尿意センサのための電極形状の工夫

○稗田一郎 口ノ町康夫 佐藤滋 児玉廣之
(生命工学工業技術研究所)

Effective Layout and Shapes of Electrodes for Urination Alarm System

○Ichiro Hieda, Yasuo Kuchinomachi, Shigeru Sato
and Hiroyuki Kodama
(National Institute of Bioscience and Human Technology)

1. まえがき

筆者らは生体インピーダンス法によって体内水分量を非侵襲的に計測する研究を進めており、その応用として膀胱内の尿量を推定する尿意センサ^{1,2)}などの開発を行っている。

通常、生体インピーダンス計測では、皮膚、および皮膚と電極の接触部の抵抗の変化の影響を避けて、生体内部の抵抗率の変化を読み取るために、4電極法によって測定を行う(図1)。4電極法は皮膚や接触部の抵抗の変化の影響を避けられるという利点がある代わりに、4個の電極が全て接地から信号的に浮いているので外来雑音(誘導、電磁波など)に弱い、電流源と電圧測定回路の出入力を平衡にする必要があり、しかも信号の接地を共通化できないので装置が複雑化するなどの欠点があり、特にフィールドで使用することを目標にしている尿意センサには適していない。

そこで、これらの問題点を解決するた

めに新たな電極配置方法を考案して実験を行い、尿意センサの電極としての適性について検討を行った。

2. 面状2電極法

インピーダンスの測定を単純な2電極法で行えば、電流源側と電圧測定側の信号の接地を共通化できるので、外来雑音に強くなり回路構成も単純化できる。反面、皮膚の抵抗や電極と皮膚の接触抵抗の影響が避けられない。そこで、2つの電極を面状にして、電極と皮膚との結合を生体表面と電極により構成される容量性結合と接触部の抵抗との並列接続によるようにした。容量性の結合が支配的になる高い周波数領域では皮膚などの抵抗の影響が少なくなる。

図2に、面状2電極法による測定原理を示す。この原理により10×20cmのアルミ箔を下腹部と背側にあて、着衣によって圧着して実測した周波数応答を図3に示す。周波数応答は平坦で、外来雑音の影響も少ないことが確認できる。

図1 4電極法による測定

図2 面状2電極による測定

この方式では、前述の利点がある反面、電流が拡散するため、測定される抵抗は生体内の広範囲な部位の抵抗率の影響を受けるので、目的とする特定の領域（膀胱など）の抵抗率を測定するには不向きである。

3. 3電極法

面状2電極方式のメリットをしながら、比較的狭い領域の抵抗率変化を測定するために考案した方法が図4に示す、3電極法である。測定したい部位（下腹部）に点電極を2個はりつけ、身体の裏側（背側）に2と同じ面状の電極を装着する。電流源と電圧測定回路の出入力は不平衡でよく、信号の接地側を面状電極に共通に接続する。測定値の時間変化を図5に、周波数応答を図6に示す（図5と6は測定条件が異なる）。周波数応答は、容量性結合と配線のインダクタンスの影響で谷型の特性を示している。これらの結果から、外来雑音の影響も少なく、時間経過による変動も少ないことが確認できる。

一方で、金属箔を用いた面状の電極は耐久性に問題がある他、長時間皮膚に装着していると皮膚がむれたり、皮膚呼吸の妨げになるので、実用化するためには、穿孔をほどこしたり、多孔質の材料を用いたりという工夫や耐久性の改善が必要となる。

4. まとめ

フィールドでの生体インピーダンス計測に適した電極配置法を考案し、実験の結果、外来雑音に強く、長時間安定した測定ができることが確認できた。しかし、実用化するためには電極材質に工夫が必要である。

参考文献

- (1) 稗田他：携帯型尿意センサーの試作、日本人間工学会第31回大会、札幌、1990年6月8日
- (2) 口ノ町他：インピーダンス法による膀胱内尿量の長時間計測、人間工学28巻3号、1992年6月

図3 2電極法の周波数応答

図4 3電極法による測定

図5 インピーダンスの時間変化

図6 3電極法の周波数応答