

Fig. 3. Comparisons of depression level measured by SRQ-D among Low-depression and High-depression.

Results expressed as mean  $\pm$  standard error (S.E.M.).  $\square$ , Low-depression;  $n = 17$ , depression score 11-18,  $\blacksquare$ , High-depression;  $n = 14$ , depression score 2-10. Psychological status was measured by Self-Rating Questionnaire for Depression (SRQ-D). T1: before surgery, T2: after debonding of multibracket appliance. Results expressed as mean  $\pm$  standard error (S.E.M.).

\*\*Significantly different from low-depression (T1) by two-way factorial ANOVA;  $p < 0.01$ .

++Significantly different from High-depression (T1) by two-way factorial ANOVA;  $p < 0.01$ .

HRQOL and psychological status of adult patients with various severity levels of malocclusions before and after surgical correction. The disease-specific HRQOL and psychological status improved after the surgery irrespective of the severity of SS or the psychological status before the surgery.

The reason why the degree of improvement of HRQOL was not in parallel with the degree of improvement of the dentofacial deformity was not fully clarified in the present study. It may have been due to the timing of the assessments affecting the measurements. The patients may not have had time to adjust to their new appearance and facial frames immediately after the treatment, and some further improvement in HRQOL and psychological status could be expected. A longer follow up period is needed to establish the maximum effect that the treatment can offer the patients in

terms of HRQOL and psychological status.

The postoperative "STAI-II" and "SRQ-D" were specified as 53.6% and 31.6%, the prespecively by preoperative "STAI-I", "STAI-II" and "SRQ-D". Although the individual transient emotional condition improved, the trait anxiety or depression did not improve after the treatment. Therefore, it is considered that trait anxiety is not determined only by either the tooth or face frame, since trait anxiety or depression did not improve even when the patients gained normal occlusion after treatment.

The generic HRQOL of orthognathic surgery patients measured by SF-36 in England prior to surgery and after removal of the orthodontic appliances (Cunningham et al. 2002) showed levels similar to those of the present study. There was no significant difference in any scale scores of SF-36 between T1 and T2 in each group. The reason why the levels of generic HRQOL measured by SF-36 were matched might be because they had no other major problems except dental ones.

Compared with the level of trait anxiety of temporomandibular joint patients with anterior openbite prior to surgery in London (Aghabeigi et al. 2001), the level of STAI-II was slightly higher in the present patients at T1. Additionally, compared with the levels of STAI-I and STAI-II of patients before third molar extraction in Japan (Yusa et al. 2004), both levels of trait and state anxiety were slightly higher in the present patients at T1. The differences might be due to differences in the dentofacial deformity prior to orthognathic treatment, racial differences in the reactions to anxiety, and the influence of age although detailed analysis remains to be further investigated.

Compared with the levels of disease-specific HRQOL measured by SOHSI in an 18-29 age group of the general population of New York (Locker and Miller 1994), the level of disease specific HRQOL measured by SOHSI was lower in the present patients at T1, except for the domains of oral and facial pain symptoms and other oral symptoms. The reason why the patients with malocclusion had lower HRQOL in this study may be that firstly, the difference in the age

range, i.e. 17-42 at T1 (32% of patients were over the age of 30), and secondly, the various ranges of dentofacial deformity. It is interesting to note that the patients with malocclusions had fewer problems with chewing, oral and facial pain and other symptoms compared with the older people in New York with tooth loss and pain or symptoms of periodontal disease (Locker and Miller 1994).

The disease-specific HRQOL measured by OQLQ in the orthognathic surgery patients in England showed the same degree of improvement by treatment in disease-specific HRQOL patients in the present study. (Cunningham et al. 2002) The research moment was matched, and the mean age of the orthognathic surgery patients in England prior to treatment and the patients of the present study were quite similar. The disease-specific HRQOL measured by RSS in orthognathic surgery patients prior to surgery in Japan showed the same mean levels of disease-specific HRQOL measured by RSS-I as the patients in the present study at T1 (Enomoto et al. 2000).

The present study had a few limitations. It can be said that there are validity and reliability in Japanese version of SF-36, STAI and SRQ-D. On the other hand, though it had checked with Japanese SOHSI and OQLQ, validity and reliability are not being checked, and it is a future subject. Moreover, HRQOL and psychological status were measured just before surgery and after debonding of the multibracketed appliances. Therefore, fear of the impending surgery may have affected the HRQOL and psychological status before surgery, although the patients had similar preoperative data of OQLQ and RSS-I as reported in other studies (Enomoto et al. 2000; Cunningham et al. 2002). A longer follow up period may be needed to have had time to adjust to their new appearance and facial frames and to elucidate the maximum effect of the treatment on HRQOL and psychological status. Moreover, further investigation is needed to increase the number of subjects more and to compare the degree of the improvement in HRQOL between patients treated with jaw surgery and those with non-surgical correction. There could have been a bias in the validity and reliability. The validity and

reliability of the Japanese version of SF-36, STAI, SRQ-D were established, however those of the Japanese version of SOHSI and OQLQ have not been established and need further study. Another limitation was the relatively small number of the patients. The number of new patients to our hospital was less than we expected during the scheduled period. Although our findings were significant, still the supportive reports by the future studies will be needed.

In summary, an improvement in the disease-specific HRQOL and state anxiety of patients with malocclusion after surgical correction was demonstrated irrespective of the severity before surgery. Both postoperative anxiety and HRQOL were determined by the preoperative anxiety and HRQOL. These results indicated that jaw surgery markedly improved the disease-specific HRQOL and psychological status in the present patients. Moreover, they suggest that assessments of the HRQOL and psychological status before treatment might predict the HRQOL and psychological status after the treatment to a certain extent. This may help to do mental care and explain the outcome of the surgery beforehand, which leads to establish better doctor-patient relationships.

## References

- Aghabeigi, B., Hiranaka, D., Keith, D.A., Kelly, J.P. & Crean, S.J. (2001) Effect of orthognathic surgery on the temporomandibular joint in patients with anterior open bite. *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, **16**, 153-160.
- Bennett, M.E. & Phillips, C.L. (1999) Assessment of health-related quality of life for patients with severe skeletal disharmony: a review of the issues. *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, **14**, 65-75.
- Brazier, J., Jones, N. & Kind, P. (1993) Testing the validity of the Euroqol and comparing it with the SF-36 health survey questionnaire. *Qual. Life Res.*, **2**, 169-180.
- Broder, H.L. (2002) Developing the child oral health impact profile: an international study. *J. Dent. Res. (Special issue)*, **A81**, 433.
- Cunningham, S.J., Garratt, A.M. & Hunt, N.P. (2000) Development of a condition-specific quality of life measure for patients with dentofacial deformity: I. Reliability of the instrument. *Community Dent. Oral. Epidemiol.*, **28**, 195-201.
- Cunningham, S.J., Garratt, A.M. & Hunt, N.P. (2002) Development of a condition-specific quality of life measure for patients with dentofacial deformity: II. Validity and responsiveness testing. *Community Dent. Oral. Epidemiol.*, **30**, 81-90.
- Enomoto, T., Motohashi, N. & Kufoda, T. (2000) Comparison of Facial and Occlusal Evaluation in Jaw Deformity

- patients Before and After Surgery. *Jap. J. Jaw Deform*, **10**, 99-109. (in Japanese)
- Flanary, C.M., Barnwell, G.M., VanSickleles, J.E., Littlefield, J.H. & Rugh, A.I. (1990) Impact of orthognathic surgery on normal and abnormal personality dimensions: a 2 year follow up study of 61 patients. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, **98**, 313-322.
- Garratt, A.M., Ruta, D.A., Abdalla, M.I. & Russel, I.T. (1994) SF 36 health survey questionnaire: II. Responsiveness to changes in health status in four common clinical conditions. *Qual. Health Care*, **3**, 186-192.
- Garratt, A.M., Ruta, D.A., Abdalla, M.I. & Russel, I.T. (1996) Responsiveness of the SF-36 and a condition-specific measure of health for patients with varicose veins. *Qual. Life Res.*, **5**, 223-234.
- Gift, H.C. & Redford, M. (1992) Oral health and the quality of life. *Clin. Geriatr. Med.*, **8**, 673-683.
- Ingrehart, M. & Bagramian, R.A. (2002) Oral health-related quality of life. Quintessence, Chicago.
- Jenkinson, C., Write, L. & Coulter, A. (1993) Quality of Life Measurement in Health Care: a Review of Measures and Population Norms for the UK SF-36. University of Oxford Press, Oxford.
- Jokovic, A., Locker, D., Stephens, M., Kenny, D., Tompson, B. & Guyatt, G. (2002) Validity and reliability of a questionnaire for measuring child oral-health-related quality of life. *J. Dent. Res.*, **81**, 459-463.
- Kiyak, H.A., Hohl, T., Sherrick, P., West, R.A. & McNeill, R.W. (1981) Sex differences in motives for and outcomes of orthognathic surgery. *J. Oral. Surg.*, **39**, 757-764.
- Kiyak, H.A., West, R.A., Hohl, T. & McNeill, R.W. (1982) The psychological impact of orthognathic surgery: a 9 months follow-up. *Am. J. Orthod.*, **81**, 404-412.
- Locker, D. (1988) Measuring oral health: a conceptual framework. *Community Dent. Health*, **5**, 3-18.
- Locker, D. & Miller, Y. (1994) Evaluation of subjective oral health status indicators. *J. Public. Health Dent.*, **54**, 167-176.
- Locker, D. & Jokovic, A. (1996) Using subjective oral health status indicators screening for dental care needs in older adults. *Community Dent. Oral Epidemiol.*, **24**, 398-402.
- Locker, D. (1997) Concepts of oral health, disease and the quality of life. In: *Measuring Oral Health and Quality of Life*, edited by G. Slade, Chapel Hill, NC, University of North Carolina.
- Rockliff, B.W. (1969) A brief self-rating questionnaire for depression (SRQ-D). *Psychosomatics*, **10**, 236-243.
- Shumaker, S.A., Anderson, R.T. & Czajkowski, S.M. (1990) Psychological tests and scales. In: *Quality of Life Assessments in Clinical Trials*, edited by B. Spilker, New York, Raven Press, 95-113.
- Spielberger, C.D., Gorsuch, R.L. & Lushene, R.E. (1970) Manual for the state-trait anxiety inventory. PaloAlto: Consulting Psychologist Press.
- Tajima, M., Kohzaki, M., Azuma, S., Saeki, S., Meguro, M. & Sugawara, J. (2007) Difference in quality of life according to the severity of malocclusion in Japanese orthodontic patients. *Tohoku J. Exp. Med.*, **212**, 71-80.
- Tsutsui, S. (1993) Medical approaches on psychosomatic stress. Tokyo: Sindan to Chiryō-sya, 104-106. (in Japanese)
- Ware, J.E. & Sherbourne, C.D. (1992) The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med. Care*, **30**, 473-483.
- Yusa, H., Onizawa, K., Hori, M., Takeda, A., Takeda, H., Fukushima, S. & Yoshida, H. (2004) Anxiety measurements in university students undergoing third molar extraction. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, **98**, 23-27.

## **A Measurement of Magnetocardiogram (MCG) Using a High-Frequency Carrier-Type Thin-Film Field Sensor**

S. Yabukami, K. Kato, Y. Kamo, T. Ozawa\* and K. I. Arai\*\*, \*\*\*

Department of Electrical Engineering and Information Technology, TohokuGakuin University, 1-13-1 Chuo, Tagajo 985-8537, Japan

\* Miyagi National College of Technology, 48 Nodayama, Medeshima-Shiote, Natori-shi, Miyagi 981-1239, Japan

\*\* Research Institute for Electric and Magnetic Materials, 2-1-1 Yagiyama minami, Taihaku-ku, Sendai, 982-0807, Japan

\*\*\* National Institute of Information and Communications Technology, 6-6-3 Minami-Yoshinari, Aoba-ku, Sendai 989-3204, Japan

Reprinted from

Journal of the Magnetics Society of Japan, Vol. 32, No. 4, 2008

# A Measurement of Magnetocardiogram (MCG) Using a High-Frequency Carrier-Type Thin-Film Field Sensor

S. Yabukami, K. Kato, Y. Kamo, T. Ozawa\* and K. I. Arai\*\*, \*\*\*

Department of Electrical Engineering and Information Technology, Tohoku Gakuin University, 1-13-1 Chuo, Tagajo 985-8537, Japan

\* Miyagi National College of Technology, 48 Nodayama, Madeshima-Shiote, Natari-shi, Miyagi 981-1239, Japan

\*\* Research Institute for Electric and Magnetic Materials, 2-1-1 Yagiya minami, Taihaku-ku, Sendai, 982-0807, Japan

\*\*\* National Institute of Information and Communications Technology, 6-6-3 Minami-Yoshinari, Aoba-ku, Sendai 989-3204, Japan

We developed a very sensitive high-frequency carrier-type magnetic field sensor with a pT resolution using a transmission-line-type sensor. Meander-type sensor elements using amorphous CoNbZr films were fabricated. We obtained a magnetic field resolution of  $3.0 \times 10^{-12}$  T/Hz<sup>1/2</sup> at 1 Hz. The detectable magnetic field was limited by the  $1/f$  noise. We detected the magnetocardiogram (MCG) signal by using the sensor.

Key words: pT resolution, transmission line, thin-film sensor, magnetocardiogram (MCG)

## 高周波キャリア型薄膜磁界センサを用いた心磁界測定

荻上信, 加藤和夫, 加茂芳邦, 小澤哲也\*, 荒井賢一\*\*, \*\*\*

東北学院大学工学部, 多賀城市中央1-13-1 (〒985-8537)

\* 宮城工業高等専門学校, 名取市愛島塩手字野田山48 (〒981-1239)

\*\* 電気磁気材料研究所, 仙台市太白区八木山南2-1-1 (〒982-0807)

\*\*\* 情報通信研究機構, 仙台市青葉区南吉成6丁目6番地の3 (〒989-3204)

### 1. はじめに

周知のように心磁界等の生体磁気計測は超伝導量子干渉素子 (SQUID) を用いて計測され, 様々な診断等に使われている<sup>1)</sup>. しかし SQUID 磁束計はセンサヘッドを液体ヘリウムや液体窒素等で冷却する必要があり, 高コスト, 汎用性の点で課題がある. 一方室温で動作する磁界センサによる生体磁気計測としてはインダクションコイルを用いる方法<sup>2)</sup>, フラックスゲートセンサを用いる方法<sup>3), 4)</sup>等が提案されているが, バルク材料による構造であるため, センサをアレイ化する際の制約が課題である. このため集積化可能な薄膜センサで生体磁気計測が可能になれば, 医療応用上インパクトが大きいと考えられる.

筆者らはこれまで磁性薄膜の表皮効果および自然共鳴を利用した高周波キャリア型薄膜磁界センサの研究を進めてきており, 振幅変調方式を用いて 501kHz の交流磁界を  $10^{-12}$  T 台の磁界検出分解能で計測できることを示した<sup>5)</sup>. また 1Hz 程度の低周波微弱磁界を計測することを目指し, センサから出力されるキャリアの位相差を計測する方法についても研究を進めてきた<sup>6)</sup>.

本稿では高周波キャリア型薄膜磁界センサを生体磁気計測へ適用することを意図し, 位相差を計測するタイプのセンサシステムを開発し, 低周波微弱磁界の計測を検討した. まず心磁界の基本周波数とほぼ等しい 1Hz の微弱交流磁界に対する磁界検出分解能を評価した. つづいて健常者の心臓近傍にセンサヘッドを配置し, センサからの信号を評価し, 心磁界の R 波が計測できたため報告する.

### 2. 実験方法

#### 2-1 位相変化型センサの試作

Fig. 1 は試作したセンサ素子の構造を, Fig. 2 はセンサの写真を示したものである. センサの伝送線路部分は 1 ターンのミアンダ型マイクロストリップ導体, テフロン基板, 地導体面から構成され, レジストによる絶縁層を介して磁性膜をマイクロストリップ導体と近接配置する. マイ

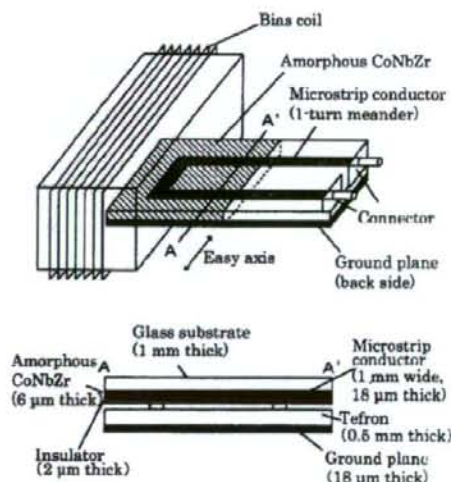


Fig. 1 Schematic view of the sensor.



Fig. 2 Photograph of the sensor.

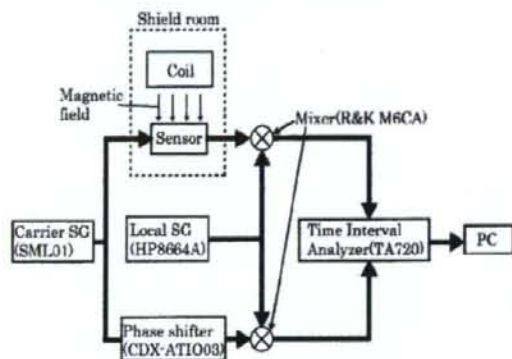


Fig. 3 Circuit in the DMTD method.

クロストリップ導体は特性インピーダンスが  $50 \Omega$  となるように、導体幅を  $1 \text{ mm}$  とした。磁性薄膜はアモルファス  $\text{CoNbZr}$  薄膜を RF マグネトロンスパッタ法により  $200 \text{ W}$ , Ar ガス圧  $20 \text{ Torr}$  で  $4 \mu\text{m} \sim 8 \mu\text{m}$  成膜し、磁界中熱処理によりアモルファス  $\text{CoNbZr}$  薄膜へ弱い軸異方性を付与した。熱処理条件は回転磁界中熱処理を  $400^\circ\text{C}$  で 2 時間の後、静磁界中熱処理を  $200^\circ\text{C}$  で 1 時間行った。印加磁界は  $0.2 \text{ T}$  とした。バイアスコイルはマイクロストリップ導体および磁性薄膜を囲むように配置し、直径  $0.1 \text{ mm}$  の銅線を約 1750 ターン巻き、 $25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$  の磁性膜の範囲内で磁界均一性は  $1.2\%$  以内となるように作製した。絶縁層はレジスト (OFPR800 100ep) を約  $2 \mu\text{m}$  堆積させた。

## 2-2 測定方法

センサの位相変化はネットワークアナライザ (HP8752A) を用いて透過係数 ( $S_{21}$ ) を測定し、上記のバイアスコイルへ直流電流を通电して、バイアス磁界を静的に変化させながら、位相変化の印加磁界依存性を測定した。微弱磁界の検出には Fig. 3 に記載した Dual Mixer Time Differential Method (DMTD) 法を用いた<sup>9)</sup>。この回路はセンサへキャリアを印加すると同時に、別ルートにも参照信号のキャリアを分岐し、2 個のミキサで低周波化

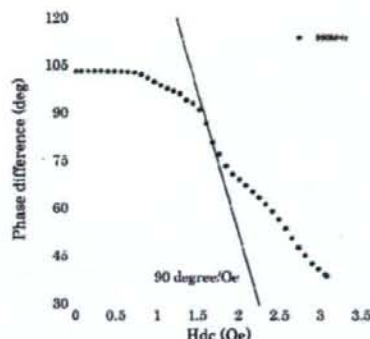


Fig. 4 Phase difference as a function of applied dc field.

した後に、センサからの出力と参照信号との時間差をタイムインターバルアナライザ (YOKOGAWA TA720) で計測するものである。センサへ被測定磁界が印加されるとセンサから出力されるキャリアの位相が変化し、タイムインターバルアナライザでは時間差の変動として計測される。2 台のシグナルジェネレータからキャリアとローカルキャリアを発生させ、それぞれを  $15 \text{ kHz}$  異なる周波数に設定した。周波数変換した信号はタイムインターバルアナライザでは  $15 \text{ kHz}$  でサンプリングした。

## 3. 測定結果

### 3-1 センサ素子の位相変化

Fig. 4 は試作したセンサに対し、印加磁界に対して静的に磁界を変化させた場合の  $990 \text{ MHz}$  におけるセンサの出力信号の位相変化を示したものである。●は実測値であり、実線は最も傾きが急峻な接線を示した。アモルファス  $\text{CoNbZr}$  薄膜は  $6 \mu\text{m}$  厚とした。磁界強度が  $1.6 \text{ Oe}$  ( $1.6 \times 10^{-4} \text{ T}$ ) において位相変化は最大となり、その傾きは約  $90 \text{ degree/Oe}$  の位相変化率 (磁界に対する感度) が得られた。

### 3-2 磁界検出分解能

磁界検出分解能は  $1 \text{ Hz}$  の微弱交流磁界を励磁コイルにより与えて求めた。励磁コイルは直径  $2 \text{ mm}$  の銅線を直径  $50 \text{ mm}$  の非磁性円筒に 20 ターン巻いた。センサの位置における磁界強度はループコイルによりあらかじめ校正した。Fig. 5 は  $1.8 \times 10^{-9} T_{\text{rms}}$  の微弱磁界を与えたときのセンサからの出力信号のスペクトルを示している。  $1 \text{ Hz}$  のスペクトルは  $1.8 \times 10^{-5} \text{ T}$  の信号磁界を示している。信号レベルと  $1 \text{ Hz}$  付近のノイズレベルの比率から SN 比は約 600 得られており、  $3 \times 10^{-12} \text{ T}$  の磁界検出分解能があることがわかる。

Fig. 5 にはタイムインターバルアナライザ (TA720) の測定時の量子化ノイズを併記した。磁束密度に換算した量

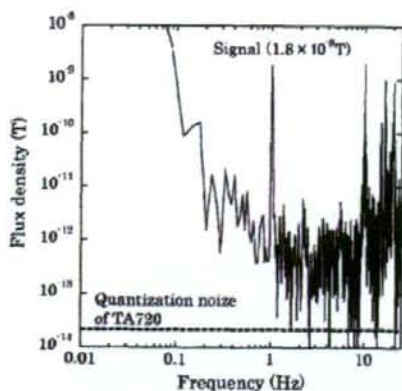


Fig. 5 Signal noise when a small ac field was applied.



Fig. 6 Setup of a sensor.

子化ノイズBは(1)式によって求めた。

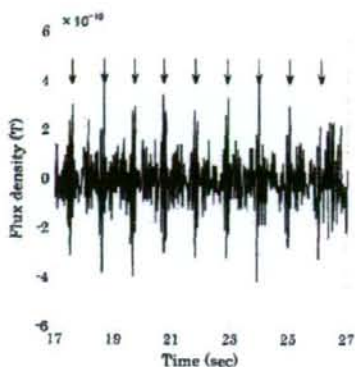
$$B = \frac{360r}{\text{sensitivity}} \quad (1)$$

ただし:はタイムインターバルアナライザ(TA720)の時間分解能(25 psec)であり、sensitivityはセンサ素子の磁界感度(90 degree/10<sup>-4</sup>T)とした。一方キャリア信号の位相ノイズはDMTD法において差動的に抑制されるため十分小さいと考えられる。

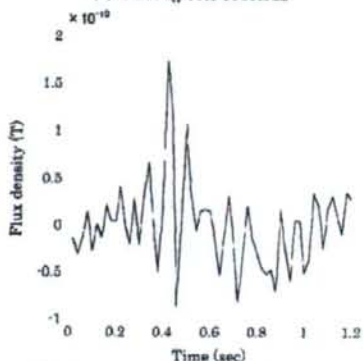
Fig. 5において1Hz付近では1/fノイズが支配的である。この要因としては環境ノイズ、磁気シールドルームの振動等によるノイズ、シールドルーム外の機器からの伝導性ノイズ、磁性膜のノイズ<sup>7)</sup>等が考えられる。

### 3-3 心磁界

Fig. 6は健常者の胸部へFig. 1のセンサを近接配置した写真である。センサは非磁性、非導電性のベーク板の上に固定して、人体と接触しないようにできるだけ近接



(a) During ten seconds



(b) One cycle averaged at 25 times

Fig. 7 MCG signal.

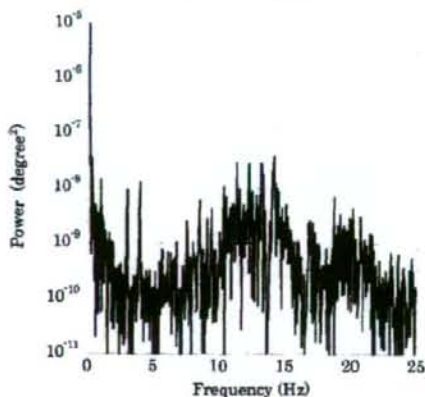


Fig. 8 MCG spectrum.

させた。被験者およびセンサは磁気シールドルーム(遮蔽率:-34 dB(0.1 Hz), -34 dB(1Hz))内に置いた。DMTD法の機器および処理回路は磁気シールドルームの外に置き、接続は50Ω系の同軸ケーブルで接続した。Fig. 7(a)は得られたセンサからの位相変化を時間領域で示したもので

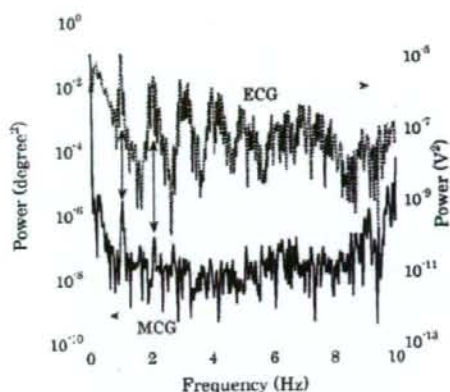


Fig. 9 MCG and ECG spectra.

ある。15kHzで1/15000 s毎にサンプリングされた信号を300回平均化し、20 ms毎に1個のデータが得られるようにして、ハムノイズ(50 Hz)成分を除去した。さらに出力波形はハイパスフィルタ(カットオフ周波数:0.8Hz)、バンドストップフィルタ(カットオフ周波数:13.2~14Hz)を通過させて後処理した。Fig. 7(a)によれば約1秒間隔で立ち上がりの早い心磁界のR波<sup>1)</sup>が観測されている。Fig. 7(b)にはFig. 7(a)の時間波形を25回加算処理して得られた1周期分の波形である。基準はR波の立ち上がりとした。ノイズが大きいものの、R波の速い立ち上がりが観測されていると考えられる。Fig. 8はFig. 7の信号を高速フーリエ変換した周波数スペクトルである。1Hz付近の基本波とともに高調波成分が計測されている。

### 3-4 心電計との同時測定

Fig. 9は本センサと心電計を同時に測定した際の出力波形のスペクトルを比較したものである。被験者はシールドルーム内で心電計を装着しながら、センサを胸部へ近接して計測した。心電図はデジタル生体アンプシステム(5200 シリーズ, NF回路設計ブロック)に、EEGヘッドボックスを接続して測定を行った。また測定の条件は、60Hzローパスフィルタ、50Hzハム除去フィルタを設定した。1 Hz付近の基本波成分と2 Hz付近の第2高調波成分の周波数がセンサのスペクトルと心電計のスペクトルにおいて、ほぼ一致した。これらの結果から本センサで計測された信号は心磁界であることが了解される。筆者らの知る限り、SQUIDを用いず、室温で動作する薄膜磁界センサで生体磁気計測を行った例はほとんどなく、集積化可能な薄膜磁界センサによる室温生体磁気計測として本方法は世界初の成果であると考えられる。

## 4. まとめ

1. アモルファス  $\text{Co}_{90}\text{Nb}_{10}\text{Zr}_3$  薄膜を用いた高周波キャリア型薄膜磁界センサとDMTD法による処理回路を組み合わせた位相差計測型のセンサシステムを試作した。
2. 磁界に対する感度(位相変化率)は最大で90 degree/Oe( $10^4\text{T}$ )であり、正弦波で1Hzの微弱磁界をセンサへ印加したときの磁界検出分解能は $3 \times 10^{-12}\text{T}$ であった。
3. 健康者の心磁界(R波)を計測できた。心電計と同時測定を行い、基本波および第2高調波成分の周波数が一致することを確認した。

## 謝辞

心磁界計測で御助言いただいた広南病院中里信和部長に感謝いたします。センサ素子の試作に御協力いただきました東北学院大学工学部木村光昭教授に感謝いたします。センサ素子の試作に御協力いただきましたNECトーキン株式会社佐藤正一氏、鈴木秀夫氏、星則光氏に感謝いたします。信号処理回路の作製に御協力いただきました通研電気工業株式会社社長沢善一郎氏に感謝いたします。心電計による測定に御協力いただきました岩手大学工学部小林宏一郎准教授に感謝いたします。

本研究の一部は科学技術振興機構の先端計測分析技術・機器開発事業による研究成果である。また本研究の一部は文部科学省の科学研究費補助金萌芽研究(19656100)による研究成果である。

## References

- 1) M. Kotani, Y. Uchikawa, Y. Nakaya, H. Mori, S. Kuriki, *Measurements of Biomagnetism (in Japanese)* p. 13 (CORONA Publishing, Tokyo, 1995).
- 2) G. Baule, R. Mcfee, *Am. Heart J.*, vol.66, pp. 95-97(1963).
- 3) P2006-296829A.
- 4) D. Robbes, C. Dolabdjian, Y. Monfort, and P. Ciureanu, *Physica C*, vol. 372-376, pp. 249-253 (2002)
- 5) Y. Murayama, T. Ozawa, S. Yabukami, K. Ishiyama, and K.I. Arai; *J. Magn. Soc. Jpn*, 31, 17 (2007).
- 6) T. Ozawa, H. Mawatari, S. Yabukami, K. Ishiyama, and K.I. Arai; *J. Magn. Soc. Jpn*, 29, 831 (2005).
- 7) S. Yabukami, Y. Murayama, K. Ishiyama, K.I. Arai, and H. Okuno, *International Magnetism Conference*, FV-09 (2006).

2008年1月9日受理 2008年5月21日採録



# 調剤<sup>℞ Info</sup>と情報

---

別 刷

発行：じほう

# Special Part 3

## 特集

### 口腔ケアの実際



東北大学大学院歯学研究科 小坂 健

#### ☑ 口腔ケアの位置付け

現在、要介護高齢者は約450万人で高齢者の約5人に1人が要介護者となっている。要介護状態になっても、歯周病や義歯が合わない、食べる時にむせるなどといった症状のある高齢者も多く、筆者らの調査では、市町村の検診を受診した高齢者の約7割が、口に関わる問題を何かしら抱えていることがわかって

いる。高齢者が要介護状態になることを予防し、要介護状態になった人も生き生きとした生活を送れるように導入された介護予防のプログラムの中で、「口腔機能向上」は「運動機能の向上」、「栄養改善」とともに3本柱の1つとして位置付けられた。プログラムの中で特に重要な部分を占める口腔ケアについては、その重要性は認識されてきているが、実際の方法については個々の状況に合わせて実施することが多いため、よくわかりにくいといった声も聞く。

本稿では、薬剤師が訪問薬剤管理指導時、あるいは窓口で家族から口腔ケア、食事をうまく食べられる方法について相談された時にどう対応するか解説する。

#### ☑ 口腔ケアとは何か？

口腔ケアには、口腔衛生管理に主眼を置く狭義の口腔ケアと、口腔の持っているあらゆる働き（摂食、咀嚼、嚥下、構音、唾液分泌機能など）を健全に維持する広義の口腔ケアがあるとされている。高齢者の口の大きな問題の1つである口腔乾燥は、降圧剤や利尿剤などの内服薬が原因となっているものも多いことから、薬

剤師は広義の口腔ケアの役割を担うべき重要な職種ということになる。

口腔内には300～400種に及ぶ細菌が数千億個も存在し、唾液1mg当たり10億もの細菌が混入しているといわれる。寝ている間に唾液や咽頭分泌物などを症状のないまま誤嚥することを不顕性誤嚥と呼び、これが嚥下性肺炎（誤嚥性肺炎）の原因となるとされる。頭頸部のがんなどの手術や放射線治療、化学療法などを受けている場合には、54%までの高率で不顕性誤嚥が起きており、脳血管障害の高齢者においても50%、また、健常者においても10～50%で起きていたと報告されており、人ごとではない。

高齢者においては、寝ている間に毎時6～20mLの唾液が産生され、うまく食道に飲み込まれないと、口腔および咽頭内の分泌物などが気管内に入り込む。通常、食物や水分などが気道内に侵入しそうになると、咳反射により激しく咳き込むことで排除しようとするが、高齢者、特に脳血管障害者においてはこの反射が弱くなっていることや、さらに下部食道括約筋の機能不全が生じやすいこともあり、胃の内容物の食道への逆流が起りやすく嚥下性肺炎の危険性が高まる。

#### ☑ 本人以外からも情報を得る

家族であっても、ほかの人の口の中をじっくりと見た経験のある人は少ないと思われる。在宅の高齢者では、実際の食事を作っている家族や介護者からも情報を聞き、何か食べられない食品などがあるか、義歯を作成して使用しているか、誰が口腔の清掃を実施しているのか、などについて情報を得ておく必要がある。



図1 残存歯に接する部分の潰瘍形成(名取市, 小齋歯科衛生士提供)

薬剤師の場合、口腔乾燥や嚥下障害などではうまく薬が飲めない場合もあるので、それをきっかけに口の中を覗いてみるのもよい。その際に気を付けることは次の通りである。

- ①義歯を使っている場合は外してもらって、義歯の汚れを確認する
- ②残っている歯に、黒くなって穴が広がっているう蝕がないか確認する
- ③歯と歯肉の境界が広がっていたり、歯石などがこびりついていないか確認する
- ④口腔粘膜の障害などによる痛みが原因で、うまく食べられないこともあるので、歯ばかりでなく、口腔粘膜についても観察する(図1)
- ⑤舌の乾き具合や、舌苔の状況を観察する
- ⑥汚れた部位を中心に、粘膜であればスポンジブラシなどを用い、歯があれば歯ブラシなどを使って優しく清掃する
- ⑦適宜、吸引やティッシュなどで口腔内を拭き取る
- ⑧基本的には、少しの部分ずつ口腔内(口腔粘膜や舌も含む)の清掃をする

口腔ケアの基本は以上の通りだが、対象者により工夫が必要な場合がある。

#### ☑ 経管栄養や総義歯の場合は？

経管栄養をしている患者さんでも総義歯の方でも口腔ケアは必要である。口腔ケアの基本は、口腔や口腔に入るものを清潔にしていくことである。ただし、口

腔内の汚れなどは、バイオフィルムを形成していることが多く、うがいだけではきれいにならない。歯ブラシや口腔粘膜などへはスポンジなどで機械的な清掃を実施することも必要となる。ブラッシングには、口腔内の汚れや細菌を除去する働き以外に、刺激により血中のサブスタンスPを増やし、嚥下機能を改善する働きがあることが確認されている。

#### ☑ 口腔ケアに特別な道具は必要か？

口腔ケアは、専門家による機械的歯面清掃(PMTC)を除けば健常者が通常実施している口腔内の清掃を行うことであり、特別な道具がなくても始めることは可能である。ただし、口腔乾燥している高齢者などでは、口腔内を湿潤に保つためのジェルが役に立つ。ジェルタイプにも湿潤を目的としたもの(商品名:バイオティーン オーラルバランス など)のほかに、フッ化物を含んで歯の再石灰化を防ぐ作用のあるもの(商品名:ジェルコートF など)、スプレー式のもの(商品名:ウェットケアなど)もある。また、口腔ケアのためのウェットティッシュ(商品名:口腔ケアウエットイーオーラルフレッシュ など)も販売されている。

ほかにも、口腔粘膜に対してはスポンジブラシ、うがいができない人や嚥下機能が低下している人向けには吸引チューブ付きの歯ブラシなど(商品名:吸引くるりナブラシ など)も販売されており、実際の場面では大変役立つ(図2)。

#### ☑ 口腔ケアで特に気を付けることは？

口腔ケアにおいては、自分でうがいのできる方であれば特に大きな問題はないが、嚥下機能が低下している場合や、認知機能の低下により、うがいがかまくできない人に対してはより注意が必要となる。

口腔内を清掃している時に、汚れた水を間違えて飲み込まないような注意が必要となる。なるべく局所的にブラッシングと拭き取りを繰り返し、口に多くの水分をため込まないようにする。その際、吸引チューブ付きの歯ブラシであれば、吸引器につなげ、吸引をし



図2 家族による口腔ケア(左上)と、口腔ケアに役立つ商品(「吸引くるリーナブラシ」,「バイオティーン オーラルバランス」), 食材(「かんでんばば お湯で溶ける介護食用寒天」)

つつ口腔清掃を行うことが可能である。また、吸引器がない場合には、可能であれば側臥位にして気管などに入り込まないように注意する。

うまく意思疎通のできない高齢者などではブラッシングの強さも重要である。つつい強くブラッシングしがちであるが、他人にしてもらって気持ちの良い強さを心がける必要がある。

### ☑ どのような時に歯科医師に紹介したらよいか？

要介護者以外でも多くの高齢者が、本来は歯科医療が必要であるにもかかわらず、歯科の外来を受診できない場合や、どうせ良くならないと諦めている場合がある。明かなう蝕(むし菌)がある場合や、歯がぐらぐらしているような場合は、歯科医師の治療が必要である。

義歯については、作ったばかりでは合わないのが普通だと思って、何度も調整してもらおうようにする。また、そういった要望に応じてくれる歯科医師にお願いすべきである。上下とも総義歯の場合は、特に上顎の義歯が合っていないと、口を開けた時に落ちてしまい

食べることが難しい場合もある。総義歯でもたくあんを食べることができるになれば理想的である。

歯科の外来を受診できない場合でも、約2割弱の開業歯科医師が訪問歯科診療を実施しており、在宅療養歯科支援診療所という制度も動き始めた。地域によっては行政や歯科医師会、歯科衛生士会などで、訪問歯科診療を実施する医療機関を紹介してくれる場合もあるので、地元の歯科医師会などに相談すべきである。

### ☑ 口腔清掃以外に嚥下性肺炎予防で役立つことは？

嚥下機能を高める効果がある食品・成分として科学的に確認されているものとしては、ミント、唐辛子のカプサイシン、黒コショウの香りなどがある。高齢者の食事では、熱いものや冷たいものを避けることも多いようだが、実際は、嚥下機能の訓練でも氷を使うように、冷たいものや熱いものの方が、嚥下の反射が亢進することがわかっている。やけどをしない程度に熱いものは熱く、冷たいものは冷たくしつつ、香辛料なども適宜利用する(図3)。

食材の形態としては、すぐに落ちてしまう水などよ

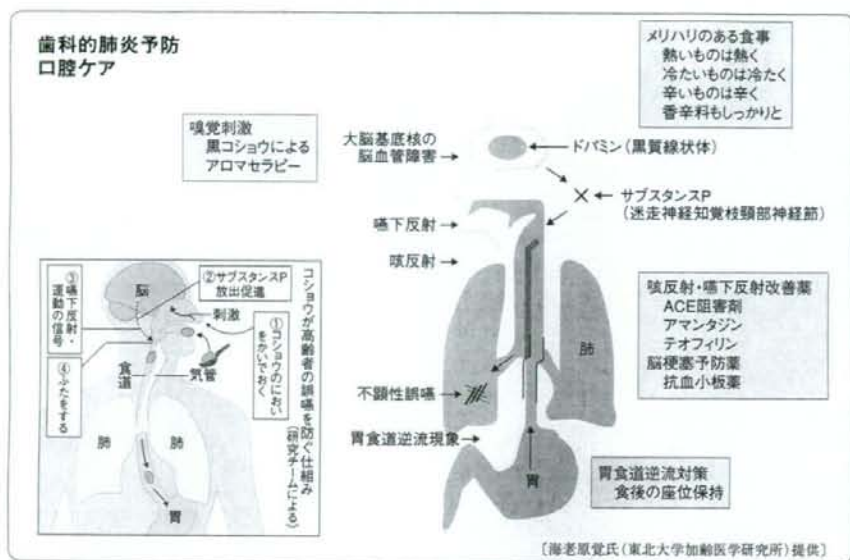


図3 嚥下性肺炎の予防方法

りも、とろみのついた食材の方が飲み込みやすい。そのため、ゼリーなどを用いたり、食品などに混ぜてとろみをつける製品（商品名：トロミアップA、かんでんぱぱ お湯で溶ける介護食用寒天 など、図2）もさまざまな種類が市販されているので、コストや手間を考えた選択するとよい。

☑ 終末期でも口腔ケアは必要か？

QOLの向上を目指して終末期のリハビリテーションがあるように、終末期においても口腔ケアは必要である。緩和ケアについて理解のある医師はまだ少ないものの、錠剤、液剤や坐薬以外にフェンタニル貼付剤なども出現し、在宅における疼痛コントロールが可能となっている。しかしながら、終末期の患者さんにはこれまで、口腔内はそのままとされ、筆者が関わった方でも、喀痰がこびりつき、口臭がきつい状態がみられた。がんなどの終末期においては、さまざまな要因により口腔内乾燥が著明な場合も多く（図4）、わが国においても終末期の患者の口腔ケアがもっと進むべきと考える。

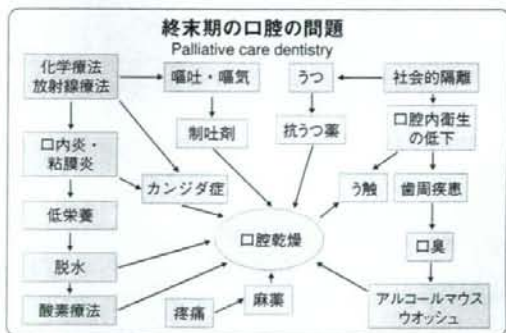


図4 終末期の口腔乾燥の要因

● PROFILE

小坂 健

1990年 3月 東北大学医学部卒業  
 1995年 3月 東京大学大学院医学系研究科・国際保健学修士  
 1997年 4月 国立感染症研究所・感染症情報センター研究員  
 2001年 7月 ハーバード大学公衆衛生大学院・客員研究員（武見フェロー）  
 2003年10月 国立感染症研究所主任研究官  
 2004年 4月 厚生労働省老健局老人保健課課長補佐  
 2005年 7月 東北大学大学院歯学研究科教授  
 2008年 4月 東北大学総長特任補佐（併任）  
 厚生労働省「がん検診の事業の評価に関する委員会」委員、内閣府食品安全委員会微生物・ウイルス専門委員

