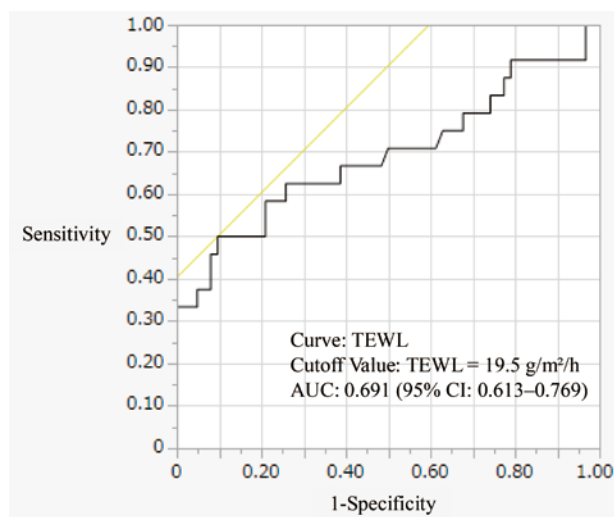


Figure 1. ROC curve analysis

## IV 考察

本研究では、側臥位手術を受ける患者において、術前経表皮水分蒸散量 (TEWL) が術後の皮膚障害と有意に関連することが明らかとなった。特に、TEWL が 19.5 g/m<sup>2</sup>/h 以上の患者ではリスクが高く、周術期スキンケアの新たな評価指標となる可能性が示唆された。

### 1 TEWL と術後皮膚障害の関連

本研究では、術前の TEWL が術後皮膚障害の発生と有意に関連し、特に皮膚障害群の TEWL 値は非障害群より有意に高かった。ロジスティック回帰分析でも、TEWL のみが独立した予測因子として確認された。これは、皮膚バリア機能が低下した患者では、手術中の

圧迫やずれにより皮膚障害を起こしやすいことを示唆している。TEWL は皮膚の水分保持機能を示す生理指標であり、これまでも慢性皮膚疾患や創傷治癒における評価指標としての有用性が報告されてきたが、周術期ケアにおいて TEWL を評価する意義が示されたのは本研究が初めてである<sup>4), 5)</sup>。

### 2 TEWL のカットオフ値の臨床的意義

本研究では、ROC 解析の結果、TEWL のカットオフ値を 19.5 g/m<sup>2</sup>/h と設定した。このカットオフ値に基づくリスク分類において、感度 50.0%、特異度 90.3% という結果が得られた。特異度が高いことから、このカッ

トオフ値を超える患者では、術後の皮膚障害リスクが高いと判断でき、術前から重点的な皮膚ケアが必要であると考えられる。一方で、感度が50.0%とやや低いため、本カットオフ値のみで全てのリスク患者を特定することは難しく、今後は他の要因（栄養状態、皮膚の厚みなど）を含めた多角的評価が必要となる<sup>8)</sup>。

### 3 周術期における TEWL 評価の意義と今後の展開

周術期において、皮膚障害を予防するためには、術前皮膚状態を的確に評価し、リスクの高い患者に対して早期介入を行うことが重要である。本研究の結果は、TEWL 測定がその一助となる可能性を示しており、特に周術期看護の観点から、術前のスキンケア介入の必要性を判断するための指標として活用できる可能性がある。例えば、TEWL 値が高い患者に対しては、手術前から皮膚保護剤の使用や保湿ケアを強化することで、皮膚バリア機能を改善し、術後の皮膚障害リスクを低減できる可能性がある。

### 4 本研究の限界と今後の課題

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、単施設で実施されたため、手術手技や患者特性が限定されており、結果の一般化には慎重な解釈が必要である。今後は多施設共同研究による検証が求められる。第二に、皮膚障害の観察期間が術後3日目までに限られており、長期的な経過や回復は評価できていない。第三に、TEWL が予測因子であることは示されたが、その値に影響を与える背景因子（年齢、BMI、栄養状態など）、またその重症度との関連は十分に検討されておらず、今後の解析結果が待たれる。

本研究は、TEWL が周術期における皮膚障害リスクの客観的な評価指標となり得る可能性を初めて示した点で意義がある。今後は、TEWL を活用したリスク評価モデルの構築や、スキンケア介入と組み合わせた実践的研究の展開が期待される。

## V 結論

本研究では、側臥位手術を受ける患者において、術前の経表皮水分蒸散量 (TEWL) が術後の皮膚障害と有意に関連し、特に TEWL が  $19.5 \text{ g/m}^2/\text{h}$  以上の患者でリスクが高まることが示された。術前の TEWL 測定は、リスク評価の有用な指標となる可能性がある。今後は、本結果の一般化に向けた多施設研究や、TEWL

を含むリスク評価モデルの構築が求められる。TEWL 測定の標準化と術前スキンケア介入の組み合わせにより、より効果的な皮膚障害予防策の確立が期待される。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、国立病院機構長崎医療センター手術センター、形成外科ならびに麻酔科のご協力を深く感謝いたします。また、本研究は公益財団法人木村看護教育振興財団の研究助成を受けて実施されました。

## 参考文献

- 1) Aloweni F, et al. A prediction tool for hospital-acquired pressure ulcers among surgical patients: surgical pressure ulcer risk score. *Int Wound J.* 2019;16 (1) :164-175.
- 2) Lumbley JL, et al. Retrospective review of predisposing factors for intraoperative pressure ulcer development. *J Clin Anesth.* 2014;26 (5) :368-374.
- 3) Tschannen D, et al. Patient-specific and surgical characteristics in the development of pressure ulcers. *Am J Crit Care.* 2012;21 (2) :116-125.
- 4) Harrow JJ, et al. Subepidermal moisture surrounding pressure ulcers in persons with a spinal cord injury: a pilot study. *J Spinal Cord Med.* 2014;37 (6) :719-728.
- 5) Kim CG, et al. The relationship of subepidermal moisture and early stage pressure injury by visual skin assessment. *J Tissue Viability.* 2018;27 (3) :130-134.
- 6) Schwindt DA, et al. Water diffusion characteristics of human stratum corneum at different anatomical sites in vivo. *J Invest Dermatol.* 1998;111 (3) :385-389.
- 7) Edsberg LE, et al. Revised National Pressure Ulcer Advisory Panel Pressure Injury Staging System: Revised Pressure Injury Staging System. *J Wound Ostomy Continence Nurs.* 2016;43 (6) :585-597.
- 8) Augustin M, et al. Prevalence, predictors and comorbidity of dry skin in the general population. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2019;33 (1) :147-150.