

심근경색증에서 방사성 동위원소 위상분석에 의한 국소적 심벽운동 평가

연세대학교 의과대학 진단방사선과
김은영 · 최규옥 · 박창윤 · 김명진

연세대학교 의과대학 심장내과
조 승 연

= Abstract =

Left Ventricular Regional Wall Motion Assessment in Myocardial Infarction by Phase Analysis

Eun Young Kim, M.D., Kyu Ok Choe, M.D.,
Chang Yun Park, M.D., Myeong Jin Kim, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University Medical College, Seoul, Korea

Seung Yun Cho, M.D.

Department of Cardiology, Yonsei University Medical College, Seoul, Korea

Backgrounds : In patients with myocardial infarction, one needs to know the location, extent, and severity of wall motion abnormalities to assess prognosis and guide therapy, thus more precise quantitative estimates of regional ventricular function are required. Regional wall motion has generally been assessed by displaying the multiple cardiac images of RVG as endless-loop movie, but the cinematic display was not objective. We used the usefulness of the phase analysis in evaluating the global left ventricular function and regional wall motion abnormalities of patients with myocardial infarction. The accuracy of the RVG cinematic display in detecting regional wall motion abnormalities in patients with myocardial infarction was also evaluated.

Methods : Studied cases were 97 patients with myocardial infarction and 20 normals with low likelihood of coronary artery disease. Coronary angiography and contrast left ventriculography were performed in all patients with myocardial infarction. The regional wall myocardial infarction(presence) is defined when the EKG presented the evidence of myocardial infarction, left ventriculogram showed RWMA(regional wall motion abnormality) along with stenosis of 50% or greater of the regional supplying coronary artery.

Each patient was imaged in 45 left anterior oblique(LAO) view, anterior(Ant) view and left lateral(Lt Lat) view. We evaluated Left ventricular ejection fraction(LVEF) from time-activity curve. We constructed the histogram for the left ventricle and both ventricle separately to obtain the global and total phase angle(GPA, TPA), standard deviation of phase angle(GS-

DPh, TSDPh), full width half maximum(GFWHM, TFWHM). The left ventricle was divided into 7 segments. LAO projection ; septal, apical, basal lateral, apical lateral, Ant projection ; anterolateral, Lt Lat projection ; inferior, posterior. Phase angle(RPA) and full width half maximum(RFWHM) from the histogram (regional 7 segments) were examined. On the RVG cinematic display, the standard 4 grading system was used, normal, hypokinesia, akinesia, dyskinesia. The observer evaluated regional wall motion abnormality of the 7 segments for all cases.

The sensitivity of the above parameters and RVG cinematic display was evaluated. We analyzed the regional parameters among the patients with regional wall myocardial infarction(presence), those without regional wall myocardial infarction(absence) and control group using the t-test. The statistical analysis was done by one way ANOVA between regional phase analysis and RVG cinematic display.

Results : The sensitivity of LVEF was lowest(70.1%) and the GFWHM was highest among the global parameters(89.1%). But RFWHM showed even higher sensitivity(96.9%), thus regional phase analysis was also required. The RVG cinematic display, was also sensitive(92.7%), but less sensitive than the RFWHM.

On regional phase analysis, the RPA of septal, apical, inferior, posterior walls of the left ventricle was able to separate presence group from absence group and also presence group from control group and the RPA of the apical lateral wall could separate presence group from absence group. The RPA of basal lateral and anterolateral wall was inaccurate in diagnosing the regional wall myocardial infarction, because basal lateral wall was overlapped by adjacent vascular structures, and the area of anterolateral wall dose not correlate completely between the RVG & the left ventriculogram, also the anterolateral wall can be supplied by the obtuse marginal branch of left circumflex artery. The RFWHM of all regional walls of left ventricle could separate presence group from absence group and presence group from control group. We found good correlation between regional phase analysis & left ventriculogram for detection of regional wall myocardial infarction.

On RVG cinematic display, the RPA of the normal group was different from that of dyskinesia, akinesia, and hypokinesia groups. The RPA of the dyskinesia group was also different from that of akinesia and hypokinesia groups by oneway ANOVA($p < 0.05$). The RFWHM of the dyskinesia group was different from that of the normal group and hypokinesia group. RVG cinematic display correlated well with regional phase analysis and also quantitation of wall motion.

Conclusion : Thus RVG cinematic display was useful and can not be replaced by phase analysis. But the regional phase analysis was sensitive and objective in diagnosing the wall motion abnormality in myocardial infarction.

KEY WORDS : Radionuclide ventriculography · Phase analysis · Myocardial infarction.

서 론

관상동맥 질환 및 각종 심질환에서 좌심실 기능의 평가는 진단과 치료후에 경과 관찰에 중요하고,

특히 허혈성 심질환의 장기적 예후는 주로 좌심실의 기능과 관상동맥 질환의 범위에 의해 결정된다고 알려져 있다¹⁾. 심장 전체의 심기능 측정에는 심장혈관 촬영술에 의한 혈류역동학적 검사가 있으나

관혈적이어서 반복 검사가 어려운 문제점이 있어, 심초음파나 방사성 동위원소 검사등이 시행되고 있다.

RVG(radionuclide ventriculography)는 비관혈적 심실기능 평가법으로 치료후 경과 관찰에 유용하며 특히 좌심실 구혈율이 가장 널리 이용되어 왔으나, 이제까지 보고된 바로는 심근경색증에서 좌심실 구혈율의 민감도가 떨어져 35%까지도 위음성율을 보고하고 있다²⁾. 따라서 RVG를 이용한 위상분석(phase analysis)과 최대이완율, 평균이완율 등의 확장기 지표들이 이용되고 있다.

심근경색증으로 인한 국소벽 운동장애의 범위와 장애정도를 측정하는 것이 심근경색증의 진단과 예후판정에 중요하다. 언급한 RVG 지표들은 좌심실의 전반적인 기능상태를 계측하는 방법이며, 부분적인 기능저하를 찾기위하여 국소벽 운동평가가 중요시 되고있다. 통상 국소벽 운동평가에 이용되는 RVG활동(cine)영상에 의한 운동평가는 관찰자의 경험에 요구되고 또한 객관성이 문제되어 computer를 이용한 국소벽 위상분석(phase analysis), 국소 심박출률(regional ejection fraction), 심박출량(stroke volume)영상, paradox영상 등이 개발되었다. 본 연구자들은 위상분석을 이용하여 전반적인 심기능은 물론 국소벽 기능을 평가함으로써 심근경색의 위치를 좀 더 객관화 할 수 있는 가를 알아보하고자 하였다. 심근경색의 위치를 정확하게 아는 것은 생체내(in vivo)에서는 어려우나 탈륨-201을 이용한 심근 관류스캔이나 테크네튬-99m 피로인산을 이용한 경색 결합성 스캔(infact avid scan)등 동위원소를 이용한 검사법 혹은 심전도, 관상동맥 조영술, 좌심실 조영술이 있겠다. 본 연구에서는 후향적 연구이므로 전술한 동위원소검사는 대부분의 예에서 시행하지 않았고, 좌심실 조영술이 심근경색의 위치결정에 현재까지 가장 좋은 기준(gold standard)로 받아들여지고 있으므로 좌심실 조영술과 심전도를 기준으로 하였고, 좌심실 조영술을 시행한 방향(projection)등의 문제점을 보완하기 위하여 관상동맥 조영술도 고려하였으며 심근경색의 위치결정에 객관성을 부여하기 위하여 대상군을 결정할때 관상동맥의 50%이상의 폐쇄가 있는 환자로 선택하였다. 세가지 검사를 종합하여 국소벽이 좌심실 조영술상 운동장애를 보이고 심

전도상 심근경색부위로 일치하고, 동시에 해당 국소벽에 분포하는 관상동맥이 50%이상의 폐쇄를 보일경우 그 국소벽을 심근경색부위로 결정하였고 또한 대상환자의 93%에서 우전사위 좌심실 조영술만 시행하였으므로 좌심실 조영술에서 평가할 수 없는 국소벽은 심전도상 심근경색 부위로 나타나고 그 국소벽에 분포하는 관상동맥이 50%이상 폐쇄를 보일경우를 심근경색 부위로 결정하였다.

본 연구에서는 45도 좌전사위 이외에 전위, 좌측위에서도 RVG를 시행하여 현재까지 보고된 연구들과는 달리, 전체심장이나 좌심실전체는 물론이고 세 방향에서 좌심실을 7개의 국소벽으로 나누어 각각 위상분석을 시행하기로 하였다. 좌심실 구혈율, 전체심장과 좌심실전체 위상분석의 예민도를 평가하고, 또한 좌심실 조영술, 관상동맥 조영술, 심전도에 의거하여 결정한 심근경색의 위치에 따라 국소벽 위상분석 결과를 분석함으로써 좌심실 전체의 심기능 평가는 물론이고, 국소벽 운동평가에 있어서 위상분석의 정확도와 그 유용성을 알아보고자 하였다. 또한 현재까지 RVG를 이용한 국소벽 운동평가에 가장 많이 이용되는 RVG활동영상분석결과와 국소벽 위상분석 결과를 비교하여 RVG활동영상분석의 객관성도 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1988년 1월부터 1992년 2월까지 연세의료원에 입원하여 흉통등의 전형적인 임상증상, 심전도상 ST절의 상승, Q파의 출현 및 T파의 변형, 혈중 심근효소치의 상승을 기준으로 심근경색증으로 진단하고, 이후 4주 이내에 좌심실 조영술과 관상동맥 조영술을 시행한 심근경색증 환자 97명을 대상으로 하였다. 심근경색증군은 연령분포가 35세부터 73세까지고 평균연령은 55.76세였으며 남자가 68명, 여자가 29명이었다. 정상대조군은 연령분포가 38세부터 68세까지고 평균연령은 48.11세였으며 남자가 14명, 여자가 6명이었다.

1. 심근경색의 위치 결정

전 대상환자에서 심근경색 진단 후 4주 이내에 관상동맥 조영술과 우전사위(right anterior oblique) 30도의 좌심실 조영술을 시행하였고, 이 중 8례에

서만 좌전사위(left anterior oblique) 60도 에서도 좌심실 조영술을 시행하였다. 국소벽이 좌심실 조영술상 운동장애(운동저하, 운동마비, 운동이상)를 보이고 심전도상 심근경색부위로 일치하고, 동시에 해당 국소벽에 분포하는 관상동맥에 50% 이상의 폐쇄가 있는 경우, 그 국소벽을 심근경색부위로 결정하였고, 또한 우전사위 좌심실 조영술만 시행하였을 경우에 좌심실 조영술로 평가할 수 없는 국소벽은 심전도상 심근경색부위로 나타나고 동시에 그 국소벽에 분포하는 관상동맥에 50% 이상의 폐쇄가 있을 경우를 심근경색부위로 결정하였다. 심근경색의 위치는 격벽(septum)이 63례, 전외벽(anterolateral)이 60례, 심첨(apex)이 68례, 기저외벽(basal lateral)이 10례, 첨외벽(apical lateral)이 16례, 하벽(inferior)이 43례, 후벽(posterior)이 43례였다.

2. RVG 검사방법

안정상태에서 양와위를 취한후 피로인산주석(stannous pyrophosphate)을 주사한지 30분후에 Tc-99m-pertechnate 30mCi를 다시 정맥주사하는 체내표지법을 사용 하였다. 감마 camera는 CDA microdelta computer system과 연결된 Mobile anger camera(Siemens사 LEM+)를 사용하여 좌전사위 45도, 전위, 좌측위에서 시행하였고, 고해상 30도 사면 구멍 조준기(slant hole collimator)로 60만 counts를 얻었다.

심박동 1회를 16화면으로 나누어 64×64 matrix로 영상을 수록하고, 심폐 대소혈관의 간섭을 감소시키기 위하여 방사능곡선에서 최대 방사능 값의 15~20% 미만인 화소(pixel)를 제외시켰다.

3. RVG 분석

1) 좌심실 구혈율(left ventricular ejection fraction)

좌심실을 관심영역으로한 시간-방사능 곡선에서 좌심실 구혈율을 구하여 그 결과를 t-test를 이용하여 전체 심근경색증군과 정상대조군을 비교하였다.

2) 전체심장 위상분석(total heart phase analysis)

좌전사위 45도에서 심폐의 대혈관을 포함한 심

장전체를 관심영역으로하여 히스토그램을 구성하여, 양 심실에 의한 정점(peak)와 심방및 심폐 대혈관에 의한 정점중 양 심실에 의한 정점을 선택하여 양 심실의 위상각(phase angle), 위상각의 표준편차(standard deviation of phase angle), 전체반값폭(full width half maximum)을 구한 후 t-test를 이용하여 전체 심근경색증군과 정상대조군 을 비교하였다.

3) 좌심실전체 위상분석(global LV phase analysis)

좌전사위 45도에서 좌심실 전체를 관심영역으로 정한 후 히스토그램을 구성하여 위상각, 위상각의 표준편차, 전체반값폭을 구한 후(Fig. 1), t-test를 이용하여 전체 심근경색증군과 정상대조군을 비교하였다.

4) 좌심실 국소벽 위상분석(regional LV phase analysis)

전위에서는 전외벽, 좌전사위에서는 격벽, 심첨, 기저외벽, 첨외벽을 그리고 좌측위에서는 하벽, 후벽을 각각 관심영역으로 정하여 히스토그램을 구성하여 위상각과 전체반값폭을 구하였다(Fig. 2). 심근경색증 환자에서 좌심실 조영술과 관상동맥 조영술, 심전도 소견을 종합하여 결정된 심근경색 부위에 따라 각 국소벽이 심근경색 부위인 경우와 심근경색 부위가 아닌 경우, 그리고 정상대조군으로 나누어 각 국소벽 위상분석으로 얻은 위상각과

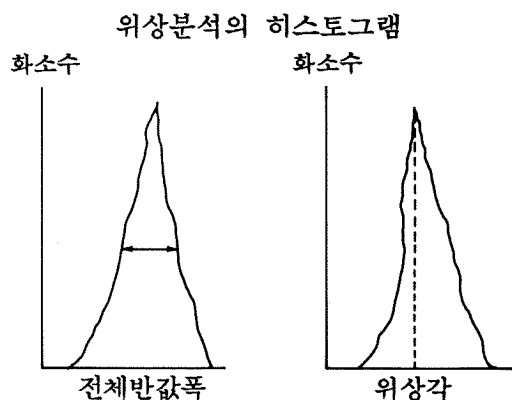


Fig. 1. 위상분석의 히스토그램(histogram). 전체반값폭은 히스토그램상 최대 화소수의 반을 보일때 위상각의 폭을 의미하며, 위상각은 최대 화소수를 보일때의 위상각을 의미한다.

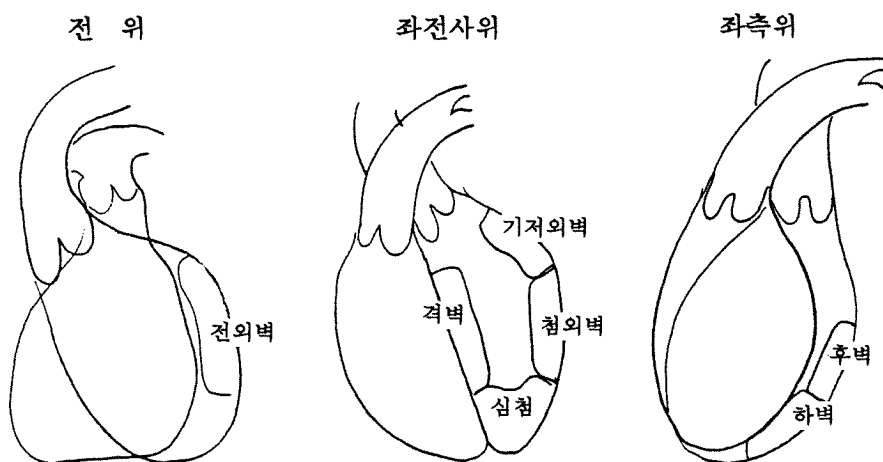


Fig. 2. 세 방향의 7개 좌심실 국소벽.

전체반값폭을 세 경우를 각각 두 경우씩 묶어서 t-test를 이용하여 비교분석하였다.

4. RVG활동영상에 의한 국소벽 운동평가

통상적인 방법으로 배경방사능을 제거한후 64×64 matrix영상으로 전위, 좌전사위 45도 및 좌측위에서 RVG활동영상을 구성하고 좌심실 국소벽 위상분석과 같은방법으로 좌심실을 7개 벽으로 나누어 정상(normal), 운동저하(hypokinesia), 운동마비(akinesia), 운동이상(dyskinesia)으로 나누어 국소벽 운동을 평가하였다. 경색증군과 대조군을 합한 117명에서 각 7가지 국소벽을 모두 합한 819개 국소벽을 활동영상에서 얻은 결과에 따라 4군으로 나누되, 활동영상에서 구한 결과와 국소벽 위상분석에서 구한 국소벽 위상각, 전체반값폭과의 관계도 분석하였다.

5. 좌심실 구혈율, 전체심장과 좌심실전체의 위상각과 위상각의 표준편차, 전체 반값폭의 정상범위를 정상대조군의 평균±2표준편차로 정한 후, 정상범주를 벗어날 경우에 심근경색을 진단한 것

으로 하였다. 좌심실 국소벽 위상각과 전체반값폭도 정상대조군의 평균±2표준편차를 정상범주로 정한 후 한개이상 좌심실국소벽의 위상분석 지표가 정상범주를 벗어날 경우를 심근경색을 진단한 것으로 보고, RVG활동영상분석의 경우에도 한개 이상의 국소벽에 운동장애가 있을때 심근경색을 진단한 것으로 보았다. 이 기준에 따라 좌심실 구혈율, 전체심장, 좌심실전체, 좌심실 국소벽 위상분석, RVG활동영상분석의 예민도(sensitivity)를 구하였다.

결 과

1) 전체심장의 위상각, 위상각의 표준편차, 전체 반값폭을 t-test를 이용하여 경색증 군과 정상대조군을 비교한 결과, 위상각은 두 군간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 위상각의 표준편차와 전체 반값폭에서 유의한 차이를 나타내었다(Table 1). 좌심실 구혈율도 t-test를 이용하여 경색증군과 정상대조군을 비교한 결과 두 군사이에 유의한 차이를

Table 1. 전체심장 위상분석

	심근경색증군 (n=97)	정상대조군 (n=20)	p-값
위상각	139.32±24.99	130.90±17.07	>0.05
위상각의 표준편차	21.68±6.45	14.25±2.95	<0.001
전체반값폭	52.00±14.14	33.10±4.32	<0.001

1. 위의 값은 평균±표준편차로 나타냄.
2. 통계분석은 t-test를 이용함.
3. 괄호안의 수는 환자의 수를 나타냄.

나타내었다(Table 2). 좌심실 전체의 위상각, 위상각의 표준편차, 전체반값폭도 경색증군과 정상대조군 사이를 t-test를 이용하여 비교하여 위상각은 차이를 보이지 않았으나, 위상각의 표준편차와 전체반값폭은 두 군사이에 유의한 차이가 있었다.

2) 좌심실 조영술, 관상동맥 조영술, 심전도를 종합하여 결정한 각 국소벽의 심근경색의 유무를 기준으로 하여 국소벽 위상분석을 비교한 결과는 Table 3, 4와 같이, 좌심실 국소벽 위상각은 7개의 국소벽 중 격벽, 심첨, 후, 하벽에서 심근경색 부위인 경우와 심근경색 부위가 아닌 경우, 심근경색 부위인 경우와 정상대조군 사이에 유의한 차이가

있었고, 첨외벽에서는 심근경색 부위인 경우와 심근경색 부위가 아닌 경우와의 사이에 유의한 차이가 있었다. 좌심실 국소벽 전체반값폭은 모든 국소벽에서 심근경색 부위인 경우와 심근경색 부위가 아닌 경우, 심근경색 부위인 경우와 정상대조군 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 격벽과 심첨에서는 심근경색 부위가 아닌 경우와 정상대조군 사이에도 유의한 차이가 있었다.

3) RVG활동영상에서 보인 운동장애의 정도에 따라, 그에 해당하는 각 국소벽의 위상각과 전체반값폭의 평균치와 표준편차는 Fig. 3, 4와 같다. one-way ANOVA를 이용하여 각 국소벽의 위상각은

Table 2. 좌심실 구혈율과 좌심실전체 위상분석

	심근경색증군 (n=97)	정상대조군 (n=20)	p-값
좌심실 구혈율	46.67± 12.25	67.05± 5.82	<0.001
위상각	137.65± 24.42	130.25± 17.12	<0.05
위상각의 표준편차	18.85± 6.09	12.80± 3.11	<0.001
전체반값폭	45.41± 13.91	29.85± 3.70	<0.001

1. 위의 값은 평균±표준편차를 나타냄.
2. 통계분석은 t-test를 이용함.
3. 괄호안의 수는 환자의 수를 나타냄.

Table 3. 심근경색의 위치에 따른 좌심실국소벽 위상각

	심근 경색증군(n=97)		정상대조군(n=20)	p 값
	심근경색부위인 경우	심근경색부위가 아닌 경우		
격벽	154.56± 32.32 (n=63)	135.33± 21.76 (n=34)	130.65± 16.94	a b
전외	134.84± 25.21 (n=60)	128.58± 18.40 (n=37)	127.80± 17.53	
심첨	164.57± 46.89 (n=68)	134.32± 22.62 (n=29)	129.35± 16.94	a b
기저외	140.22± 31.11 (n=10)	127.21± 21.72 (n=87)	128.55± 15.46	
첨외	147.63± 54.99 (n=16)	128.94± 22.31 (n=81)	133.20± 15.11	a
하벽	158.86± 35.20 (n=43)	132.70± 14.88 (n=54)	132.36± 19.63	a b
후벽	146.37± 31.58 (n=43)	129.39± 10.05 (n=54)	130.36± 19.63	a b

1. 위의 값은 평균±표준편차로 나타냄.
2. 괄호안의 수는 환자의 수를 나타냄.
3. 통계분석은 t-test로 처리함.
4. a는 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우 사이에 p값이 0.05이하를 의미하고, b는 심근경색부위인 경우와 정상대조군 사이에 p값이 0.05 이하를 의미하고, c는 심근경색부위가 이인 경우와 정상대조군사이에 p값이 0.05이하를 의미함.

Table 4. 심근경색 위치에 따른 좌심실 국소벽 전체반값폭

	심근 경색증군(n=97)		정상대조군(n=20)	p 값
	심근경색부위인 경우	심근경색부위가 아닌경우		
격벽	52.37± 22.17 (n=63)	28.00± 9.07 (n=34)	22.35± 4.23	a b c
전외	37.82± 15.09 (n=60)	28.21± 7.57 (n=37)	24.45± 4.99	a b
심첨	62.04± 34.76 (n=68)	27.18± 7.10 (n=29)	21.60± 6.21	a b c
기저외	46.89± 9.44 (n=10)	27.14± 7.01 (n=87)	22.85± 7.32	a b
첨외	48.11± 20.93 (n=16)	26.14± 7.17 (n=81)	22.60± 6.36	a b
하벽	54.00± 21.18 (n=43)	28.64± 10.22 (n=54)	24.35± 5.78	a b
후벽	50.35± 22.09 (n=43)	29.68± 10.67 (n=54)	25.15± 6.47	a b

1. 위의 값은 평균± 표준편차으로 나타냄.
2. 괄호안의 수는 환자의 수를 나타냄.
3. 통계분석은 t-test로 처리함.
4. a는 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌경우 사이에 p값이 0.05이하를 의미하고, b는 심근경색부위인 경우와 정상대조군 사이에 p값이 0.05 이하를 의미하며, c는 심근경색부위가 아닌경우와 정상대조군 사이에 p값이 0.05 이하를 의미함.

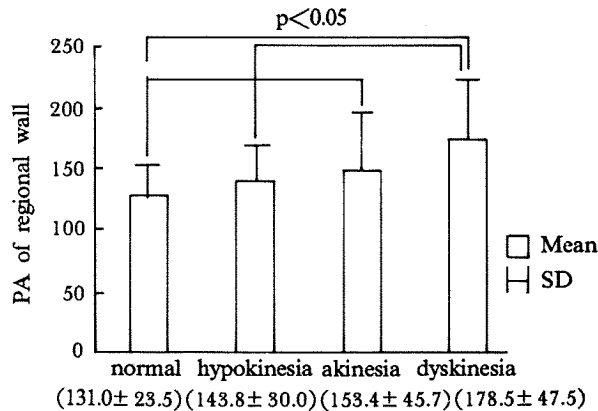


Fig. 3. RVG활동영상분석 결과와 국소벽 위상각(PA). 괄호안의 수치는 평균 표준편차를 나타냄. 통계처리는 oneway ANOVA를 이용하였음. 정상군(normal)과 운동이상군(dyskinesia), 운동마비군(akinesia), 운동저하군(hypokinesia) 사이에, 운동이상군과 운동마비군, 운동저하군 사이에 p값 0.05 이하로 유의있는 차이를 보였다.

정상군과 운동저하군, 정상군과 운동마비군, 정상군과 운동이상군사이에 그리고 운동이상군과 운동저하군, 운동이상군과 운동마비군사이에 유의한 차이가 있었으나, 운동저하군과 운동마비군 사이에는 유의한 차이가 없었다(Fig. 3). 각 국소벽의 전체반값폭은 운동이상군과 정상군 그리고 운동이

상군과 운동저하군과의 관계에서만 유의한 차이를 발견할수 있었다(Fig. 4). 따라서 RVG활동영상분석의 경우는 전체반값폭 보다는 위상각과 더 높은 연관성을 보였다.

4) 각 지표의 민감도(sensitivity)는 Table 5과 같은데, 좌심실 구혈율은 70.1%로서 가장 저조하였

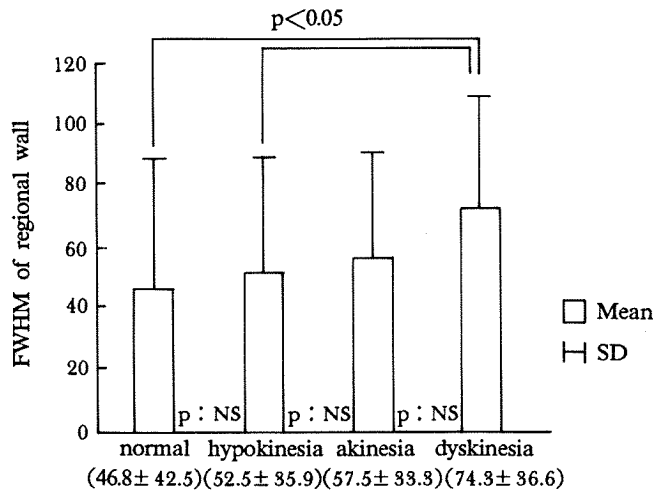


Fig. 4. RVG활동영상분석 결과와 국소벽 전체반값폭. 괄호안의 수치는 평균 표준편차를 나타냄. 통계처리는 oneway ANOVA를 이용하였음. 운동이상군(dyskinesia)과 정상군(normal), 운동저하군(hypokinesia)사이에서 p값 0.05 이하로 유의있는 차이를 보였다.

Table 5. 좌심실 구혈율, 전체심장, 좌심실전체, 좌심실국소벽지표와 RVG활동영상분석의 민감도(sensitivity)

	LVEF	전체심장 위상분석				좌심실전체 위상분석				좌심실국소벽 위상분석		RVG활동영상
		PA	SDPh	FWHM		PA	SDPh	FWHM		PA	FWHM	
민감도(%)	70.1	67.0	70.0	85.7		71.0	74.2	89.7		87.6	96.9	92.7

LVEF(left ventricular ejection fraction)

PA(phase angle)

SDPh(standard deviation of phase angle)

FWHM(full width half maximum)

고, 좌심실 국소벽 전체반값폭이 96.9%로서 가장 우수하였다. 좌심실 전체 위상분석 결과에서도 전체반값폭이 가장 예민한 것으로 나타났다(87.9%). RVG 활동영상분석도 92.7%의 예민도를 보여서 국소벽 전체반값폭 다음으로 예민한 검사법이였다. 좌심실 구혈율은 심근 경색증군 97례중 29례(29.9%)에서 정상치를 보였으며, 좌심실 구혈율과 전체심장과 좌심실전체의 위상각은 정상범주였으나, 전체심장과 좌심실전체의 전체반값폭에서만 이상을 발견할수 있었던 경우가 16례나 있었다. 전체심장과 좌심실전체의 위상분석지표들은 정상범주였으나, 좌심실 국소벽 지표중 전체반값폭은 비정상범주에 속한 경우가 9례있었으며, 이 중 RVG활동영상에서도 정상이었던 경우가 4례 있었다. 그러나 심근경색증군에서 전체심장과 좌심실전체, 좌심실국소벽 위상분석 결과가 모두 정상범주였던 경우가 3례 있었으며, 이 경우 RVG활동영상분석

에서도 정상 벽운동을 보였다.

고 안

RVG는 1971년 Strauss 등에 의해 확장기말과 수축기말 영상만으로 구성된 검사가 처음 시행되었고, 이 때부터 좌심실 구혈율과 국소벽 운동을 평가할수 있었으며, 이후 컴퓨터 공학의 적용으로 현재와 같이 발전되었다³⁾. 좌심실 구혈율은 좌심실 전체의 기능을 나타내며, 그 예민도가 낮아서 본 연구에서도 97례중 29례 즉 29.9%에서 좌심실 구혈율이 정상범주에 있었다. 심근경색증 후에 나타나는 심실기능 장애는 좌심실 구혈을 감소를 초래하는 광범위한 심벽운동 장애는 물론이고, 수축기능이 유지되는 국소벽 운동장애, 운동장애나 수축기능의 이상이 없는 경우까지 다양하게 나타날 수 있으며, 좌심실 수축기능 장애 정도는 경색의 위치와 연

관성을 갖고 있다고 하였다⁴⁾. 따라서 국소벽 운동의 평가는 급성 심근경색증 환자에서 그 위치, 범위, 경색의 깊이를 알아서 예후를 예상하고 치료의 지침이 되므로 중요하다.

1979년에 처음 시작된 RVG의 위상분석은 RVG를 통하여 얻을 수 있는 여러가지 심장의 기능적 영상을 구하는 방법을 일컫는 일괄적인 명명어다. 이 방법은 RVG에서 각 화소(pixel)의 시간-방사능 곡선(time-activity curve)에 수학적 기능(보통 sine 혹은 cosine 곡선)을 적용한 것이다. 위상(Phase)은 심전도상 R파(wave)의 시작과 방사능(activity)으로 나타나는 심기능 최대치 사이의 간격을 의미하고, 진폭(Amplitude)은 기능 최대치와 최소치의 차이를 의미한다. 즉 이들은 화소에 의해 나타나는 각 부위에서의 심벽운동의 시간과 강도를 의미한다. 따라서 국소기능장애가 있을때 진폭은 감소되고 위상은 지연된다^{5,6)}. 이미 관상동맥 질환에서 좌심실 전체를 관심영역으로 하여 히스토그램을 구하여 운동부하 RVG 뿐만아니라 안정시 RVG에서도 심실 기능평가에 좋은 결과를 보고하고 있다^{7~9)}. 정상인에서는 히스토그램이 높고, 표준편차(standard deviation)가 작고, 좌측으로 치우치는 비대칭(negative skewness)을 나타내나, 운동시 관상동맥질환이 있는 경우는 히스토그램 넓어지고 우측으로 치우치는 비대칭(positive skewness)을 보이게 된다고 하였다^{7,8)}. 그 외에도 히스토그램에서 분포 이상을 분석하는 지표로는 전체반값폭이 있는데, 전체반값폭은 히스토그램에서 최대 화소(pixel)수의 1/2을 보일때 위상각(phase angle)의 폭(full width)을 의미하며, 위상각의 분포범위가 정상에 비하여 넓어진 정도를 반영하기 위한 것이다^{9,10~13)}.

국소벽 운동장애를 정량적으로 평가하려는 많은 노력이 시도되어 왔다. RVG를 이용한 국소벽 운동평가가 시작될 때부터 수축기말과 확장기말 화면에서 면적-길이 방법으로 분석하여 왔다. 좌전사위 RVG에서 45도 혹은 90도 polar area reduction을 이용하여 좌심실을 8이나 4등분하여 대동맥판(aortic valve)과 승모판부위(mitral valve), 격벽(septum), 하첨(infero-apical), 후외벽(posterolateral)으로 나누어, 확장기말과 수축기말의 면적변화로 분석하거나, radial shortening 방법을 이용하여 좌심실을 8등분하여 각 반경의 길이변화로 분석하

여 왔다. 좌전사위 RVG와 같은 방향의 좌심실 조영술을 시행하여 polar area reduction, radial shortening, rectangular area reduction방법을 비교한 결과, polar area reduction이 가장 높은 연관성을 보였으며, 특히 원위 격벽, 하첨, 후외벽이 잘 일치되었고, 대동맥판과 승모판부위, 근위 격벽은 주위 혈관때문에 해상능이 떨어지므로 저조한 일치도를 나타내었다고 보고하였다¹⁴⁾. Radial shortening을 이용하여 좌전사위 45도에서 좌심실을 5등분하여 국소벽 운동을 0, 1, 2, 3으로 점수를 준 후 그 합과 좌심실 전체 위상분석에서 구한 위상각의 표준편차와의 사이에 통계적으로 유의한 비례 상관관계를 보였다고 하였다¹⁵⁾.

통상 RVG를 이용한 국소벽 운동평가는 활동영상분석이 가장 많이 이용되어 왔고, 또한 좌심실 조영술을 기준으로 활동영상분석의 일치도를 분석한 결과 전체국소벽의 84%의 높은 일치율을 보고하기도 하였다¹⁶⁾. 그러나 RVG활동영상분석은 관찰자가 눈으로 읽는 방법으로 시행되므로 객관성 문제가 되고, computer 앞에서 상당 시간을 보내야 하며, 불편한 기록보관 과정이 필요한 단점이 있다. 그러나 위상분석은 배경감산(background subtraction)이 필요없고, 심주기 전체에서 정보를 얻으며, 심장형태의 영향을 받지 않는 장점을 갖고 있다¹⁷⁾. 그러나 활동영상은 그 검사의 질(quality)을, 그리고 동위원소의 체내표지(blood-pool labeling)정도, 환자의 체위 그리고 심실의 분리정도를 알게 해주어서, 검사에서 얻은 정보의 신뢰도를 평가할 수 있으며, 흉곽내의 심장의 위치, 각 심실과 심방의 크기, 그리고 좌심실 비후(hypertrophy), 심막 삼출액(pericardial effusion)을 발견할 수 있으며, 우심실 확장 혹은 기능장애등도 쉽게 알수 있는 장점이 있어서 위상분석이 RVG활동영상분석을 완전히 대신할 수는 없다¹⁸⁾. 또한 본 연구에서도 활동영상과 국소벽 위상분석의 비교에서 의의있는 연관성을 보여서 활동영상분석이 객관적이며 예민한 검사법이라는 결과를 얻을 수 있었다.

그 외에도 위상분석을 이용한 국소벽 운동평가가 이용되어 왔다. 좌전사위의 위상영상(phase image)을 이용하여 같은 방향의 좌심실 조영술과 비교하여 운동장애의 위치와 정도(severity)가 잘 일치되었다고 보고하였다^{10,19)}. 이미 RVG의 국소벽 운동평

가에는 적어도 두 방향(projection)에서 시행해야 한다고 알려져 왔다. 그 이유는 특히 하벽(inferior wall)을 좌전사위에서 정확히 평가할 수 없기 때문이다. 이 문제를 해결하기 위해 좌측위를 좌전사위와 함께 분석하여 하벽운동장애 평가의 민감도를 상승시킬수 있었다^{20,21)}. 1979년에 Adam은 이 문제를 지적했었고, 1986년에 다시 하벽 운동평가를 위해 좌측위에서 RVG활동영상분석을 시도하여 좋은 결과를 얻었다^{5,22)}. 위상분석에 좌후사위(left posterior oblique view)를 도입하였고, 이 방향에서는 좌심방과 좌심실이 잘 구별되어 좌심실의 전하(anterobasal)과 후하벽(posterobasal)이 위상과 진폭영상에서 잘 분리되었으며, 이 방향에서 우심실의 방사능이 일부 좌심실과 겹치지만 좌심실에 비해 양이 적고 거리 역좌승의 법칙에 의해 약화되므로, 좌후사위를 이용하여 하벽운동 분석에 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 위상분석을 이용한 국소벽 운동장애 평가에서는 적어도 두 방향에서 분석하여야 한다고 하였다²³⁾. 최근에 관상동맥질환 환자 50명을 대상으로 좌전사위와 좌후사위 두 방향에서 RVG와 좌심실 조영술을 시행하고 좌심실을 10개의 국소벽으로 분리한 후 좌심실 조영술을 기준하여 위상과 진폭영상에서 화소값을 16개의 등급으로 분석하여 민감도 87%, 특이도 83%를 보고하였고, 같은 방법으로 10개의 국소벽으로 나누어 분석한 RVG활동영상분석 결과는 민감도 47% 특이도 92%로 위상분석에 비하여 민감도는 떨어지나 특이도는 더 높은 것으로 보고하였다²⁴⁾. 본 연구와 같이 히스토그램을 이용하여 위상분석을 시행한 연구는 이미 보고되어 있으나, 좌심실 전체의 위상분석을 시행한 것이며 국소벽으로 분리하지는 않았다⁹⁾.

본 연구와 같이 위상분석중 히스토그램을 이용하여 국소벽 운동장애의 양적평가를 시도한 동물 실험이 시행되었는데, 11마리의 개의 좌회전(left circumflex)동맥을 일시적으로 폐쇄시켜서 폐쇄전과 폐쇄시에 RVG를 시행하여 좌심실 전체와 좌심실을 격벽, 심첨, 후외벽으로 분리하여 분석하였다. 좌심실 전체의 위상분석에서는 위상각, 비대칭(skewness), 좌심실 구혈율은 변화가 없었으나, 위상각의 표준편차는 정상대조군과 좌회전동맥 폐쇄시에 통계적으로 유의한 차이가 있었다고 보고

하였고($p<0.05$), 좌심실 국소벽 위상분석에서는 좌회전 동맥의 분포부위인 좌심실의 후외벽의 위상각과 위상각의 표준편차도 변화가 있었다고 보고하였다($p<0.05$)²⁵⁾. 본 연구에서도 좌심실 전체의 위상각은 정상대조군과 심근경색증군사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 위상각의 표준편차와 전체반값폭은 차이를 보였다. 좌심실 구혈율은 70.1%로 위상분석과 RVG활동영상 분석에 비하여 예민도가 낮았으나 정상대조군과 심근경색증군사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 좌심실 전체의 위상분석(위상각, 위상각의 표준편차, 전체반값폭)만으로도 89.7%의 예민도를 보였으며 이중 전체반값폭이 가장 예민하였고, 전위, 전사위, 좌측위에서 7가지 국소벽 위상분석을 시행하여 국소벽 전체반값폭이 96.9%의 높은 예민도를 보였다. 이 결과는 위음성을 줄이기 위하여 국소벽 위상분석이 필요하다는 것을 시사하고, 특히 위상각 보다는 위상각 표준편차나 전체반값폭이 민감한 지표임을 나타내고 있다.

이제까지 좌심실 조영술을 표준삼아 RVG의 정확도를 평가하는 연구들이 이루어져 왔는데^{9,26~28)}, 주로 좌전사위를 이용하는 RVG와는 달리 좌심실 조영술은 통상 30도 우전사위(right anterior oblique)로 시행되므로, 완전히 일치하는 방향에서 영상을 얻은 경우의 비교연구는 동물실험으로 이루어졌다. 국소벽의 허혈에 의한 운동장애가 위의 두 검사법에서 똑같은 정도로 평가되었고, 또한 허혈 부위가 적을경우($<4\text{gm}$)는 공간해상능이 좌심실 조영술에서 좀 더 예민한 것으로 보고 되었다^{29~30)}. 본 연구자는 위상분석을 이용하여 국소벽 기능을 평가함으로써 심근경색의 위치를 객관화 할 수 있는지 알아보고자 하였으므로 심근경색의 정확한 위치를 아는 것이 중요하였다. 현재까지도 좌심실 조영술이 심근경색의 위치결정에 좋은 기준(gold standard)로 받아들여지고 있으므로 좌심실 조영술을 기준으로 하고 조영술을 시행한 방향(projection)등의 문제점때문에 심전도와 관상동맥 조영술을 종합하여 심근경색의 위치를 결정하고, 이를 기준으로 국소벽 위상분석 결과를 그 국소벽이 심근경색부위인경우와 심근경색부위가 아닌경우 그리고 정상대조군을 비교하였다. 통상 세 군사이에 비교는 oneway ANOVA를 이용하게 되나 국소벽

위상분석 결과는 세 군의 표준편차(분산)이 차이가 커서 표준편차가 같다는 가정아래 이루어지는 one-way ANOVA는 통계적 의의가 적으므로 세 군을 각각 두 군씩 묶어서 t-test로 처리 하였다. 좌심실 조영술은 주로 좌심실 경계(edge)의 운동장애를 평가하고, RVG는 용적(volume)의 변화를 평가하는 근본적인 차이 이외에도 두 검사법의 영상을 얻는 방향의 차이, 그리고 심근경색의 유무만을 적용했고 관심영역내에 심근경색이 점하는 비율이나 운동장애의 정도는 고려하지 않은 문제점들이 있음에도 불구하고, 국소벽 위상각은 격벽, 심첨, 후,하벽이 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우 그리고 심근경색부위인 경우와 정상대조군 사이에 유의한 차이가 있었고 첨외벽이 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우 사이에 유의한 차이가 있었다. 기저외와 전외벽의 위상각은 통계적 의의가 없었는데, 기저외벽은 심폐 대혈관예의한 간섭으로 위상분석의 정확도가 낮아질 수 있겠고, 전외벽은 좌심실 조영술과 RVG에서 전외벽의 위치가 잘 일치하지 않는 것과 좌회선동맥의 둔지(obtuse marginal branch)가 전외벽에 분포할 가능성들을 생각할 수 있겠다. 국소벽 전체 반값폭은 모든 국소벽에서 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우 그리고 심근경색부위인 경우와 정상대조군사이에 유의한 차이가 있었다. 또한 심첨과 격벽이 심근경색부위가 아닌 경우와 정상대조군사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었는데 이 결과는 비경색부위의 수축기능 감소를 생각 할 수 있겠고, 그 기전으로는 비경색 부위의 미세경색(microinfarct), 과다한 혈중 catecholamine의 증가 및 이에 따른 혈소판 응고와 관상동맥의 혈전, 전신혈관 수축으로 인한 좌심실의 후부하(afterload)와 전부하(preload)의 증가등이 있을 수 있다³¹⁾. 따라서 국소벽 전체반값폭이 국소벽 위상각에 비하여 경색의 위치평가에 좀더 정확한 지표임을 나타내고 있다.

결론적으로 RVG는 비침습적이며 심기능을 평가하는 다양한 지표를 구할 수 있는 유용한 검사법이고, 좌심실전체 위상분석에서도 특히 위상각의 표준편차나 전체반값폭이 예민한 심기능 평가지표이나, 국소벽 위상분석을 통하여 경색의 위치를 객관적으로 좀 더 정확히 평가 할 수 있었다.

RVG활동영상분석은 물론 관찰자의 경험이나 지식에따라 차이가 있고 객관성등에 문제가 있으나, 국소벽 운동평가에 있어서 예민도가 높고 정확하며, 동위원소의 체내표지정도 심실 분리정도등을 통하여 검사의 질을 평가할 수 있고, 심장의 모양이나 크기 좌심실 비후등을 쉽게 알 수 있어서 위상분석이 RVG활동영상분석을 대신할 수는 없겠다. 따라서 국소벽 위상분석과 RVG활동영상분석은 심근경색의 위치결정과 국소벽 운동장애평가에 유용하다.

요 약

연구배경 :

국소벽 운동평가를 통하여 심근경색의 위치, 범위, 깊이를 아는 것이 환자의 예후를 예상하는데 도움이 되고, 치료의 지침이 되므로 국소벽 운동평가가 필요하다. RVG를 이용한 국소벽 기능평가는 수축기말과 확장기말 화면에서 면적-길이 방법으로 분석하는 polar area reduction, 국소 심박출율(regional ejection fraction), RVG활동영상분석(cinematic display), 위상분석(phase analysis) 등이 시행되고 있으나, 앞의 두 방법은 좌전사위에서만 평가한다는 것과 활동영상 분석은 평가자의 경험에 따른 영향이 있고, 객관적 평가가 어렵다는 것이 문제일 수 있겠다. 따라서 본 연구자는 위상분석을 이용하여 전반적인 심기능은 물론이고 좌전사위, 전위, 좌측위의 세 방향 에서 좌심실을 7개의 국소벽으로 나누어 각 국소벽의 기능을 평가함으로써 심근경색의 위치를 객관화 할 수 있는 지를 알아 보고, 국소벽 운동평가에 있어서 RVG활동 영상분석의 정확도를 평가하였다.

방 법 :

심근경색증 환자의 좌심실 기능 평가를 위해 RVG를 시행하고, 이 검사를 통해 얻은 좌심실 구혈율, 전체심장과 좌심실전체의 위상분석을 이용하여 좌심실의 전반적인 기능평가는 물론이고 세 방향에서 좌심실을 7개의 국소벽으로 나누어 위상분석을 시행하여 심근경색의 위치를 객관화 하려고 하였다. 또한 RVG활동영상 분석결과를 국소벽 위상분석결과와 비교하여 활동영상분석의 객관성을 알아보았고, 본 연구에서 이용한 모든 지표의 민

감도를 평가하였다.

결 과 :

좌심실 조영술, 관상동맥 조영술, 심전도 소견을 종합하여 결정된 심근경색 부위에 따라 국소벽 위상분석결과를 비교하였고, 국소벽 위상각은 격벽, 심첨, 후벽, 하벽에서 해당 국소벽이 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우, 심근경색부위인 경우와 정상대조군사이에 유의한 차이가 있었으며, 침외벽에서는 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우사이에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 기저외벽과 전외벽에서 유의한 차이가 없는 이유는, 기저외벽은 심폐대혈관의 간섭에 의한 것으로 생각되고, 전외벽은 좌심실 조영술과 RVG에서 전외벽의 위치가 잘 일치하지 않는 것과 좌회선 동맥의 둔지(obtuse marginal branch)가 전외벽에 분포할 가능성등을 생각할 수 있겠다. 국소벽 전체반값폭은 모든 국소벽에서 심근경색부위인 경우와 심근경색부위가 아닌 경우, 심근경색부위인 경우와 정상대조군사이에 유의한 차이가 있었다. 따라서 국소벽 전체반값폭이 국소벽 위상각에 비하여 경색의 위치평가에 좀더 정확한 지표임을 나타낸다.

또한 RVG활동영상분석에서도 예민도 92.7%로 국소벽 전체반값폭보다는 민감도가 낮지만, 그 외의 위상분석지표 보다는 높았다. 또한 국소벽 위상분석과의 비교에서 국소벽 위상각은 정상군과 운동이상군, 정상군과 운동마비군, 정상군과 운동저하군, 운동이상군과 운동저하군, 운동이상군과 운동마비군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 국소벽 전체반값폭은 운동이상군과 정상군, 운동이상군과 운동저하군 사이에 유의한 차이가 있어서($p<0.05$), 두 방법이 연관성이 높았고 전체반값폭보다 위상각의 연관성이 더 높았다.

좌심실 구혈율이 70.1%로 가장 낮은 예민도를 보였으나 심근경색증군과 정상대조군사이에 유의한 차이를 보였다. 전체심장과 좌심실전체의 위상분석결과중 좌심실전체의 전체반값폭이 89.7%로 가장 높은 예민도를 보였으며, 위상각의 표준편차와 전체반값폭이 심근경색증군과 정상대조군사이에 통계적으로 유의한 차이($p<0.05$)를 보였으나, 위상각은 유의한 차이를 보이지 않았다. 국소벽 위상 분석에서도 전체반값폭이 96.9%의 가장 높은

예민도를 보여서 국소벽 위상분석의 필요성을 시사하고 있다.

결 론 :

RVG는 비침습적이어서 반복검사가 쉽고, 심기능 평가에 유용한 다양한 지표를 구할 수 있으며, 전체심장이나 좌심실전체 위상분석도 심근경색의 진단과 좌심기능 평가에 유용하나, 국소벽 위상분석을 통하여 심근경색의 위치를 좀 더 정확히 평가할 수 있었다. 또한 RVG활동영상분석도 정확하고 예민한 국소벽 운동평가방법임을 알았고, 동위원소의 체내표지 정도, 심실분리 정도등 검사의 질을 평가할 수 있으므로 꼭 필요하다.

References

- 1) Jones RH : Use of radionuclide measurement of left ventricular function for prognosis in patients with coronary artery disease. *Semin Nucl Med* 19 : 95, 1987
- 2) 최창운 · 이동수 · 김상은 · 정준기 · 이명철 · 박영배 · 서정돈 · 이명우 · 고창순 : 관상동맥질환에서 휴식기 심전도 게이트 혈액 풀 스캔을 이용한 각종 심기능 지표들의 평가 및 ROC 분석. 대한 핵의학지 26 : 40, 1992
- 3) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PS, Natarajan TK, Pitt B : A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* 28 : 575, 1971
- 4) Rocco TP, Dilsizian V, Fischman AS, Strauss HW : Evaluation of ventricular function in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* 30 : 1149, 1989
- 5) Adam WE, Tarkowska A, Biter F, Stanch M, Getters H : Equilibrium(gated) radionuclide ventriculography. *Cardiovascular Radiology* 2 : 161, 1979
- 6) Boudreau RJ, Loken MK : Functional imaging of the heart. *Semin Nucl Med* 17 : 28, 1987
- 7) Gerber K, Slutsky R, Tubau J, Ashburn W, Higgins CB : Quantitative phase analysis of exercise radionuclide ventriculography(RNV) in normals and patients with coronary artery disease(abst). *Am J Cardiol* 49 : 1044, 1982
- 8) Ratib O, Henze E, Schon H, Schelbert HR : Phase analysis of radionuclide ventriculogram for the detection of coronary artery disease. *Am Heart J* 104 : 1, 1982
- 9) 이강욱 · 정준기 · 오병희 · 박영배 · 이명철 · 이명

- 우 · 고창순 : 관상동맥질환 환자에서 방사성 동위원소 위상분석에 의한 심근 국소운동평가. 대한핵의학회지 2 : 167, 1987
- 10) Walton S, Yiannikas J, Jarritt PH, Brown NJG, Swanton RH, Eil PJ : *Phasic abnormalities of left ventricular emptying in coronary artery disease. Br Heart J* 46 : 245, 1981
- 11) Jackson PC, Fraser JR, Wotinski AP, Wilde RPH : *The potential of phase and amplitude images in determining the boundary of the left ventricle. Phys Med Biol* 29(11) : 1377, 1984
- 12) Machac J, Horowitz SF, Broder D, Goldsmith SJ : *Accuracy and precision of regional multiharmonic Fourier analysis of gated blood-pool image. J Nucl Med* 25 : 1294, 1984
- 13) Norris SL, Slutsky RA, Gerber KH : *Sensitivity and specificity of nuclear phase analysis versus ejection fraction in coronary artery disease. Am J Cardiol* 53 : 1547, 1984
- 14) Steckley RA, Kronenberg MW, Born ML, Rhear TC, Bateman SE, Rollo FD, Friesinger GC : *Ventriculography : evaluation of automated and visual methods for regional wall motion analysis. Rad* 142 : 179, 1982
- 15) 김현승 · 오제열 · 권혁문 · 장양수 : 심근경색증에서 위상장애 평가의 의의. 순환기 22 : 607, 1992
- 16) Okada RD, Pohost GM, Nichols AB : *Left ventricular regional wall motion assessment by multigated and end-diastolic, end-systolic gated radionuclide left ventriculography. Am J Cardiol* 45 : 1211, 1980
- 17) Pavel DG, Briandet PA : *Quo vadis phase analysis ? Clin Nucl Med* 8 : 564, 1983
- 18) Becker LC, Editorial : *Radionuclide ventriculography : should fourier analysis replace the cine display ? J Nucl Med* 32 : 782, 1991
- 19) Pavel DG, Byrom E, Lam W, Meyer-Pavel C, Swiryn S, Pietras R : *Detection and quantification of regional wall motion abnormalities using phase analysis of equilibrium gated cardiac studies. Clin Nucl Med* 8 : 315, 1983
- 20) Kelly MJ, Giles RW, Simon TR : *Multigated equilibrium radionuclide angiocardigraphy : improved detection of left ventricular wall motion abnormalities and aneurysms by the addition of the left lateral view. Rad* 139 : 167, 1981
- 21) Freeman MR, Berman DS, Stanioff HM : *Improved assessment of inferior segmental wall motion by the addition of a 70-degree left anterior oblique view in multiple-gated equilibrium scintigraphy. Am Heart J* 101 : 169, 1981
- 22) Henze E, Tymiec A, Delagardelle C, Adam WE, Bitter F, Stauch M : *Specification of regional wall motion abnormalities by phase analysis of radionuclide angiograms in coronary artery disease and non-coronary artery disease patients. J Nucl Med* 27 : 781, 1986
- 23) Akins EW, Brateman LF, Mieting SW, Franco EA, Williams CM : *Improved detection of healed myocardial infarction by Fourier amplitude and phase imaging in two projections : validation with MRI. Radiographics* 9 : 323, 1989
- 24) Brateman LF, Buckley K, Keim SG, Warqovich TS, William CM : *Left ventricular regional wall motion assessment by radionuclide ventriculography. A comparison of cine display with Fourier imaging. Semin Nucl Med* 32 : 777, 1991
- 25) Starling MR, Walsh RA, Lasher JC, Lancaster JL, Blumhardt R : *Quantification of left-ventricular regional dyssynergy by radionuclide angiography. J Nucl Med* 28 : 1725, 1987
- 26) Berman DS, Salel AF, DeNardo GL, Bogren HG, Mason DT : *Clinical assessment of left ventricular regional contraction patterns and ejection fraction by high-resolution gated scintigraphy. J Nucl Med* 16 : 865, 1975
- 27) Janowitz W : *Rest-exercise equilibrium blood pool imaging. Proceedings of the 20th Annual Meeting, Society of Nuclear Medicine, Southeastern Chapter, 1979, pp8-10*
- 28) Turner DA, Shima MA, Ruqqie N, Behren PLV, Jarosky MJ, Ali A, Groch MW, Messer JV, Fordham EW : *Coronary artery disease : Detection by phase analysis of rest exercise radionuclide angiocardiograms. Rad* 148 : 539, 1983
- 29) Kronenberg MW, Born ML, Smith CW : *Comparison of radionuclide and contrast ventriculography for detection and quantitation of regions of myocardial ischemia in dogs. J Clin Invest* 67 : 1370, 1981
- 30) Doss JK, Hillis LD, Curry G : *A new model for the assessment of regional ventricular wall motion. Rad* 143 : 763, 1982
- 31) 고창순 · 정준기 · 박선양 · 이명철 · 조보연 · 이명우 : 급성 심근경색증에서 gated blood pool scan을 이용한 부위별 좌심실 심박출계수 측정에 관한 연구. 대한내과학회잡지 25 : 1199, 1982