

臨床および育児支援のための吸啜機能計測システム構築の試み

Construction of a measurement system of sucking function for clinical support

○若松勇貴 (大電通大院) 西恵理 (大電通大院)
 長松有衣子 (大阪厚生年金病院) 新川拓也 (大電通大)

Yuki Wakamatsu, Osaka Electro-Communication University
 Eri Nishi, Osaka Electro-Communication University
 Yuiko Nagamatsu, Osaka Koseinenkin Hospital
 Takuya Niikawa, Osaka Electro-Communication University

Abstract: In this study, we constructed a measurement system of sucking function for clinical support. An elastomer artificial nipple containing multiple small built-in force sensors was developed. A cantilevered force sensor composed of a thin stainless steel beam and all-purpose foil strain gauges were attached to the surface of the beam. The force sensors were placed on the lateral surface of the hexagonal prism-shaped stainless steel beam. Signals obtained from the force sensor were amplified and subsequently transferred to a PC via a USB port. Lissajous figures of the output of the 2 force sensors on the same surface and the pressure distribution of the nipple surface were displayed for verification of tongue movement during sucking. The clinical utility was validated by a pediatrician.

Key Words: Infants, Sucking Function, Clinical support

1. はじめに

乳児は舌、顎などの巧みな協調運動を行うことによって乳汁を摂取することが知られている。これらの口腔運動機能については、カメラ⁽¹⁾⁽²⁾や超音波断層法⁽³⁾⁽⁴⁾などを用いた口腔内の観察やカセンサによる舌-乳首接触圧の計測⁽⁵⁾⁽⁶⁾などによって、徐々に明らかにされつつある。具体的には、1秒間に2回程度の吸啜動作がなされること、舌の隆起部が舌尖から舌根にむけて移動する蠕動様運動によって乳首から乳汁をしごき出されることなどが示された。

これら口腔内の運動状態を示すデータを臨床支援や育児の現場において活用することは、乳児の成長過程を把握する観点から重要であるといえる。

本研究では、複数個のカセンサを内蔵した人工乳首の構築を行い、乳児の吸啜時の舌の蠕動様運動を速やかに確認できるシステムの構築を行った。また計測データから臨床における哺乳障害診断支援および育児支援のために口腔吸啜機能を視認できるソフトウェアの開発を行った。

2. 吸啜機能計測システムの構築

2-1 カセンサを内蔵した人工乳首による舌-人工乳首接触圧の計測

本研究では、舌が乳首に与える力を計測するためにカセンサを複数内蔵した人工乳首を構築した。カセンサおよびセンサユニットを Fig. 1 に示す。カセンサは縦 6.5mm、横 2mm、厚さ 0.3mm のステンレス薄板に歪みゲージ(共和電業社製, KFR-02N-120-C1-23N10C2)を貼付し、各辺 2mm の立方体の力伝達ブロックを設けることで構築される。舌がカセンサの伝達ブロックに接触すると、ステンレス薄板に歪が生じて歪みゲージの電気的抵抗を変化させる。

カセンサは正六角形の断面を持つ六角柱の側面に、ch.1, ch.2 を口蓋面に対して 30 度、ch.3, ch.4 を 90 度、ch.5, ch.6 を 150 度の角度を設けて設置した。各カセンサから得られた信号はブリッジ回路と増幅器を介してサンプリング周波数 100Hz、量子化分解能 12bit で A/D 変換され USB を経由して PC に入力される。PC のディスプレイは出力信号をリアルタイムで表示する。出力信号は伝達ブロックの断面積で除して圧力換算される。

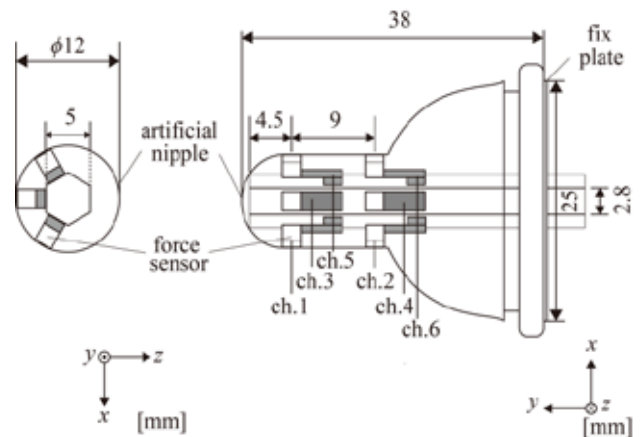


Fig. 1 Schematic drawing of the artificial nipple with built-in force sensors

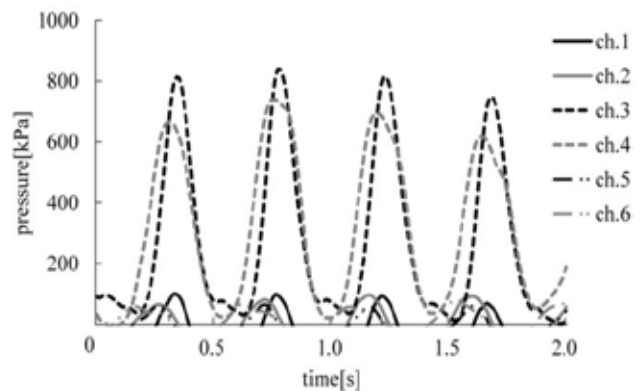


Fig. 2 Tongue-artificial nipple contact pressure waveforms

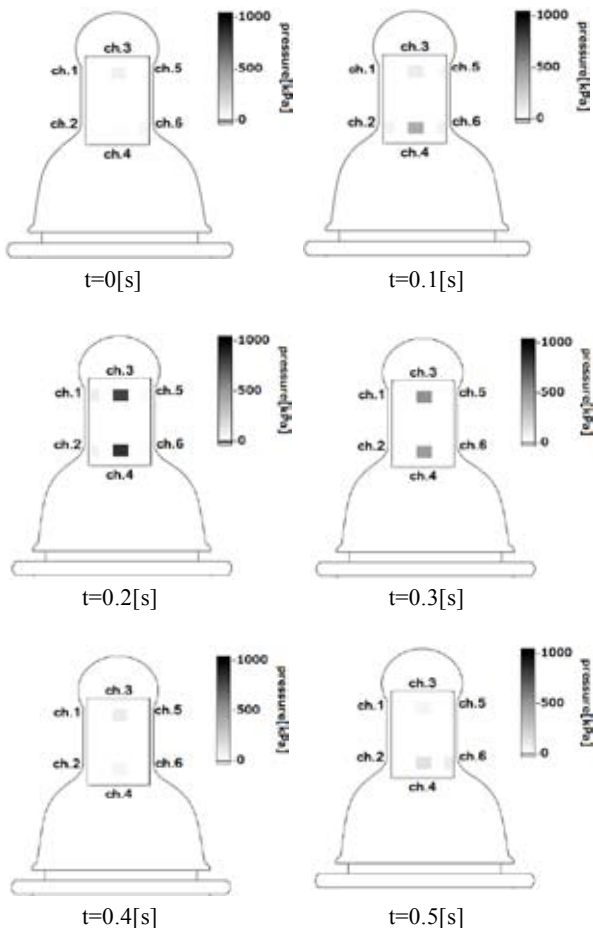


Fig. 3 Pressure distribution of the nipple surface (0s~0.5s)

本人工乳首を用いて被験児1名の吸啜時の計測を行った。被験児は出生体重2840g, 在胎週数39週の男児である。被験児の親には、研究の目的および方法を説明し、同意を得て計測を行った。計測で得られた吸啜波形をFig. 2に示す。計測の結果、センサユニットのch.3とch.4で最も大きな接触圧が得られた。また、吸啜回数は1秒間に約2回程度であった。

2-2 吸啜時における舌運動計測・評価システムの開発

本研究では吸啜波形から舌が力センサに接触する様子を速やかに視認できる舌運動計測・評価システムの開発を試みた。具体的には、乳児の舌が各センサに加える圧力の時間変化を示す図および同一側面上の2つのセンサの位相差が確認できるリサージュ図を表示できるようにした。Fig. 2における0sから0.5sまでの圧力分布を0.1s間隔で表示した結果をFig. 3に、ch.3とch.4のリサージュ図をFig. 4に示す。本システムを用いた結果、計測データから速やかにそれぞれを確認することができ、吸啜運動の様態を捉えることが可能であることが示された。吸啜機能について正常であるとされた乳児の場合、乳首下部からの圧力が強く、さらにリサージュ図において、舌の蠕動様運動のためと見られる位相差を確認した。

小児科医によるこれらのデータ視認性の評価では、「人工乳首に接触している舌の動き方が視覚的に捉えられるのでわかりやすい。」「位相差を確認することで舌の蠕動様運動を推定できる。」との意見をいただく一方、舌が乳首に与える力の方向を示すことが重要であることが明らかとなった。

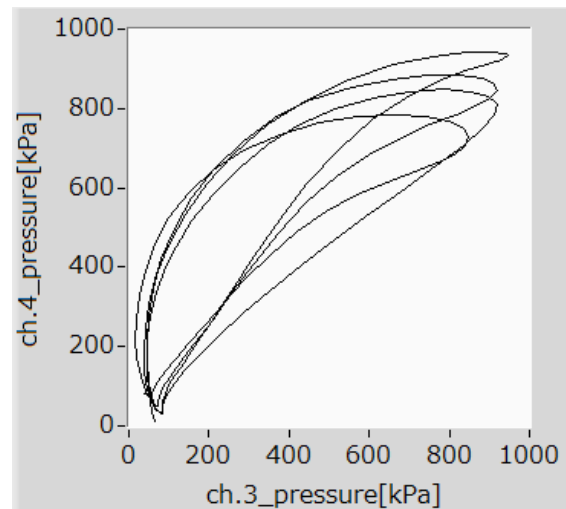


Fig. 4 Lissajous figures of the output of the force (ch.3, ch.4)

3. まとめ

本研究では、臨床における哺乳障害診断支援および家庭における育児支援を目的として、哺乳時における乳児の口腔運動機能を定量計測・評価できるシステムを開発した。具体的には、力センサを複数内蔵した人工乳首を用いて、計測されたデータを速やかに視認できるソフトウェアを開発した。本ソフトウェアでは、人工乳首表面における圧力がマトリックス様に図示され、さらに舌の蠕動様運動が確認できるようにリサージュ図形を表示させることができる。小児科医による評価の結果、本システムを臨床に適用できる可能性を示した。

本研究における実験は、大阪厚生年金病院医学倫理委員会の承認を得て行われた。また本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤C No.22560431)によって行われた。

参考文献

- (1) K. Eishima, The analysis of sucking behavior in newborn infants, *Early Human Development*, vol. 27, pp. 163-173, 1991.
- (2) 田村康夫, 堀川容子, 林努, 吉田定宏, 口腔内ビデオカメラを通して見た乳児の吸啜時の舌運動と口腔周囲筋活動の協調, *日本顎口腔機能学会*, vol. 2, pp. 19-26, 1995.
- (3) J. Nowak, W.L. Smith, A. Erenberg, Imaging Evaluation of Artificial Nipples During Bottle Feeding, *Arch pediatr adolesc med*, vol. 148, pp. 40-42, 1994.
- (4) 可児桂子, 水野克己, 河村洋, 新生児の哺乳における舌運動と口腔内圧変動, *日本未熟児新生児学会雑誌*, 20, 2, pp. 261-267, 2008.
- (5) 新川拓也, 河内了輔, 萩野知香, 西恵理, 高田慶広, 湊小太郎, 力センサマトリックスを内蔵した舌-人工乳首接触圧のリアルタイム計測システム, *日本生体医工学会*, vol. 49, pp. 501-507, 2011.
- (6) T. Niikawa, C. Hagino, E. Nishi, R. Kawachi, K. Minato, Y. Takada, Measurement of Tongue-Artificial Nipple Contact Pressure During Infant Sucking, *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 190-196, 2012.