

圧迫・せん断力発生時の毛細血管挙動観察装置の開発

Development of an observation device for an observation device for a capillary behavior and blood flow under pressure and shearing force generated

○花園祥一(芝工大) 李虎奎(芝工大) 柴田政廣(芝浦大) 米田隆志(芝工大)

Yoshikazu HANAZONO, shibaura institute of technology  
Hokyo LEE, shibaura institute of technology  
Masahiro SHIBATA, shibaura institute of technology  
Takashi KOMEDA, shibaura institute of technology

**Abstract:** Normally, when pressure ulcer occurred, pressure and sharing force are increased on the surface of tissues and this condition makes the blood capillary become blockage. However, we don't know how much pressure and sharing force influence on tissues and capillary. Therefore, in this study is analyzing it. This research, embarked on the development of a device that is deployed in the observation and evaluation of blood flow behavior in capillary. The device is composed of a microscope to record capillary and mechanisms to apply pressure and sharing force. The device recognizes red blood cells from recorded motion picture by microscope to measure the blood flow rate and the displacement of the capillary quantitatively. This paper show the result of experiment that is apply only pressure to capillary of finger.

**Key Words:** Pressure ulcer, Image processing, Biometry, Capillary vessel

1. 研究背景

現在，日本では高齢化により，超高齢社会に突入した。また，寝たきりになる要因の一つが老化であり，高齢化の進行に伴い，寝たきり者の増加が懸念される。寝たきり者のかかる疾患の中で特に重大な問題とされている疾患が褥瘡である。

褥瘡とは一般的には「床ずれ」とも呼ばれ，ベッドや椅子などの圧迫により毛細血管が閉塞し，細胞への酸素や栄養の供給が長時間にわたり滞ることで組織が壊死してしまう疾患であり<sup>(1)</sup>。圧迫を受ける際，垂直圧力およびせん断力の両方の力が組織に加わることで毛細血管が閉塞しやすくなることが判明している。しかし，褥瘡が起こる原因となるされる力と血管の状態について定量的な関係は判明していない。

2. 研究目的

本研究では褥瘡予防の基礎技術の確立および褥瘡予防に有効な機器の開発のための基礎研究として，褥瘡の発生メカニズムの定量的な解析を行うことが目的である。そのための手法として，褥瘡の原因とされている垂直圧力・せん断力を皮膚表面に任意に発生させ，その際の毛細血管および赤血球の状態をミクロの視点で経皮的に観察し，評価を行う。

3. 指先圧迫時の測定実験

3.1 実験概要

褥瘡の主要となる好発部位は仙骨部である。しかし，現時点では仙骨部付近の毛細血管を顕微鏡などにより経皮的に確認するのは，皮膚の厚さなどにより困難である。そこで本実験では仙骨部などの好発部位で計測を行う前段階として，皮膚が薄く，毛細血管の観察が容易である指先の爪上皮周辺を観察部位とし観察・評価を行う。観察部位に対し，一定の圧力を段階的に印加することで，毛細血管および赤血球の状態を定量的に評価することを目的とする。

3.2 実験装置

Fig.1に本実験における実験装置を示す。本実験ではスタンドに設置したフォースゲージ(SIMPO 社製 FGP-5)にハンディタイプの顕微鏡(GOKO カメラ社製 EV-8)を取り付けた装置である。DC モータを回すことでフォースゲージを上下に動かし，指先の爪上皮を圧迫しながら顕微鏡で撮影する，その際の印加した圧力をフォースゲージから読み取る。圧力の情報をフィードバックすることで DC モータ(Maxson 社製)により一定の圧力を印加するための制御を行う。DC モータを制御するためにはモータドライバ(Maxson 社製 ESCON Module 50/5)と Raspberry Pi2 を使用した。顕微鏡から得られた毛細血管の映像は PC に取り込み，評価をするための処理を施す。

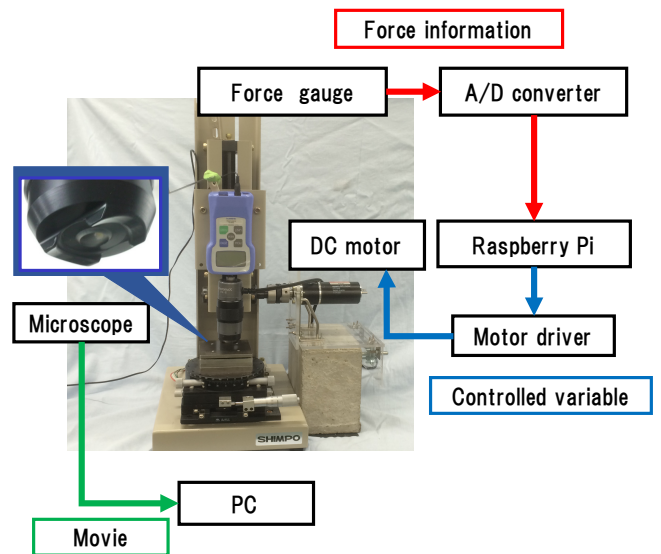


Fig. 1 Experimental device

### 3.3 評価方法

本実験では、2.5[N],5[N],7.5[N],10[N]の垂直圧力をそれぞれ、一定時間かけた際の毛細血管の状態を比較し、評価を行う。なお、毛細血管はそれぞれ、固有の形や見え方の差異があるため、同一のものを撮影し、比較する。

毛細血管の状態を評価するために必要な項目として、毛細血管の外形の差異(血管径の変化やずれによる変形量)流れている赤血球の量あるいは速度などがあげられる。これらを求めるために、映像上で毛細血管の外形を抽出し、差分をとることで変化を求めること、画面上での毛細血管の座標の把握、血管内に占める赤血球の領域面積を時間ごとに求めることが必要となる。

### 3.4 毛細血管および赤血球の抽出

Fig.2 に毛細血管外形の抽出方法を、Fig.3 に毛細血管に占める赤血球の面積を求めるための画像の抽出方法を示す。

顕微鏡から PC へ取り込まれた毛細血管の映像から毛細血管および赤血球の状態の評価を行うため、画像処理により毛細血管および赤血球の抽出を行う。なお、画像処理には OpenCV を使用した。

最初の処理として毛細血管の抽出し、外形の求める処理を行う。顕微鏡による映像からは、圧迫していない場合、多くの毛細血管は赤血球は血管内を絶え間なく流れている状態であり、その状態では毛細血管の外形を確認することは容易に可能にある。しかし、圧迫を受けることによって、血管径は狭まり、赤血球の流速は減少する。この状態でも赤血球は血管内にて動いている状態を確認することが可能ではあるが、同時に赤血球間の隙間が確認できるようになってくる。毛細血管内で赤血球の密度が低い場合、そのままの状態では毛細血管の外形を確認することは困難となる。そこで元となる映像を累算器にかけることで毛細血管の外形を再現する。累算器にかける際は、映像を全体的にかけるのではなく、数秒間のフレームをかける。これにより、映像内で毛細血管の座標が変化した際にも毛細血管を追従することが可能となる。累算器にかける際はより見やすくするため、正規化を行い、毛細血管と皮膚間のコントラストを上昇させている。

また、毛細血管を常に顕微鏡の同一座標上に保つことは、圧迫による観察部位の変形や被験者への負担などにより、困難であることが考えられる。そこで累算器にかけた映像に対して、同一の毛細血管でテンプレートマッチングにかけることで、フレーム上の同一形状の毛細血管を検索し、選択した毛細血管の座標を追従する。その座標を基に撮影した映像にクロップ処理を行い、毛細血管周辺のみを抽出する。累算し、クロップした毛細血管の映像を二値化することにより、毛細血管の外形画像を得る。

得られた毛細血管の外形画像を使用し、クロップした毛細血管の映像にマスク処理を施す。これにより、血管内のみ情報で、画像処理を行うことが可能となる。毛細血管の周囲の影響を受けにくくすることで、毛細血管内の赤血球をコントラストの差により抽出することが可能となる。緑色成分の抽出や正規化、二値化などの処理を行うことにより、赤血球を示す領域を抽出する。抽出した赤血球の領域と無圧迫状態での毛細血管の外形面積との比をとることで、毛細血管内の状態を相対的に求める。より大きな圧迫を受けることでよりこの比率は小さくなっていくと考えられる。また、流れている赤血球の映像から赤血球の速さを算出することにより、血管内の血流速を求めることが可能となる。

### 4. まとめ

本論文では垂直圧力を印加した際の毛細血管の状態を評価するために毛細血管の外形、赤血球の占める領域を求める方法を提示した。これを基に実験を重ね、評価を行う。また、せん断力を印加した際には、より大きな変形が起こることが予想される。変形が起こった際の毛細血管の状態を評価するための方法を考慮する必要があると考えられる。こちらについても実験を重ねつつ考慮していく必要がある。

### 参考文献

- (1) 真田弘美, 宮地良樹, New褥瘡のすべてが分かる, 論永井書店, pp. 13-16, 2013.

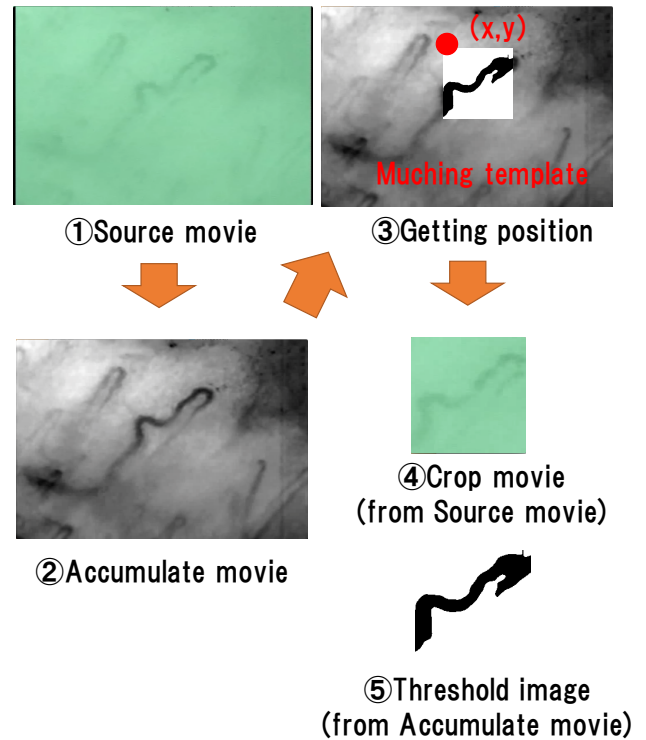


Fig. 2 Method of getting capillary vessel

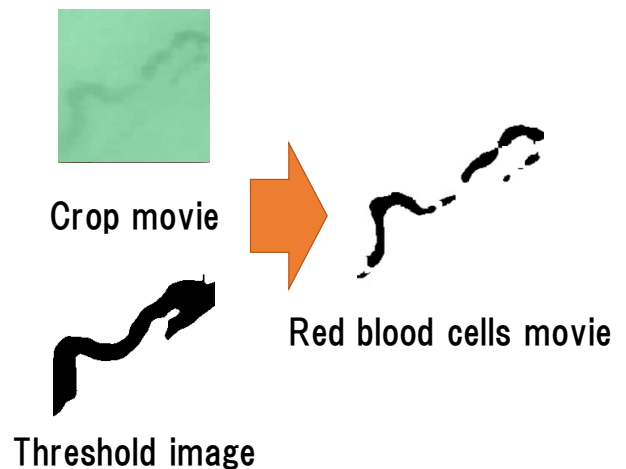


Fig. 3 Method of getting red blood cells area