局所体水分量変化測定のための多孔質マイクロニードルパッチの開発

Measurement of local body water content change using a porous microneedle patch

東北大院工　○熊田裕希，甲斐洋行，吉田昭太郎，西澤松彦

E-mail: kumata@biomems.mech.tohoku.ac.jp

1.　緒言

むくみ（浮腫）とは，毛細血管内腔から周囲の皮下組織に間質液が過剰に貯留した状態である．健常者が日常生活において重力の影響で痛みを伴うむくみを生じる場合があるなど，浮腫はしばしば痛みや不快感を伴い，quality of life（QOL）を下げる原因となり得る．また，心不全や腎不全など循環器疾患に伴うむくみなど，原疾患とされる病気の症状の指標としても扱われる病的むくみもある．現状のむくみの診断法は，皮膚を指で圧迫した時の圧痕の確認など非定量的手法が主流であるため，体の局所におけるむくみの程度を定量的にモニタリングできるデバイスの開発は，健常者の QOL 向上のみならず，循環器疾患の診断や治療効果のモニタリング等への応用が期待できる．体水分量は経皮的な通電時の電気的特性との相関性が知られている．しかし，経皮電気測定の際には高抵抗な角質層が正確な測定の妨げとなる．そこで本研究では，イオン導電性の多孔質マイクロニードルを用いて角質層を除去し，微弱電流を通電した時の局所体水分量と電気抵抗の関係を調査した．

2.　実験及び結果

Fig. 1 に本研究で提案する局所体水分量測定系を示す．今回使用したマイクロニードルは各円筒の支柱の上に高さ 100 μm の円錐形の針を有する多孔質マイクロニードルである．このイオン導電性の多孔質マイクロニードルアレイを電極と組み合わせ，健常な被験者の下肢の皮膚上に適用した．2 つの電極を脛に配置し，ソースメーターを介して接続した．直流の定電流を流して電極間の電位差を測定し，抵抗値を得た．本実験では，脚部の周囲長変化を体水分量の変化として定義した．被験者が椅子に座り脚部に負荷がかかると脚部周囲長（体水分量）が増加し，それに伴い抵抗値が減少した．その後，立ち上がり脚部への負荷を解消すると脚部周囲長が減少し，それに伴う抵抗値の増加がみられた（Fig. 2）．この結果から，皮膚の表皮における電気測定による体水分量の局所的モニタリングの可能性が示唆された．

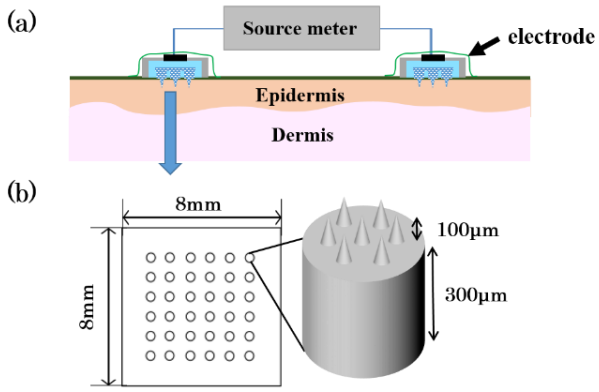

Fig. 1　(a) The concept of the microneedle-based patch device. (b) The geometry of the porous microneedles.

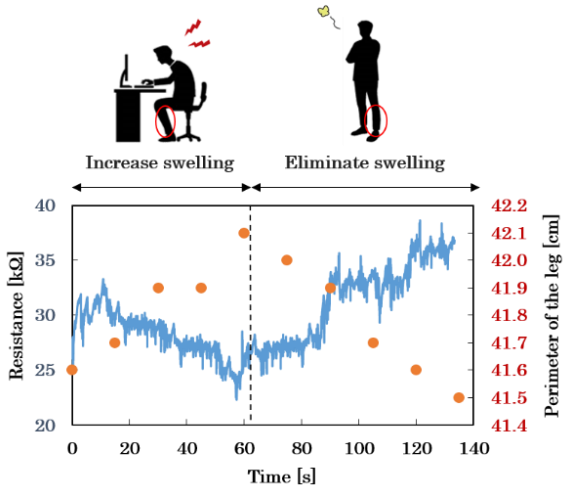

Fig.2　The electrical resistance measured by the device (blue line) and the perimeter of the leg (orange dots).