

## 선천성 심장병의 개심술 후 신호 평준화 심전도의 변화

계명대학교 의과대학 소아과학교실, 포천중문의과대학 구미차병원 소아청소년과\*  
경북대학교 의학전문대학원 흉부외과학교실<sup>†</sup>, 경북대학교 의학전문대학원 소아과학교실<sup>‡</sup>

김여향 · 최희정\* · 김근직<sup>†</sup> · 조준용<sup>†</sup> · 현명철<sup>‡</sup> · 이상범<sup>‡</sup>

= Abstract =

### The changes in signal-averaged electrocardiogram after surgical correction of congenital heart disease

Yeo Hyang Kim, M.D., Hee Jung Choi, M.D.,\* Gun Jik Kim, M.D.<sup>†</sup>, Joon Yong Cho, M.D.<sup>†</sup>  
Myung Chul Hyun, M.D.<sup>‡</sup> and Sang Bum Lee, M.D.<sup>‡</sup>

Department of Pediatrics, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

Department of Pediatrics\*, Gumi CHA General Hospital, Gumi, Korea

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery<sup>†</sup>, Kyungpook National University School of Medicine, Daegu, Korea

Department of Pediatrics<sup>‡</sup>, Kyungpook National University School of Medicine, Daegu, Korea

**Purpose** : To analyze abnormal ventricular activation in childhood congenital heart disease induced by postoperative changes in ventricular volume and pressure and ventricular scar formation using signal-averaged electrocardiography (SAECG).

**Methods** : Fifty-two patients who had undergone open heart surgery (OHS) were enrolled. Patients were divided into the following 3 groups: right ventricular volume overload (atrial septal defect, group1), left ventricular volume overload (ventricular septal defect, group2), and right ventricular pressure overload (tetralogy of Fallot, group 3). The patients were monitored by standard 12-lead ECG and SAECG before and 2 months after the operation. QRS duration, QT and QTc intervals, filtered QRS (f-QRS), high frequency low amplitude potential (HFLA), and root mean square (RMS) voltage in the terminal 40 ms of SAECG were determined.

**Results** : In the preoperative period, group1 showed significant increase in QRS ( $P=0.011$ ) compared to those of the other 2 groups. In the postoperative period, group3 showed significant increase in the QTc interval ( $P=0.004$ ) compared to those in the other 2 groups. SAECG parameters showed no significant differences among the groups in the pre- or postoperative period. Of the 52 patients, 12 (23%) in the preoperative period and 21 (40%) in the postoperative period had at least 1 SAECG abnormality. The prevalence of SAECG abnormalities was significantly higher in the postoperative group 2 and group 3 (preoperative: 20% versus postoperative: 28%,  $P<0.001$ , preoperative: 14% versus postoperative: 64%,  $P<0.001$ , respectively).

**Conclusion** : Abnormal SAECG patterns may be attributed to postoperative scars, OHS itself, and/or ventricular overload. (Korean J Pediatr 2009;52:1364-1369)

**Key Words** : Congenital heart disease, Signal-averaged electrocardiography, Open heart surgery

## 서론

선천성 심장병의 개심교정 수술 후 생긴 반흔(Scar)은 심근에 서의 전기적 신호 발생의 단절과 지연을 야기시키고, 수술로 인한 심방과 심실의 압력 및 용적 부하 상태의 변화는 심장 기능의 변화를 초래하게 된다. 또한 수술 중 체외 심폐 순환기의 사용은 심장의 염증성 반응을 초래하게 되며, 심장 이외 여러 기관의 기능 부전도 동반될 수 있다<sup>1,2)</sup>. 이와 같이 개심술 이후 생기는 혈액학적, 화학적 변화들로 인해 심장의 전기생리적 변화가 초래되고, 조기 및 후기 심부정맥이 발생하게 된다. 개심술 이후 심장의

Received : 8 July 2009, Revised : 9 September 2009

Accepted : 1 September 2009

Address for correspondence : Myung Chul Hyun, M.D., Ph.D.

Department of Pediatrics, Kyungpook National University Hospital,

200 Dongduk-Ro, Jung-Gu, Daegu, 700-721 Korea

Tel : +82.53-420-5704, Fax : +82.53-425-6683

E-mail : mchyun@mail.knu.ac.kr

The content of this paper was presented as a poster in the 51st annual scientific meeting of the Korean Society of Circulation in Seoul, Korea, 2007,

전기생리적 변화를 감지하여 심실 부정맥과 같은 심각한 부정맥의 위험을 찾아내는데 효과적으로 사용되는 비침습적인 검사법 중 한 가지가 신호 평균화 심전도(signal-averaged electrocardiogram, SAECG)이다.

신호 평균화 심전도의 후전위(late potentials)은 QRS 복합체와 끝 부분에 나타나는 저 진폭, 고 주파 전압의 심전도 신호로 이는 비정상적인 부위 즉 병적인 심근에서 비동시적으로 발생하는 전기적 전도가 심실의 활성화를 지연시키는 것을 의미하는데<sup>3, 4)</sup>, 주로 심실성 부정맥의 위험성을 예측하는데 유용한 것으로 알려져 있다. 심근 경색이나 허혈과 같은 관상 동맥 질환을 가진 성인 환자에서 심실성 빈맥의 위험성을 예견하는 지표로 임상에서 많이 이용되고 있고<sup>5, 6)</sup>, 선천성 심장병으로 우심 절개를 통한 교정 수술을 받은 환자에서 후전위를 통한 심실 부정맥과 급사의 위험성에 관한 연구가 있으며<sup>7-9)</sup>, 특발성 확장성 심근증<sup>10)</sup>과 항암제 사용에 의한 심근증 환자<sup>11)</sup>에서도 비침습적으로 심근 손상과 심실 부정맥 발생 가능성을 진단하는데 사용하였다.

이번 연구에서 저자들은 이미 용적 또는 압력 과부하 상태의 심장에서 개심술로 인한 반흔과 부하 변화의 영향으로 발생하는 수술 전후의 심실 활성화의 변화를 신호 평균화 심전도라는 비침습적인 방법을 통해 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

2004년 11월부터 2007년 5월까지 경북대학교병원 소아청소년과에서 선천성 심장병으로 진단 받고 흉부외과에서 체외 심폐순환기를 사용한 개심 교정술을 시행한 환자들 중에서 수술 전과 수술 후 2개월째 신호 평균화 심전도가 모두 기록된 52명을 대상으로 하였다. 대상 환자들은 우심실 용적 과부하군(1군), 좌심실 용적 과부하군(2군), 우심실 압력 과부하군(3군)으로 나누었고, 1군에는 심방 중격 결손(atrial septal defect)과 심방간 단락만 있는 방실 중격 결손(atrioventricular septal defect) 환자들, 2군에는 심도자 검사에서 Qp/Qs가 1.5 이상이거나 심도자 검사를 하지 않았지만 결손의 크기가 커서 조기 수술이 필요했던 심실 중격 결손(ventricular septal defect) 환자들, 3군에는 활로씨 4징(tetralogy of Fallot) 환자들을 포함시켰다. 모든 환자는 동물동이었고, 인공 심박동기를 가진 환자는 없었다. 대상환자들의 기록을 후향적으로 재검토하여 표준 12 유도 심전도 소견과 심실 빈맥 발생의 병력 및 심장 초음파 소견, 수술 방법, 체외 심폐순환(cardiopulmonary bypass) 시간, 대동맥 결찰(aortic cross clamp) 시간, 인공 기도 삽관 시간, 집중 치료실 재실 기간 등에 대한 정보를 수집하였다. 전체 환자에서 심전도에 영향을 주는 약물을 투여하고 있는 경우는 없었다.

## 2. 방 법

### 1) 표준 12 유도 심전도

표준 12 유도 심전도상 QRS파 시작과 T파의 끝이 분명히 보이는 6개 이상의 유도에서 QRS 기간, QT 간격을 측정하였고, 각 유도에서 적어도 3개 이상의 간격을 측정하여 평균한 값을 그 유도에서의 QRS 기간, QT 간격으로 확정하였다. QT 간격은 QRS의 시작에서 T파의 끝까지로 했고, U파가 있을 때에는 T파와 U파 사이의 가장 낮은 점을 QT 간격으로 잡았다. 구해진 QT 값을 심박수로 보정하여 QTc 값을 계산하였다.

### 2) 신호 평균화 심전도

신호 평균화 심전도 상의 후전위는 MacVu System (Marquette, USA)을 이용하여 기록하였다. X, Y, Z 직교 유도 체계를 사용하여 300 박동을 평균한 뒤, 100배 확대하였고, 모든 환자에서 잡음은 0.7  $\mu$ V 이하였다. 여과 조절은 40-250 Hz를 사용하여 filtered QRS duration (f-QRS), high frequency low amplitude potential (HFLA, <40  $\mu$ V and 20  $\mu$ V), root mean square (RMS, in terminal 40 ms)를 구하였다.

후전위의 진단 기준은 f-QRS >114 ms, HFLA >38 ms, RMS <20 mV로 정의하고, 이 진단 기준 가운데 한가지 이상 해당되는 경우를 이상(abnormal)으로 간주하였다<sup>12, 13)</sup>.

## 3. 통계 처리

측정한 각각의 지표들에 대하여 그룹간의 비교는 ANOVA 검정으로 하였다. ANOVA 검정에서 유의한 변수에 대한 사후 검정은 Scheffe's test를 이용하였다. 수술 전후의 비교는 SPSS 12.0 (SPSS for windows, version 12.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용한 paired t-test로 하였으며, 두 변수간의 관계 검정은 상관 분석을 이용하였다. 또한 수술 전후 비정상 신호 평균화 심전도 기준을 만족하는 환자수의 변화 정도를 검정하는 것은 교차분석을 이용하였다.  $P < 0.05$  일 때 통계학적으로 유의한 차이가 있다고 보았다.

## 결 과

### 1. 임상 특징

대상 환자 중 남자는 28명, 여자는 24명이었다. 각군의 특징은 Table 1과 같다. 심질환의 교정을 위한 수술 절개는 모두 정중 흉골절개술(median sternotomy)를 했고, 1군은 모두 우심방 절개, 2군은 심실 중격 결손의 위치에 따라 우심방 절개 또는 폐동맥 절개, 3군은 모두 우심실 절개가 시행되었다. 수술 당시의 나이는 1군에서 가장 많았다( $P=0.024$ ).

각 질환별 체외 심폐순환 시간, 대동맥 결찰 시간, 인공 기도 삽관 시간, 집중 치료실 재실 기간을 비교해 보았을 때, 3군에서 체외 심폐순환 시간, 대동맥 결찰 시간, 인공 기도 삽관 시간이

1, 2군에 비해 의미 있게 더 길었으나( $P<0.001$ , Table 2), 1, 2군 간에는 차이가 없었고, 집중 치료실 재실 기간은 군 간의 차이는 없었다.

**Table 1.** Patient Characteristics

| Group | n  | Sex (M:F) | Mean age (mo, range) |
|-------|----|-----------|----------------------|
| 1     | 13 | 6:7       | 34 (3-166)*          |
| 2     | 25 | 13:12     | 12 (1-142)           |
| 3     | 14 | 9:5       | 11 (2-15)            |
| Total | 52 | 28:24     | 12 (1-166)           |

\* $P<0.05$  versus group 3

Abbreviations : mo, month; Group 1, atrial septal defect; Group 2, ventricular septal defect; Group 3, tetralogy of Fallot; n, number of patients; M, male; F, female

**Table 2.** Comparison of Operative Parameters across the 3 Groups

| Group | Time          |              |                  |                |
|-------|---------------|--------------|------------------|----------------|
|       | CPB (min)     | ACC (min)    | Intubation (day) | ICU stay (day) |
| 1     | 46.23±15.27   | 23.46±12.47  | 1.08±0.28        | 2.62±1.19      |
| 2     | 63.48±18.58   | 42.12±14.64  | 1.40±0.65        | 3.20±3.08      |
| 3     | 115.36±47.63* | 80.14±31.47* | 2.14±1.61†       | 4.00±2.51      |

Data presented as means ±SD (standard deviation)

\* $P<0.01$  versus group 1 and 2

† $P<0.05$  versus group 1 and 2

Abbreviations : CPB, cardiopulmonary bypass; ACC, aortic cross clamp; ICU, intensive care unit; Group 1, atrial septal defect; Group 2, ventricular septal defect; Group 3, tetralogy of Fallot

**Table 3.** Comparison of Electrocardiography (ECG) Parameters across the 3 Groups

| Group | Pre-op       |              |              | Post-op      |               |                  |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------------------|
|       | QRS (ms)     | QT (ms)      | QTc (ms)     | QRS (ms)     | QT (ms)       | QTc (ms)         |
| 1     | 86.69±12.29† | 324.00±44.03 | 441.69±39.93 | 82.15±10.08  | 318.15±35.97  | 412.15±25.01     |
| 2     | 70.33±9.03   | 298.54±34.99 | 411.38±21.98 | 80.08±17.96* | 310.52±26.82  | 423.12±21.14     |
| 3     | 70.64±8.14   | 286.21±19.49 | 412.29±13.51 | 90.50±21.88† | 323.08±25.25† | 445.25±18.42†, § |

Data presented as means ±SD (standard deviation)

\* $P<0.05$  versus pre-op; † $P<0.01$  versus pre-op; ‡ $P<0.05$  versus group 2 and 3; § $P<0.05$  versus group 1 and 2

Abbreviations : ECG, electrocardiography; Group 1, atrial septal defect; Group 2, ventricular septal defect; Group 3, tetralogy of Fallot

**Table 4.** Comparison of Signal-averaged Electrocardiography (SAECG) Parameters across the 3 Group

| Group | Pre-op       |             |                | Post-op       |             |                |
|-------|--------------|-------------|----------------|---------------|-------------|----------------|
|       | f-QRS (ms)   | HFLA (ms)   | RMS ( $\mu$ V) | f-QRS (ms)    | HFLA (ms)   | RMS ( $\mu$ V) |
| 1     | 110.23±15.63 | 23.31±13.53 | 94.46±48.57    | 117.08±26.20  | 34.92±24.48 | 47.64±19.72    |
| 2     | 109.08±29.51 | 26.00±25.64 | 115.33±39.84   | 109.80±24.22  | 27.80±19.91 | 76.00±46.26    |
| 3     | 95.36±19.72  | 19.93±14.44 | 99.56±25.03    | 123.21±20.68* | 26.57±11.52 | 59.29±36.71    |

Data presented as means±SD (standard deviation)

\* $P<0.05$  versus pre-op

Abbreviations : SAECG, signal-averaged electrocardiography; f-QRS, filtered QRS; HFLA, high frequency low amplitude potential; RMS, root mean square in terminal 40 ms; Group 1, atrial septal defect; Group 2, ventricular septal defect; Group 3, tetralogy of Fallot

## 2. 표준 12 유도 심전도에서의 측정값

각 군에 따라 수술 전후를 서로 비교해 보면 1군에서는 측정 한 모든 값에서 의미 있는 변화는 없었고, 2군에서는 수술 후 QRS 간격이 수술 전보다 의미 있게 길어졌으며( $P=0.038$ ), 3군에서는 수술 후 QRS 간격, QT 간격, QTc 간격이 수술 전에 비해 모두 의미 있게 길어졌다( $P=0.008$ ,  $P<0.001$ ,  $P<0.001$ , Table 3).

1, 2, 3군을 서로 비교해 보았을 때는, 수술 전 1군이 다른 군에 비해 의미 있게 긴 QRS 간격을 보였고( $P=0.011$  versus group 2,  $P=0.02$  versus group 3), 수술 후에는 3군의 QTc 간격이 다른 군에 비해 의미 있게 길었다( $P=0.004$  versus group 1,  $P=0.043$  versus group 2, Table 3).

## 3. 신호 평준화 심전도에서의 측정값

수술 전후 신호 평준화 심전도 측정값은 군간의 의미 있는 차이는 없었다. 1군과 2군에서는 수술 후의 f-QRS, HFLA가 수술 전에 비해 길어지고, RMS는 짧아졌으나 통계학적으로 의미 있지는 않았다. 3군에서는 수술 후 f-QRS가 수술 전에 비해 의미 있게 길어졌으나( $P<0.05$ ), HFLA, RMS는 의미 있는 변화를 보이지 않았다(Table 4).

전체 대상 환자 중 신호 평준화 심전도 측정값이 적어도 한가지는 후전위의 진단 기준에 해당되는 경우가 수술 전에는 12명으로 23%였고, 수술 후에는 21명, 40%였다(Table 5).

1군에서는 수술 전에 비해 수술 후 신호 평준화 심전도에서 이상 소견을 보이는 환자수가 의미있는 증가를 보이지 않았지만

**Table 5.** Association between Congenital Heart Disease and Number of Signal-averaged Electrocardiography (SAECG) Abnormalities

| Group        | Pre-op                |             |            |              | Post-op               |             |            |              |
|--------------|-----------------------|-------------|------------|--------------|-----------------------|-------------|------------|--------------|
|              | Any abnormal criteria | No criteria | 1 criteria | >2 criterias | Any abnormal criteria | No criteria | 1 criteria | >2 criterias |
| 1 (n=13)     | 5 (38%)               | 8           | 3          | 2            | 5 (38%)               | 8           | 1          | 4            |
| 2 (n=25)     | 5 (20%)               | 20          | 2          | 3            | 7 (28%)               | 18          | 3          | 4            |
| 3 (n=14)     | 2 (14%)               | 12          | 1          | 1            | 9 (64%)               | 5           | 7          | 2            |
| Total (n=52) | 12 (23%)              | 40          | 6          | 5            | 21 (40%)              | 31          | 11         | 8            |

Abbreviations : SAECG, signal-averaged electrocardiography; Group 1, atrial septal defect; Group 2, ventricular septaldefect; Group 3, tetralogy of Fallot; n, number of patients; 1 criteria, the number of patients with 1 abnormality among three SAECG abnormalities, which are f-QRS >114 ms, HFLA >38 ms, RMS <20  $\mu$ V; >2 criterias, the number of patients with 2 abnormalities or more among three SAECG abnormalities

( $P=0.284$ , Table 5), 2군과 3군에서는 수술 후 신호 평균화 심전도의 이상 소견을 보이는 경우가 의미있게 증가함을 보였다 ( $P<0.001$ ,  $P<0.001$ , Table 5).

## 고 찰

이 연구를 통해서 얻을 수 있는 결과는 1) 표준 12 유도 심전도는 우심실 용적 과부하를 잘 반영하고 수술 부위에 따른 반흔이라고 생각되는 변화를 확인하는데 도움이 되었는데 반해, 2) 신호 평균화 심전도는 수술 전후 심실의 부하 상태 차이를 확인하는 방법으로는 유용하지 않았다는 것, 하지만 3) 신호 평균화 심전도로 확인해 본 심실의 후전위 정도는 수술 이전에도 후전위의 기준을 만족하는 환자가 있고 수술 후에는 더 증가한 것으로 보아 수술 전 부하 상태의 정도, 수술 후 반흔 및 수술 자체가 심실의 후전위 발생에 영향을 줄 수 있다는 것이다.

심실의 부하 상태는 표준 12 유도 심전도에서는 군간의 차이를 보였다. 심방 중격 결손 군에서 수술 전 다른 군보다 의미 있게 긴 QRS 간격을 보이다가 수술 후에는 군간의 QRS 간격 차이가 없어졌다. 이는 심방 중격 결손 군에서 다른 군에 비해 수술 당시 나이가 의미 있게 많아 우심실 용적 과부하 기간이 길었고, 이로 인해 심전도에 영향을 미칠 정도의 우심실 확장이 생겼으며, 수술 후 용적 과부하가 해결되면서 시간이 지남에 따라 우심실 확장이 좋아졌기 때문으로 생각된다. 하지만 이런 변화는 신호 평균화 심전도에서는 볼 수 없었는데, 심실의 부하 상태나 수술로 인한 부하 상태의 변화가 심실의 활성화에는 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다.

심실 중격 결손 군에서 우심실 절개를 하지 않았음에도 수술 후 의미 있게 긴 QRS 간격을 보이는 것은 심실 중격 결손의 수술시 구조적, 해부학적인 문제로 우각 차단이 발생한 것과 관련이 있는 것으로 생각되고, 이 환자군 역시 심실의 부하 상태나 수술로 인한 부하 상태의 변화가 심실의 활성화에는 영향을 미치지 못했다.

교정 수술을 위해 우심실 절개가 필요했던 우심실 압력 과부하 군에서는 f-QRS 뿐 아니라 QRS 기간, QT 기간, QTc 기간이

모두 의미 있게 연장되었다. 하지만 이런 결과는 기존의 연구들에 비추어 볼 때 부하 상태의 변화에 의한다고 보다는 수술에 동반되는 우각 차단과 심실 절개의 반흔에 따른 결과로 생각하는 것이 바람직하다.

과거, 우심실 절개를 시행한 활로씨 4경, 심실 중격 결손, 양대혈관 우심 및 좌심 기시 환자 242명을 대상으로 신호 평균화 심전도를 시행한 연구<sup>14)</sup>에서는 f-QRS >145 ms, HFLA >50 ms, RMS <17.5 mV를 양성으로 판정한 결과, 대상군에서는 62%의 환자가 신호 평균화 심전도 양성 결과를 보인 반면, 대조군에서는 단지 9%만이 양성 결과를 보인다고 하였고, 양성 결과를 보인 환자에서 심실 절개 반흔 교정(ventriculotomy scar revision)이나 고주파 절제(radiofrequency ablation)을 시행한 경우에는 신호 평균화 심전도 검사 결과가 음성으로 바뀔을 확인하여, 결과적으로 심실 절개 반흔이 후전위가 가장 잘 생기는 부위라고 하였다. 또 다른 연구<sup>15)</sup>에서는 20명의 활로씨 4경 환자들을 대상으로 수술 전, 수술 후 10일째, 수술 후 1달째에 신호 평균화 심전도와 표준 12 유도 심전도를 시행하여 결과를 비교하였는데, 표준 12 유도 심전도에서 측정된 QT 간격 분산은 40%의 환자에서 수술 전 이미 이상이 있었고 수술 후 1개월째 의미 있는 증가를 보였으며, 신호 평균화 심전도상 심실의 후전위는 수술 전과 수술 직후에는 관찰되지 않았지만 수술 1개월째 검사에서 20%의 환자에서 보임으로써, 수술 후의 변화는 심실 절개나 수술 자체에 의한 변화가 아니라 수술 후 반흔에 의한 결과라고 분석하였고, 신호 평균화 심전도와 표준 12 유도 심전도에서 의미 있는 변화를 보기 위해서는 장기 추적 관찰이 필요하다고 하였다.

이번 연구 결과에서 한가지 주목할 것은 수술 전에 이미 적어도 한가지의 후전위 기준을 만족하는 환자가 좌심실 용적 과부하 군에서는 20% (5/25), 우심실 압력 과부하 군에서는 12% (2/12)가 존재했고, 수술 후에는 후전위 기준을 만족하는 환자가 의미 있게 증가하여 좌심실 용적 과부하 군에서는 28% (7/25), 우심실 압력 과부하 군에서는 64% (9/14)가 한가지 이상의 후전위 기준을 만족하였다는 것이다. 즉, 환자 개개인으로 보자면 수술 전에 이미 부하 상태에 따라 심실 활성화의 변화가 생기고, 체외 심폐 순화기를 이용한 수술 자체와 수술 후 부하 상태의 변화, 수

술 반흔 등 여러 복합 요인에 의해 심실 활성화의 변화가 더 진행하는 양상을 보인다는 것이다.

소아에서 측정된 신호 평균화 심전도를 해석함에 있어서 가장 먼저 고려해야 할 문제점은 성인의 기준을 그대로 적용시키는 것은 바람직하지 않다는 것이다. 성인에서 가장 흔히 사용하는 의미 있는 후전위의 기준은 40 Hz의 고주파 통과 필터 사용 시  $f\text{-QRS} > 114$  ms,  $\text{HFLA} > 38$  ms,  $\text{RMS} < 20$   $\mu\text{V}$ 로 세 가지 기준 중 한 가지 이상 해당될 때 후전위가 존재한다고 간주하지만<sup>12, 13)</sup>, 아직까지 소아 후전위에 관한 통일된 기준이 없고, 기준으로 잡을 수 있는 정상 소아의 신호 평균화 심전도 값에 대해서도 보고가 많지 않다. 신호 평균화 심전도의 정상치를 조사한 연구<sup>16-19)</sup>에서 모든 측정치들은 소아의 체표면적과 성별, 나이와 관련이 있고, 나이가 증가함에 따라  $f\text{-QRS}$ 와  $\text{HFLA}$ 는 증가하고,  $\text{RMS}$ 는 감소하며,  $f\text{-QRS}$ 와  $\text{QT}$  간격 분산 사이에 의미 있는 상관관계가 있다고 하였다. 또한 정상 대조군 38명과 선천성 심장병으로 우심 절개가 필요했던 환자군 33명을 대상으로 신호 평균화 심전도 값을 비교한 연구<sup>20)</sup>에서는 정상 대조군의 신호 평균화 심전도 측정값 평균  $\pm 2$  표준 편차 이상을 비정상(abnormal)로 봤을 때,  $f\text{-QRS} > 117$  ms는 수술에 의한 우각 차단이 있는 경우 대부분 나타났고,  $\text{HFLA} > 35$  ms와  $\text{RMS} < 25$   $\mu\text{V}$ 가 모두 있으면 후전위가 있다고 정의할 수 있으며 57%에서 심각한 심실 빈맥이 나타난다고 하였다. 소아 청소년 연령을 포함하여 선천성 심장병의 수술 후 심실 빈맥의 위험도를 평가한 보고에서는 복잡한 수술,  $\text{RMS} < 14$   $\mu\text{V}$ , Lown 등급 2 이상인 경우를 심실 빈맥을 예견하는 지표로 제시하였고<sup>9)</sup>,  $f\text{-QRS}$ 가 길수록,  $\text{RMS}$ 가 낮을수록 전기 생리학적 검사에서 심실 빈맥을 유도할 수 있었다고 하였다<sup>8)</sup>.

이 연구의 제한점으로는 첫째, 개심술 직후 시기의 신호 평균화 심전도와 표준 12 유도 심전도 기록이 미비하여 체외 심폐 순환기 사용에 의한 심전도 변화와 후전위 발생 유무를 비교할 수 없었던 점, 둘째, 대상 환자의 수가 적고 선천성 심장병의 종류가 제한된 점, 셋째, 심장의 해부학적 이상과 심전도의 이상이 없는 군, 심장의 해부학적 이상은 없지만 우각 차단이 있는 군 등 적절한 대조군에 대한 비교 연구가 없었다는 점, 넷째, 나이에 따른 측정치들의 차이를 고려하지 않았다는 점들을 들 수 있다.

결론적으로 개심 수술에 의한 반흔뿐만 아니라 심실의 과부하도 심실의 활성화에 영향을 미칠 수 있음을 신호 평균화 심전도를 통해 알 수 있었다. 이번 연구의 결과가 임상적으로 의미를 갖고 수술 시기의 결정, 환자의 추적 관찰 등에 이용되기 위해서는 더 많은 수의 환자를 대상으로 신호 평균화 심전도를 기록하고 분석하는 것이 필요할 것이다.

## 요 약

**목적:** 이번 연구에서는 소아기에 흔한 선천성 심장병 환자들을 대상으로 개심술 이후 생긴 반흔과 수술로 인한 용적 또는 압

력 과부하 상태의 변화로 초래되는 비정상적인 심실 활성화를 신호 평균화 심전도를 이용하여 분석하고자 하였다.

**방법:** 선천성 심장병으로 개심교정술을 시행한 환자 52명을 대상으로 하였다. 환자군은 우심실 용적 과부하군(심방 중격 결손군, 1군), 좌심실 용적 과부하군(심실 중격 결손군, 2군), 우심실 압력 과부하군(활로써 4징군, 3군)으로 나누었다. 대상 환자 모두에서 표준 12 유도 심전도와 신호 평균화 심전도 검사를 시행하였고, 평균 QRS 기간, QT와 QTc 간격,  $f\text{-QRS}$ ,  $\text{HFLA}$ ,  $\text{RMS}$  in terminal 40 ms를 구하였다.

**결과:** 수술 전에는 1군에서 다른 군에 비해 의미 있게 긴 QRS 기간을 보였고( $P=0.011$ ), 수술 후에는 3 군에서 다른 군에 비해 QTc 간격이 의미 있는 증가가 있었다( $P=0.004$ ). 그러나 신호 평균화 심전도는 수술 전후 환자군 간에 차이가 없었다. 전체 대상 환자 중 신호 평균화 심전도 측정값이 한가지 이상 후전위의 진단 기준에 해당되는 경우가 수술 전 12명(23%)에서 수술 후 21명(40%)로 증가하였다. 특히 2군과 3군에서는 수술 전에 비해 수술 후에 신호 평균화 심전도의 이상 소견을 보이는 경우가 의미 있게 많았다(2군: 20% versus 28%,  $P < 0.001$ , 3군: 14% versus 64%,  $P < 0.001$ ).

**결론:** 비정상적인 신호 평균화 심전도 값은 수술 후 반흔뿐만 아니라 개심술 자체, 심실의 과부하에 의해서도 발생할 수 있다.

## References

- 1) Ascione R, Lloyd CT, Underwood MJ, Lotto AA, Pitsis AA, Angelini GD. Inflammatory response after coronary revascularization with or without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1198-204.
- 2) Asimakopoulos G. Mechanisms of the systemic inflammatory response. *Perfusion* 1999;14:269-77.
- 3) Lander P, Berbari EJ. Principles and signal processing techniques of the high-resolution electrocardiogram. *Pro Cardiovasc Dis* 1992;35:169-88.
- 4) el-Sherif N. Electrophysiologic basis of ventricular late potentials. *Prog Cardiovasc Dis* 1993;35:417-27.
- 5) Buxton AE, Simson MB, Falcone RA, Marchlinski FE, Doherty JU, Josephson ME. Results of signal-averaged electrocardiography and electrophysiologic study in patients with nonsustained ventricular tachycardia after healing of acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987;60:80-5.
- 6) Simson MB. Use of signals in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction. *Circulation* 1981;64:235-42.
- 7) Giroud D, Zimmermann M, Adamec R, Oberhänsli I, Friedli B. Ventricular late potentials and spontaneous ventricular arrhythmias after surgical repair of tetralogy of Fallot: do they have prognostic value? *Br Heart J* 1994;72:580-3.
- 8) Stelling JA, Danford DA, Kugler JD, Windle JR, Cheatham JP, Gumbiner CH, et al. Late potentials and inducible ventricular tachycardia in surgically repaired congenital heart disease. *Circulation* 1990;82:1690-6.

- 9) Janousek J, Paul T, Bartakova H. Role of late potentials in identifying patients at risk for ventricular tachycardia after surgical correction of congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1995;75:146-50.
- 10) Keeling PJ, Kulakowski P, Yi G, Slade AK, Bent SE, McKenna WJ. Usefulness of signal-averaged electrocardiogram in idiopathic dilated cardiomyopathy for identifying patients with ventricular arrhythmias. *Am J Cardiol* 1993;72:78-84.
- 11) Vaksman G, Gutierrez R, Duhamel A, Nelken B, Francart C, Kouakam C, et al. Signal-averaged electrocardiography in children with anthracycline-induced cardiomyopathy. *Pediatr Cardiol* 2001;22:494-8.
- 12) Breithardt G, Cain ME, el-Sherif N, Flowers NC, Hombach V, Janse M, et al. Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography: a statement by a task force committee of the European Society of Cardiology, the American Heart Association, and the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol* 1991;17:999-1006.
- 13) Gomes JA, Winters SL, Stewart D, Targonski A, Barreca P. Optimal bandpass filters for time-domain analysis of the signal-averaged electrocardiogram. *Am J Cardiol* 1987;60:1290-8.
- 14) Perloff JK, Middlekauf HR, Child JS, Stevenson WG, Miner PD, Goldberg GD. Usefulness of post-ventriculotomy signal averaged electrocardiograms in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 2006;98:1646-51.
- 15) Balkhi RA, Beghetti M, Friedli B. Time course of appearance of markers of arrhythmia in patients with tetralogy of Fallot before and after surgery. *Cardiol Young* 2004;14:360-6.
- 16) Hayabuchi Y, Matsuoka S, Kubo M, Akita H, Kuroda Y. Age-related criteria for signal-averaged electrocardiographic late potentials in children. *Pediatr Cardiol* 1994;15:107-11.
- 17) Fallah-Najmabadi H, Dahdah NS, Palcko M, Mehta SK. Normal values and methodologic recommendations for signal-averaged electrocardiography in children and adolescents. *Am J Cardiol* 1996;77:408-12.
- 18) Davis AM, McCrindle BW, Hamilton RM, Moore-Coleman P, Gow RM. Normal values for the childhood signal-averaged ECG. *Pacing Clin Electrophysiol* 1996;19:793-801.
- 19) Vialle E, Albalkhi R, Zimmerman M, Friedli B. Normal values of signal-averaged electrocardiographic parameters and QT dispersion in infants and children. *Cardiol Young* 1999;9:556-61.
- 20) Rovamo L, Mäkijärvi M, Pesonen E, Wallgren EI, Toivonen L. Later potentials on signal-averaged electrocardiograms in children after right ventriculotomy. *Pediatr Cardiol* 1995;16:114-9.