

경피적 관동맥 풍선성형술후 급성 탄성반도(Acute Elastic Recoil)에 관한 고찰*

연세대학교 원주의과대학 내과학교실

송광선 · 이용규 · 여경구 · 조윤경 · 윤정한 · 박금수 · 최경훈

= Abstract =

The Factors to Influence on Immediate Elastic Recoil after Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty

Kwang Seon Song, M.D., Yong Gyu Lee, M.D., Kyoung Gu Yoh, M.D.,
Yun Kyung Cho, M.D., Jung Han Yoon, M.D.,
Keum Soo Park, M.D., Kyung Hoon Choe, M.D.

Department of Internal Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Korea

Background : Elastic recoil contributes to the residual lumen reduction immediately after PTCA. We evaluated the factors to influence on immediate elastic recoil after the successful PTCA.

Methods : 88 patients(96 lesions) were studied by quantitative angiography. Angiograms were obtained in two identical near orthogonal projection before PTCA and immediately after the last balloon deflation.

Results : Immediately after PTCA, minimal luminal diameter increased from 0.7 ± 0.6 mm to 1.9 ± 0.6 mm and percent diameter stenosis was reduced from 77 ± 20 to 34 ± 21 %. The calculated mean elastic recoil was 0.5 ± 0.7 mm in diameter and % elastic recoils were lesser both in calcified(3 ± 23 vs 23 ± 24 %, $p=0.04$) and thrombotic(9 ± 20 vs 23 ± 35 %, $p=0.02$) lesions. The elastic recoil increased significantly according to the inflation diameter of balloon($r=0.32$, $p<0.01$). No significant correlation between the immediate elastic recoil and age, sex, risk factors, eccentricity and lesion length was shown.

Conclusion : The elastic recoil immediately after a successful PTCA was dependent on the existence of calcium and thrombus on the target lesion and on the balloon size at the maximal inflation.

KEY WORDS : Acute elastic recoil · Stretch · Gain · Percutaneous transluminal coronary angioplasty.

*본 연구의 요지는 1993년도 대한순환기학회 추계학술대회에서 발표되었음.

서론

Gruentzig 이후 풍선성형술(이하 PTCA로 약함)의 성공적인 결과들로 관동맥질환의 치료에 많은 발전을 이루었다. 그러나 PTCA 직후의 급성 탄성반도(acute elastic recoil)는 PTCA의 결과에 중요한 영향을 미침으로써 그 치료효과를 감소시킨다. Jain등¹⁾은 PTCA시행중의 풍선압력과 관동맥 내경 확장과의 관계를 연구하면서 관동맥의 탄성수축을 보고 하였다. 풍선 확장시에 프라그는 파열, 분리 그리고 압축되고 관동맥 벽은 확장 또는 박리된다^{2,3)}. 관동맥은 자체의 탄성(elastic property)으로 PTCA후에 급성 탄성반도가 발생하며 풍선에 의한 확장정도가 클수록 급성 탄성반도는 커지며, 일부에서 확장정도가 관동맥의 탄성한계를 넘어설 경우 급성 탄성반도는 오히려 감소된다⁴⁾. 급성 탄성반도에 영향을 미치는 요인으로 혈관수축(vasoconstriction), 내막하 부종(subintimal edema) 등이 알려져 있다^{3,5)}.

이에 저자들은 본원에 내원하여 PTCA를 시행받은 환자들을 대상으로 PTCA후 동반되는 급성 탄성반도와 환자의 임상상, 병변의 특성 그리고 풍선확장 방법과의 관계를 알아보고자 다음과 같은 연구하였다.

연구 대상 및 방법

연구대상은 1991년 1월부터 1993년 9월까지 본원에 내원하여 PTCA를 시행받은 88예(남자 63예, 여자 25예)의 환자를 대상으로 하였으며 이들의 평균연령은 56세(29~77세)였다. PTCA 시도가 실패한 경우와 PTCA시행 직후 관동맥 내경이 완전 폐쇄된 경우는 제외하였다. 환자들의 질병력과 흡연 여부를 파악하였으며 혈중 콜레스테롤 등을 측정하였다.

연구방법은 관동맥 질환이 의심되는 환자들을 대상으로, Cineangiography Unit(Philips optimus M 200)를 이용하여 PTCA 시행전에 관동맥 조영술을 시행하였으며, 이때 입체적인 병변의 오차를 줄이기 위하여 두 방향 이상의 각도에서 관찰하여 최소

병변내경을 측정하였고, 칼슘침착, 편축도(eccentricity), 혈전 그리고 분지(bifurcation) 등 병변의 특성을 관찰하였으며, 최소병변내경과 정상(기준)혈관의 내경을 측정한 뒤 카테터의 직경과 비교하여 실제 혈관의 내경을 계산하였다. PTCA 시행중 풍선의 직경을 카테터의 직경과 비교하여 실제 풍선확장직경(balloon inflation diameter)를 계산하였다. PTCA 후에도 같은 방법으로, PTCA전 측정시와 같은 각도에서 최소 병변내경과 정상혈관의 내경을 계산한 후 이들로써 확장(stretch), 급성 탄성반도, 이득(gain)을 계산하였다(Fig. 1).

PTCA의 방법은 고식적인 방법으로 시행하였으며, 풍선확장 시간, 풍선내 압력, 사용하는 풍선의 종류 등 풍선확장시 시술방법은 병변의 형태와 환자의 임상상에 따라 시술자의 판단에 따라 결정하였다. 관동맥 질환에 대한 투약은 PTCA시행 일까지 계속하였으며, PTCA 시행전에 10,000unit의 헤파린을 사용하였다. PTCA 시행전후에 nitroglycerine(200ug)을 정주하였다. 병변 및 혈관 내경의 측정 방법은 관동맥조영사진상에서 수작업에 의한 혈관 가장자리를 탐지하는 방법으로 하였다. 병변의 석회화는 관동맥조영술상에서 확인하였고, 병변의 편축도는 협착이 심한 측벽이 심하지 않은 측벽의 50% 이상 차이를 보일 때로 하였으며, 굴곡성은 40도 이상의 측만이 있을 때로 하였다.

통계처리는 SPSS/PC⁺를 이용하여, 각 변수간의 상관관계는 simple correlation를, 병변의 특성에 따른 급성 탄성반도의 비교는 student's t-test를 이용하였고 급성 탄성반도에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위해 ANOVA와 회귀분석을 시행하였다. 유의도는 0.05 이하로 하였다.

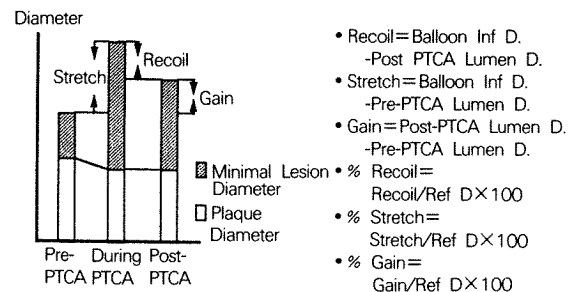


Fig. 1. Definition of each parameters.

결 과

1. 임상상 및 병변의 특성

질병별로는 급성 심근경색증 환자가 49예, 불안정성 협심증 환자가 30예, 안정성 협심증 환자가 9예였고, 이중 당뇨병 환자 5예, 고혈압 환자 25예, 흡연자 56예 였다. 한개 병소에 PTCA를 시행한 예가 80예, 두개 병소가 2예, 재 PTCA를 시행한 예가 6예로 모두 96병소에서 시행하였다. 이중 좌전하행동맥(이하 LAD로 약함)이 50병소(52%), 좌회선동맥(이하 LCX로 약함)이 22병소(23%), 우관동맥(이하 RCA로 약함)이 24병소(25%) 였다. 병변내 칼슘침착이 보인 경우가 14병소(15%), 혈전이 보인 경우가 20병소(21%), 편축성이 있던 경우가 40병소(42%), 분지가 있던 경우가 24병소(25%), 굴곡성이 있던 경우가 19병소(20%) 그리고 미만성(diffuse) 병변을 보인 경우가 29병소(30%) 이었다(Table 1).

2. PTCA 전후의 관동맥 내경의 변화

PTCA 시행전 기준동맥 내경은 $2.8 \pm 0.5\text{mm}$, 최소 병변내경은 $0.7 \pm 0.6\text{mm}$ 으로 $77 \pm 20\%$ 의 관동맥 협착이 있었다. 풍선확장중 관동맥조영술상에서의 풍선의 직경은 $2.3 \pm 0.5\text{mm}$ 로 기준동맥의 $83 \pm 16\%$ 였다. PTCA 시행후 기준동맥 내경은 $2.7 \pm 0.6\text{mm}$ 로 시행전과 차이는 없었으며, 병변내경은 $1.9 \pm 0.6\text{mm}$ 로 $34 \pm 21\%$ 의 잔류협착이 있었다. 확장(stretch)은 $1.6 \pm 0.7\text{mm}$, %확장(%stretch)은 59% 였고, 급성 탄성반도는 $0.5 \pm 0.7\text{mm}$, %급성 탄성반도(% recoil)는 $24 \pm 21\%$ 였으며, 이득(gain)은 $1.2 \pm 0.8\text{mm}$, %이득(%gain)은 $42 \pm 27\%$ 였다(Table 2).

3. 특성에 따른 급성탄성반도의 차이

급성탄성반도의 정도는 환자의 연령, 성별, 당뇨병 및 흡연 유무 그리고 혈중 콜레스테롤치 등에 따른 차이는 없었으며(Table 3), 병변의 위치에 따른 차이도 보이지 않았다(LAD $23 \pm 36\%$, LCX $12 \pm 20\%$, RCA $20 \pm 36\%$, $p=\text{ns}$). 칼슘침착이 있는 군에서 %recoil이 $3 \pm 23\%$, 없는 군에서 $23 \pm 24\%$ 로 유의한 차이가 있었으며($p=0.04$), 혈전이 있는 군에서 $9 \pm 20\%$, 없는 군에서 $23 \pm 35\%$ 로 있는 군에서 유의하게 급성 탄성반도가 적었다($p=0.02$).

Table 1. Locations and characteristics of PTCA lesions

Location/Characteristics	Lesion
LAD	50(52%)
LCX	22(23%)
RCA	24(25%)
Eccentricity	40(42%)
Calcification	14(15%)
Bifurcation	24(25%)
Thrombus	20(21%)

*LAD=left anterior descending artery ; LCX=left circumflex artery ; RCA=right coronary artery

Table 2. Quantitative analysis of 96 PTCA lesions and inflated balloon diameter

	Length(mm)	Length/Ref.D(%)
Reference D.	2.8 ± 0.5	
Inflated balloon D.	2.3 ± 0.5	83 ± 16
Pre-lumen D.	0.7 ± 0.6	77 ± 20
Post-lumen D.	1.9 ± 0.6	34 ± 21
Acute recoil	0.5 ± 0.7	24 ± 21
Acute stretch	1.6 ± 0.7	59 ± 25
Acute gain	1.2 ± 0.8	42 ± 27

*Ref. D=reference diameter ; D=diameter

Table 3. Comparison of acute elastic recoil between groups with and without clinical characteristics

	% Acute recoil (%) [*]		P
Age(<50 vs ≥ 50 years)	31 ± 22	16 ± 25	NS
Sex(male vs female)	19 ± 21	25 ± 37	NS
Total Cholesterol(<200 vs ≥ 200 mg/dl)	19 ± 28	23 ± 34	NS
Smoking(yes vs no)	17 ± 34	26 ± 36	NS
Diabetes Mellitus(yes vs no)	29 ± 23	17 ± 35	NS

* % Acute Recoil=acute recoil diameter/reference diameter $\times 100$

* NS=not significant

그의 편축성($20 \pm 24\%$ vs $23 \pm 41\%$), 굴곡성($23 \pm 28\%$ vs $19 \pm 34\%$), 분지 여부($29 \pm 50\%$ vs $17 \pm 25\%$), 병변의 길이($14 \pm 21\%$ vs $23 \pm 37\%$) 등에서는 급성 탄성반도의 차이가 없었다(Table 4).

4. 급성 탄성반도의 확장, 이득 및 풍선확장방법과의 관계

급성 탄성반도와 확장과는 상관계수 0.24로 유의한 양의 관계를 보여 확장이 증가할수록 급성 탄성반도가 증가하였다(Fig. 2). 또한 이득과는 상관계수 -0.53 으로 유의한 음의 관계를 보여 급성 탄성반도가 증가할수록 이득은 감소하였다(Fig. 3). 풍선확장 직경/기준관동맥 내경의 비는 $83 \pm 16\%$

로, 80% 이하인 경우는 급성 탄성반도가 $12 \pm 14\%$, 80% 이상인 경우는 $26 \pm 21\%$ 으로 유의한 차이가 있었으며($p=0.004$), 실제 풍선확장의 직경이 증가할수록 상관계수 $r=0.32$ 로 급성 탄성반도는 증가하였다(Fig. 4). PTCA 시행중 풍선확장 압력은 평균 6.9 mmHg였으며, 시간은 3분 54초, 횡수는 2.4회로 이들에 따른 급성 탄성반도와와의 상관관계는 보이지 않았다(Table 5).

고 안

풍선성형술 직후에 나타나는 관동맥 내경의 변화는 물리적 변화인 프라그의 파열과 압축(compress), 내막 균열(intimal tears)과 박리에 따라 영향을 받으며, 풍선확장시 병변 전후에 있는 정상 혈관의 확장정도에 따라 영향을 받는다^{6,7}. 정상적으로 혈관에 존재하는 탄성 때문에 풍선 확장후에 수축이 나타나며, 그 정도는 확장의 정도나 병변 특성 등에 의해 영향을 받는다.

본 연구에서 관동맥 조영촬영상 병변의 내경 측정은 수작업으로 관동맥 가장자리를 탐지하는 방법으로 하였다. 관동맥의 조영술후 병변의 측정시 측정자간에 오차가 많아 그 오차를 줄이기 위한 노력이 계속되고 있으며 최근에는 측정의 정확성을

Table 4. Comparison of acute elastic recoil between groups with and without characteristics of lesion

	% Acute Recoil (%) [*]		P
	Present	Absent	
Calcification	3 ± 23	23 ± 24	0.04
Eccentricity	20 ± 24	23 ± 41	NS
Thrombus	9 ± 20	23 ± 35	0.02
Diffuse	14 ± 21	23 ± 37	NS
Bending	23 ± 28	19 ± 34	NS

^{*} % Acute Recoil = acute recoil diameter/reference diameter $\times 100$

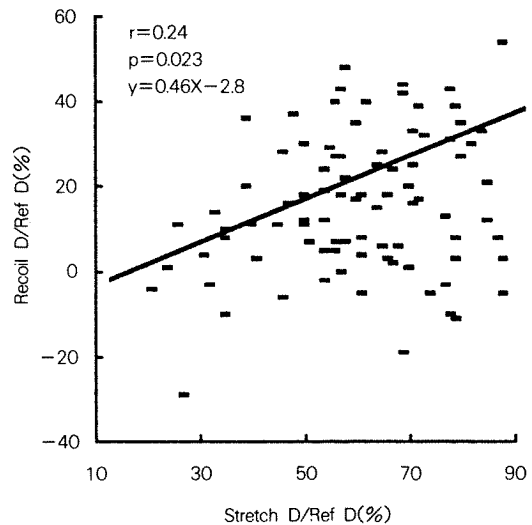
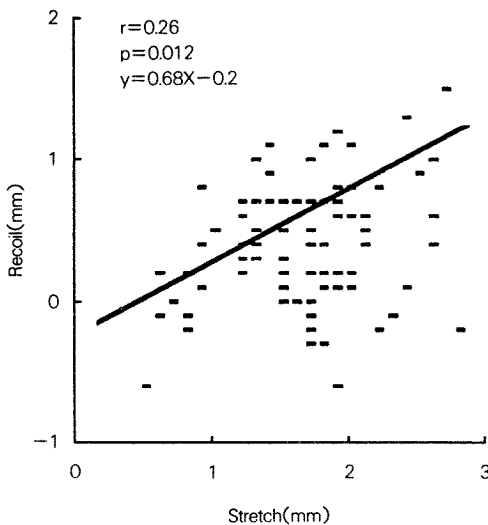


Fig. 2. Correlation between vessel stretching diameter and resulting elastic recoil diameter in percutaneous transluminal coronary angioplasty(left panel), and the same relation with correction of stretch and recoil for reference diameter(right panel).

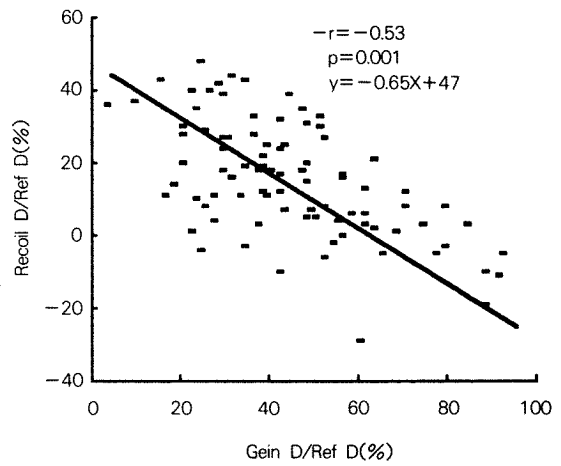
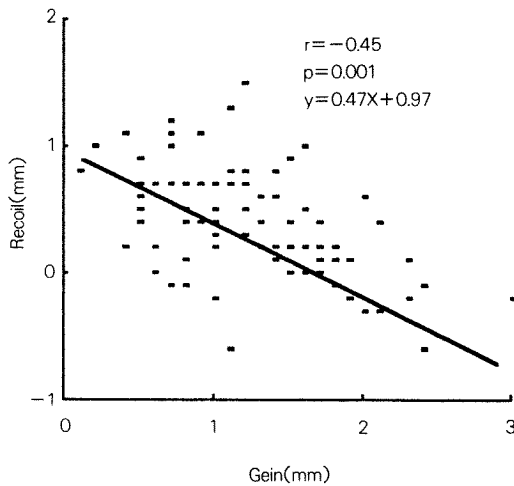


Fig. 3. Correlation between luminal gain diameter and resulting elastic recoil diameter in percutaneous transluminal coronary angioplasty(left panel), and the same relation with correction of gain and recoil for reference diameter(right panel).

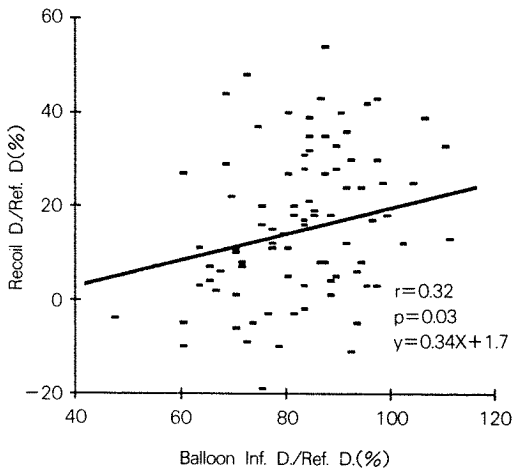


Fig. 4. Relation between balloon inflation diameter and resulting elastic recoil diameter, both corrected for reference diameter(Ref. D).

위하여 CAAS(computer-based coronary angiography analysis system)을 사용하고 있고, 측정자간의 오차를 줄일 수 있는 densitometry의 유용성 등이 보고된 바있다⁸⁻¹⁵⁾. 그러나 Langer등¹¹⁾은 CAAS와 수작업에 의한 측정방법 사이에 큰 차이는 없다고 보고하였다.

급성탄성반도의 정도를 측정한 Haude등¹²⁾은 기준동맥 내경의 31%, 면적의 48%가 급성 탄성반도에 의해 감소하였다 보고하였으며 지금까지의

Table 5. Relationship between acute elastic recoil and balloon inflation procedures

Balloonning	Mean Value	Acute Recoil	
		r	p
Inflation Pressure(mmHg)	6.9 ± 5.7	-0.11	NS
Inflation Time(sec)	234 ± 146	0.11	NS
Inflation Number(no.)	2.4 ± 0.9	0.12	NS

몇몇 보고를 종합하면 면적의 약 50%가 급성탄성반도에 의한 감소로 인식되고 있다^{10,13)}. 본 연구에서의 급성 탄성반도는 기준동맥 내경의 24%로 다른 연구결과와 비교하여 적는데 이는 풍선선택시 기준동맥내경의 크기와 같은 직경의 풍선을 선택하여 풍선확장직경이 기준동맥 내경의 83%로 다른 연구에서의 96%보다 적은 것이 그 원인으로 생각된다¹²⁾.

PTCA 직후의 급성 탄성반도에 영향을 미치는 요인으로, Kimball등¹⁴⁾은 풍선확장직경/정상관동맥 내경의 비가 클수록, 병변의 길이가 길수록 그리고 편축성이 있을 때 급성 탄성반도가 크다고 하였으며, Hanet등¹⁵⁾은 병변의 편축성과 풍선확장의 정도, Haude등¹²⁾과 Hermans등⁸⁾은 풍선 크기가 클수록, 편축성이 있을수록, 석회화가 없을수록 그리고 프라그가 적을수록, Rensing등⁹⁾은 각(angulation)이 적은 병변일때 급성탄성반도가 크다고 하였다. 지금까지의 연구결과에 의하면 몇몇 요인은

보고자들 사이에 이견이 있으나, 가장 중요한 요인은 풍선확장의 정도로 기준동맥의 크기를 초과할수록 급성 탄성반도는 커진다는데 의견의 일치를 보고있다^{8,10,11-17}). 풍선확장시 프라그의 파열과 압축 등 물리적 변화를 초래하는 정도 이상의 확장력은 동맥벽의 중막과 외막에 의해 흡수되며 이 흡수된 과도한 확장은 혈관 자체의 탄성 때문에 급성 탄성반도를 초래한다.

편측성인 병변에서 PTCA시행시 죽상경화성 병변이 있는 부위의 동맥벽에 비해 병변이 없는 부위의 동맥벽이 비대칭적으로 과도한 확장을 하게 되고 따라서 급성 탄성반도는 더 커진다고 한다^{10,18}). 본 연구에서는 병변의 편측성에 따른 급성 탄성반도의 정도에 차이가 없었는데 이는 다른 연구와 비교하여 기준동맥에 대한 풍선확장직경의 정도가 적어 정상 동맥벽의 과도한 확장을 적게 일으켜 차이를 보이지 않은 것으로 생각되며 이런 점으로 미루어 풍선확장의 정도가 제일 중요한 요인으로 생각된다. 병변의 석회화 여부와 급성 탄성반도와 관계에 대하여 보고자에 따라 의견을 달리하고 있으나¹⁰), 석회화가 있는 병변은 풍선확장이 작을 뿐 아니라 병변의 경화성 때문에 급성 탄성반도도 작을 것으로 예상된다¹²). 본 연구에서도 석회화가 관찰된 병변에서 석회화가 보이지 않았던 병변에 비하여 풍선확장이 적었으며 %급성탄성반도도 3%로 적었다. 관동맥의 석회화를 정확히 관찰하기 위하여는 혈관내 초음파검사가 필수적인 것으로 인식되고 있으며¹⁹) 향후 혈관내 초음파검사를 이용하여 급성탄성반도와 이에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

병변내 혈전은 혈소판의 침착과 트롬빈의 활성화 그리고 성장인자들의 유발 등으로 재협착에 관여한다고 알려져 있으나²⁰) 급성 탄성반도와 관련성 여부는 알려져 있지 않다. 병변내 혈전이 있으면 혈관조영술상 정확한 혈관의 내경을 측정할 수 없어 급성 탄성반도를 측정시 위양성 요소로 작용할 수 있어 혈전이 있는 병소에서의 급성 탄성반도는 정확히 파악하기 어렵다.

관동맥 부위에 따른 급성탄성반도의 차이를 조사한 Rensing등⁸)은 좌전하행동맥에서 급성 탄성반도가 가장 컸다고 하였으나, 본 연구 결과는 좌전하행동맥에서 급성 탄성반도가 다른 부위에 비

하여 컸으나 통계적 의의는 없었다. 아직 관동맥 부위별 급성탄성반도의 차이에 대하여 아직 잘 알려져 있지 않으며, 동맥중막의 양등 조직학적 차이와 관계가 있는 지는 계속 연구해야 할 것이다.

PTCA후 약 20~40%에서 발생하는 재협착은 혈관확장후에 유발되는 성장인자들에 의한 내막증식과 혈관근육세포의 증식, 그리고 혈류의 변화(flow-shear stress) 등이 중요요인으로 알려져 있다^{20,21}). 이와같은 세포의 증식은 탄성반도를 강화시켜 재협착의 원인중 하나가 된다. 재협착에 관여하는 위험인자로서 Liu등²²)은 확장과 이득이 관여한다고 보고하였으며 이들이 클수록 tensile stress에 의한 탄성반도가 커져 재협착이 심하게 발생되는데 반하여, 일시적인 급성 탄성반도는 크게 영향을 주지 않고 한다²³). 그것은 재협착의 중요한 요인인 내막증식이나 성장인자 등과 관련된 혈관근육세포의 증식과 탄성이 혈관벽의 손상을 유발하는 확장과 밀접하기 때문인 것으로 생각된다^{24,25}).

결론적으로, PTCA후의 결과에 중요한 영향을 미치는 급성 탄성반도는 풍선확장직경/기준 관동맥내경 비에 크게 영향을 받으며 그외 병변의 편측성과 칼슘 침착에 영향을 받는다. 앞으로 급성 탄성반도와 관동맥 재협착과의 관계에 대한 추가 연구와 혈관내 초음파 검사를 이용한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경 :

관동맥 자체의 탄성으로 인하여 풍선에 의한 확장 정도가 클수록 급성 탄성반도가 클 것으로 예상되며, 이러한 PTCA 직후의 급성 탄성반도는 PTCA의 결과에 중요한 영향을 미친다. 이에 PTCA 후 나타나는 급성 탄성반도에 영향을 미치는 요인을 알아보고자 하였다.

방 법 :

1991년 1월부터 1993년 9월까지 본원에 내원하여 성공적으로 PTCA를 시행받은 88예(96병소)를 대상으로 하였다. 급성 탄성반도를 평가하기 위하여 PTCA 직전, 풍선 확장중 및 시술 직후 관동맥 조영술을 시행하여 병변부위의 내경을 측정하고, 관동맥 질환의 위험인자 및 병변 부위의 특성과 비교

분석하였다.

결 과 :

1) 대상 환자는 88예로 남자 63명, 여자 25명이었으며, 평균연령은 56세(29~77세)였다.

2) 병변 부위는 좌전하행동맥 50예(52%), 좌회선동맥 22예(23%), 우관동맥 24예(25%)였다.

3) 시술전 관동맥 기준 내경은 $2.8 \pm 0.5\text{mm}$, 병변부위 최소내경은 $0.7 \pm 0.6\text{mm}$ 로 내경협착은 $77 \pm 20\%$ 였고, 시술후 잔류내경협착은 $34 \pm 21\%$ 였다.

4) 급성 탄성반도는 $0.5 \pm 0.7\text{mm}$ 였으며, 관동맥의 기준내경에 대한 비율은 $24 \pm 21\%$ 였다.

5) 급성 탄성반도는 병소에 칼슘이 있었던 군($p=0.005$)에서 적었으며, 확장, 이득, 풍선확장직경 및 풍선확장직경/기준관동맥내경 비와 유의한 상관관계가 있었다($p<0.001$).

6) 급성 탄성반도와 성별, 연령, 병변의 편측성, 병변의 길이, 풍선확장 방법 등과는 상관관계가 없었다.

결 론 :

PTCA후의 급성 탄성반도는 평균 24%였으며, 풍선확장직경/기준 관동맥내경 비에 크게 영향을 받으며 병변의 편측성과 칼슘침착에 영향을 받는다.

References

- 1) Jain A, Demer LL, Raizner AE, Hartley CJ, Lewis JM and Roberts R : *In vivo assesment of vascular dilatation during percutaneous transluminal coronary angioplasty*. *Am J Cardiol* 60 : 988, 1985
- 2) Kohchi K, Takebayashi S, Block PC, Hiroki T and Nobuyoshi M : *Arterial changes after percutaneous transluminal coronary angioplasty : Results at autopsy*. *J Am Coll Cardiol* 10 : 592, 1987
- 3) Block PC, Myler RK, Stertz S and Fallon JT : *Morphology after transluminal angioplasty in human beings*. *N Engl J Med* 305 : 382, 1981
- 4) Castaneda-zuniga WR, Laerum F, Rysavy J, Rusnak B and Amplatz K : *Paralysis of arteries by intraluminal balloon dilation*. *Radiology* 144 : 75, 1982
- 5) Fishell TA, Derby G, Tse TM and Stadius ML : *Coronary artery vaso-constriction routinely occurs after percutaneous transluminal coronary angioplasty*. *Circulation* 78 : 1323, 1988

- 6) Uchida Y, Hasegawa K, Kawamura K and Shibuya I : *Angioscopic observation of the coronary luminal changes induced by percutaneous transluminal coronary angioplasty*. *Am Heart J* 117 : 769, 1989
- 7) Waller BF : *Crackers, breakers, stretchers, drillers, scrapers, shavers, burners, welders and melters - the future treatment of athero - sclerotic coronary artery disease ? : A clinical-morphologic assesment*. *J Am Coll Cardiol* 13 : 969, 1989
- 8) Hermans WR, Rensing BJ, Strauss BH and Serruys PW : *Methodological problems related to the quantitative assessment of stretch, acute recoil, and balloon-artery ratio*. *Cathet Cardiovasc Diagn* 25 : 174, 1992
- 9) Rensing BJ, Hermans WR, Strauss BH and Serruys PW : *Regional differences in acute recoil after percutaneous transluminal coronary angioplasty : A quantitative angiographic study*. *J Am Coll Cardiol* 17 : 34B, 1991
- 10) Rensing BJ, Hermans WR, Beatt KJ, Laarman GJ, Suryapranata H, Brand M, Feyter PJ and Serruys PW : *Quantitative angiographic assessment of acute recoil after percutaneous transluminal coronary angioplasty*. *Am J Cardiol* 66 : 1039, 1990
- 11) Langer A and Wilson RF : *Comparison of manual versus automated edge detection for determining degrees of luminal narrowing by quantitative coronary angiography*. *Am J Cardiol* 67 : 885, 1991
- 12) Haude M, Erbel R, Issa H and Meyer J : *Quantitative analysis of acute recoil after balloon angioplasty and after intracoronary implantation of balloon-expandable palmaz-schatz stents*. *J Am Coll Cardiol* 21 : 26, 1993
- 13) Sanders M : *Angiographic changes thirty minutes following percutaneous transluminal coronary angioplasty*. *Angiology* 419, 1985
- 14) Kimball BP, Bui S, Cohen EA, Carere RG and Adelman AG : *Comparison of acute acute recoil after directional coronary atherectomy versus standard balloon angioplasty*. *Am Heart J* 124 : 1459, 1992
- 15) Hanet C, Wijins W, Michel X and Schroeder E : *Influence of balloon size and stenosis morphology on immediate and delayed acute recoil after percutaneous transluminal coronary angioplasty*. *J Am Coll Cardiol* 18 : 506, 1991
- 16) Serruys PW, Reiber JH, Wijins W, Brand M, Kooi-

- jman CJ, Katen HJ and Hugenholtz PG : Assessment of percutaneous transluminal coronary angioplasty by quantitative coronary angiography : Diameter versus densitometric area measurements. *Am J Cardiol* 54 : 482, 1984
- 17) Monsen RE, Ambrose JA, Borricco S, Cohen M, Sherman W, Alexopoulos D, Gorlin R and Fuster V : Angiographic patterns of balloon inflation during percutaneous transluminal coronary angioplasty : Role of pressure-diameter curves in studying distensibility and acuteness of the stenotic lesion and the mechanism of dilation. *J Am Coll Cardiol* 16 : 569, 1990
 - 18) Waller BF : Coronary luminal shape and the arc of disease-free wall : Morphologic observation and clinical relevance. *J Am Coll Cardiol* 6 : 1100, 1985
 - 19) Werner GS, Sold G, Buchwald A, Kreuzer H and Wiegand V : Intravascular ultrasound imaging of human coronary arteries after percutaneous transluminal angioplasty : Morphologic and quantitative assessment. *Am Heart J* 122 : 212, 1991
 - 20) Rensing BJ, Hermans WR, Voss J, Beatt KJ, Bosuyt P, Rutsch W and Serruys PW : Angiographic risk factors of luminal narrowing after coronary balloon angioplasty using balloon measurements to reflect stretch and acute recoil at the dilatation site. *Am J Cardiol* 69 : 584, 1992
 - 21) Nobuyoshi M, Kimura T, Ohishi H, Horiuchi H, Nosaka H, Hamasaki N, Yokoi H and Koutaku K : Restenosis after percutaneous transluminal coronary angioplasty : Pathologic observations in 20 patients. *J Am Coll Cardiol* 17 : 433, 1991
 - 22) Liu MW, Roubin GS and King SB III : Restenosis after coronary angioplasty. Potential biologic determinants and role of intimal hyperplasia. *Circulation* 79 : 1374, 1989
 - 23) Arora RR, Konrad K, Badhwar K and Hollman J : Restenosis after transluminal coronary angioplasty : A risk factor analysis. *Cathet Cardiovasc Diagn* 19 : 17, 1990
 - 24) Fischell TA, Grant G and Johnson DE : Determinants of smooth muscle injury during balloon angioplasty. *Circulation* 82 : 2170, 1990
 - 25) Sarembock IJ, LaVeau PJ, Sigal SL, Timms I, Susman J, Haudenschild C and Ezekowitz MD : Influence of inflation pressure and balloon size on the development of intimal hyperplasia after balloon angioplasty. A study in the atherosclerotic rabbit. *Circulation* 80 : 1029, 1989