

관상동맥조영상 정상인 관상동맥의 각 부위별 관상동맥 혈류역학의 특징

아주대학교 의과대학 순환기내과학교실

탁승제 · 김 원 · 심경송 · 신준한 · 김한수 · 최병일

= Abstract =

Regional Differences of Coronary Blood Flow Dynamics in Angiographically Normal Coronary Artery

Seung-Jea Tahk, M.D., Won Kim, M.D., Jing-Song Shen, M.D.,
Joon-Han Shin, M.D., Han-Soo Kim, M.D., Byung-il W. Choi, M.D.

Department of Cardiology, College of Medicine, Ajou University, Suwon, Korea

Background : The characterization of normal coronary blood flow dynamics should provide crucial guidelines for the accurate functional assessment of diseased coronary artery. However, the regional characteristics of coronary blood flow dynamics in normal human coronary artery have not been fully evaluated.

Methods : We performed proximal and distal segment velocity measurement of angiographically normal left anterior descending(LAD) and right coronary artery(RCA) in 25 patients(14 males, 12 females, age 50 ± 10 years) with atypical chest pain. Spectral flow velocity parameters including average peak velocity(APV), average diastolic peak velocity(ADPV), average systolic peak velocity(ASPV), and diastolic-to-systolic velocity ratio(DSVR) were measured using 0.014 inch 15MHz Doppler wire at baseline and intracoronary adenosine-induced maximal hyperemic state. Coronary flow reserve(CFR) was calculated from the ratio of hyperemia to baseline APV.

Results : *Comparison between LAD with RCA.* LAD showed significantly higher APV than RCA at baseline(proximal : 18 ± 6 cm/s vs 14 ± 4 cm/s, $p < .005$, and distal : 17 ± 6 cm/s vs 12 ± 4 cm/s, $p < .005$). LAD showed significantly higher ADPV and lower ASPV than RCA, therefore significantly higher DSVR than RCA. CFR was significantly lower in LAD than in RCA(proximal : 3.1 ± 0.9 vs 3.8 ± 1.0 , $p < .001$, and distal : 3.1 ± 0.7 vs 3.6 ± 0.8 , $p < .05$). *Comparison between proximal with distal segment.* There was significant reduction in APV and ASPV from proximal to distal segment in RCA, but not in LAD. There was significant increase in DSVR from proximal to distal segment in RCA, but not in LAD. There was no difference in CFR between proximal and distal segment in both coronary arteries.

Conclusion : We measured coronary blood flow velocities in angiographically normal coronary artery to characterize normal coronary blood flow dynamics and provide the reference values for the assessment of coronary artery disease. Significant regional differences of coronary

blood flow velocities should be considered when we assess the diseased coronary artery.

KEY WORDS : Coronary blood flow dynamics · Normal coronary artery · Regional difference of flow dynamics.

서 론

관상동맥혈류역학 소견은 관상동맥과 심근의 기능적인 면을 평가하는 중요한 지표 역할을 할 수 있을 것으로 생각되어 관상동맥 질환의 진단, 치료, 및 예후의 결정에 많은 도움이 될 것으로 기대되었으나 아직 실제 적용에 어려움이 많으며 사람의 정상 관상동맥혈류역학 소견에 대한 자료도 매우 제한적이다.

연구자는 관상동맥조영상 정상 소견을 보인 비정상형성 흉통 환자에서 좌전하행지와 우관상동맥의 근위부와 원위부 모두에서 0.014인치 15MHz 도플러 철선을 이용하여^{1,2)} 기저시와 최대충혈시에 혈역학적 자료를 측정하고 비교분석하여 정상 관상동맥혈류역학을 특징짓고, 관상동맥질환에서 보는 비정상적인 혈류역학을 평가할 수 있는 근거자료를 마련하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

1995년 1월부터 1995년 12월까지 아주대학교병원 순환기내과에 흉통으로 입원하여 관상동맥조영술을 시행한 환자중 관상동맥조영상 정상인 환자 25명을 대상으로 하였다. 대상환자의 평균연령은 50 ± 10 세, 남자 14명, 여자 11명이었고, 관상동맥질환 위험인자는 고혈압이 3명, 당뇨병이 5명, 고지혈증(총콜레스테롤 ≥ 220 mg/dl)이 7명, 흡연이 10명에서 있었다.

2. 연구방법

1) 관상동맥조영술

관상동맥은 국소마취하에 좌우대퇴동맥에서 Seldinger씨 방법으로 7Fr Judkin 혹은 Amplatz 진단도자를 이용하여 Philips BH3000이나 H3000으로 촬영하여 DCI System(Philips Medical Systems, Eindhoven, Netherlands)의 quantitative coronary analysis system으로 판독하였다. 관상동맥 촬영전에 5,000U의 heparin을 동맥이나 정맥내로 투여하였다. 모든 대상 환자에서 좌우관상동맥 모두 서로 90도를 이루

는 두개의 촬영각을 포함한 모든 촬영각에서 뚜렷한 협착이나 미만성 병변이 없었으며, 좌심실조영상 좌심실구출율이 50%이상이고 국소벽운동장애가 없었다.

2) 혈관내 도플러혈류측정

관상동맥조영후에 3Fr 주입도자(Infusion Catheter, COOK, Bloomington, IN)를 7Fr 진단도자의 원위내부에 위치시킨 후 이를 통하여 0.014인치 도플러철선(Flowire; Cardiometrics, Mountain View, CA)을 혈류를 측정하고자하는 각각의 관상동맥의 원위부까지 넣은 후 원위부에서 근위부로 나오면서 각각 기저혈류(baseline flow)와 adenosine투여후의 최대 충혈시 혈류(maximal hyperemic flow)를 측정하였다. 최대 충혈을 얻기 위해서 좌관상동맥에는 18~24mcg, 우관상동맥에는 8~12mcg의 adenosine을 생리식염수에 섞어서 총 부피를 5cc로 만들어서 진단도자를 통해서 관상동맥내에 bolus로 투여하였다. 도플러유도철선은 15MHz pulsed Doppler velocimeter(FloMap; Cardiometrics, Mountain View, CA)에 연결하여 내장된 software를 이용하여 average peak velocity(APV), average diastolic peak velocity(ADPV), average systolic peak velocity(ASPV)와 diastolic-to-systolic velocity ratio(DSVR)를 측정하였다. 관상동맥 혈류예비력(coronary flow reserve)은 최대충혈시와 기저시의 APV의 비율로 계산하였다(Fig. 1).

3) 통계처리

자료는 평균 \pm 표준편차로 표시하였다. Student *t*-test를 이용하여 통계처리 하였고, *p*값이 0.05이하인 경우에 통계학적 유의성이 있다고 하였다.

결 과

1. 관상동맥 혈류역학 소견

1) 좌우관상동맥의 비교

(1) 근위부에서의 비교

기저시에는 APV와 ADPV는 좌전하행지가 우관상동

맥보다 유의하게 높았고($18 \pm 6 \text{ cm/s}$ vs $14 \pm 4 \text{ cm/s}$, $p < .005$, $22 \pm 8 \text{ cm/s}$ vs $14 \pm 4 \text{ cm/s}$, $p < .0001$), ASPV는 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 낮았다($10 \pm 5 \text{ cm/s}$ vs $14 \pm 5 \text{ cm/s}$, $p < .005$). DSVR은 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 높았다(2.4 ± 0.7 vs 1.0 ± 0.3 , $p < .0001$). 총혈시에는 APV는 좌전하행지와 우관상동맥간에 유의한 차이가 없었고($53 \pm 16 \text{ cm/s}$ vs $50 \pm$

13 cm/s , $p = .530$), ADPV는 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 높았고($62 \pm 17 \text{ cm/s}$ vs $53 \pm 15 \text{ cm/s}$, $p < .05$), ASPV는 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 낮았다($35 \pm 15 \text{ cm/s}$ vs $43 \pm 12 \text{ cm/s}$, $p < .05$). DSVR은 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 높았다(1.9 ± 0.5 vs 1.2 ± 0.2 , $p < .0001$)(Table 1, Fig. 2-A). 관상동맥혈류예비력은 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게

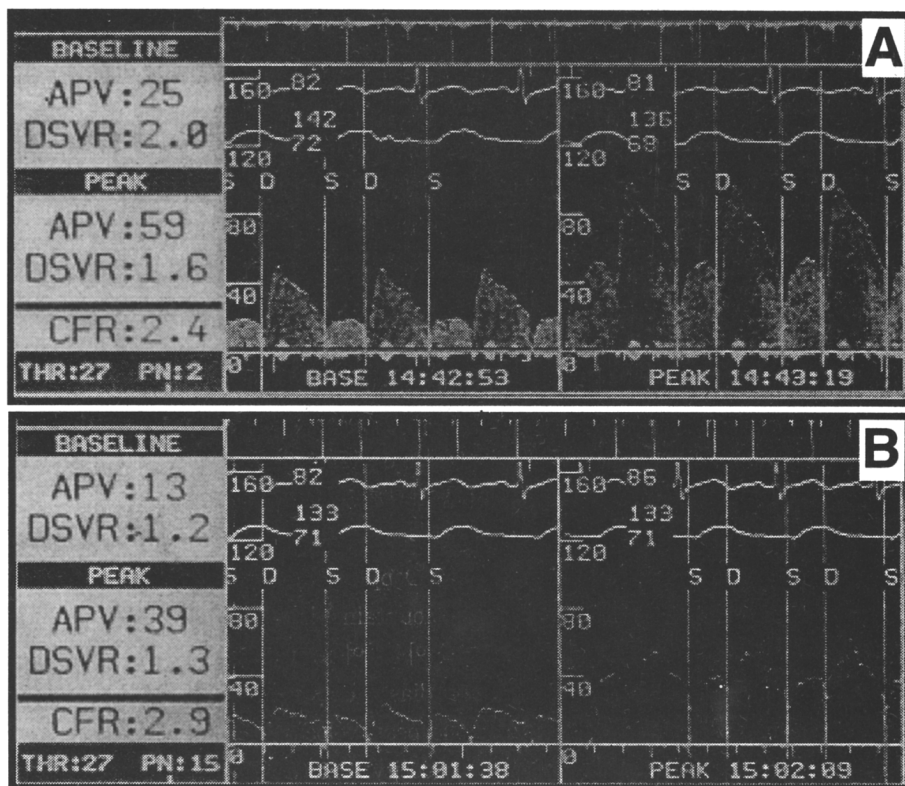


Fig. 1. Characteristic phasic coronary spectral blood flow patterns obtained in the proximal segment of angiographically normal left anterior descending coronary artery(A) and right coronary artery(B) at baseline and intracoronary adenosine-induced hyperemia. X-axis represents time scale(sec) and Y-axis represents flow velocity scale(cm). APV, average peak velocity ; DSVR, diastolic-to-systolic velocity ratio ; CFR, coronary flow reserve ; D, diastole ; S, systole.

Table 1. Comparisons of coronary flow dynamics between left anterior descending and right coronary artery and between proximal and distal segment at baseline and intracoronary adenosine-induced hyperemia

	APV(cm/s)	ADPV(cm/s)	ASPV(cm/s)	DSVR	CFR
P LAD	53±16/18±6*	*62±17/22±8*	*35±15/10±5*	*1.9±0.5/2.4±0.7*	3.1±0.9*
RCA	50±13/14±4	53±15/14±4	43±12/14±5	1.2±0.2/1.0±0.3	3.8±1.0
D LAD	*50±14/17±6*	*56±14/20±7*	37±15/10±4	1.6±0.5/2.2±0.6*	3.1±0.7*
RCA	†42±11/12±4†	†45±11/13±4	†32±9/10±3†	†1.4±0.3/1.4±0.5†	3.6±0.8

* $p < .05$ LAD vs RCA, † $p < .05$ P vs D. Data are means±SD and presented as hyperemia/baseline. APV, average peak velocity ; ADPV, average diastolic peak velocity ; ASPV, average systolic peak velocity ; DSVR, diastolic-to-systolic velocity ratio ; CFR, coronary flow reserve ; P, proximal ; D, distal ; LAD, left anterior descending artery ; RCA, right coronary artery

낮았다(3.1 ± 0.9 vs 3.8 ± 1.0 , $p < .001$) (Fig. 4-A).

(2) 원위부에서의 비교

기저시에는 APV와 ADPV는 좌전하행지가 우관상동

맥보다 유의하게 높았고(17 ± 6 cm/s vs 12 ± 4 cm/s, $p < .005$, 20 ± 7 cm/s vs 13 ± 4 cm/s, $p < .0001$), ASPV는 좌전하행지와 우관상동맥간에 유의한 차이가 없었다

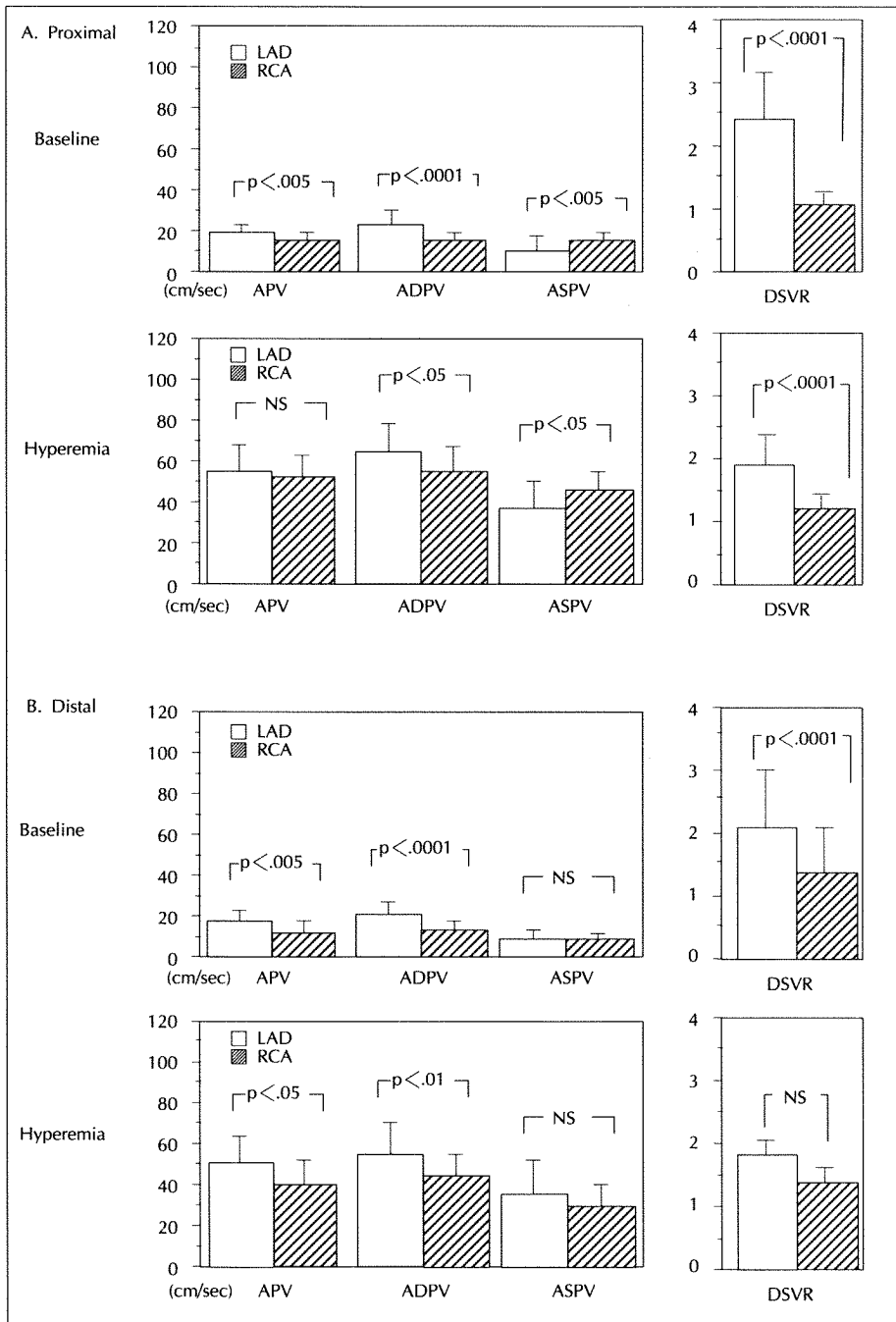


Fig. 2. Comparisons of coronary flow velocities between left anterior descending and right coronary artery at baseline and intracoronary adenosine-induced hyperemia. LAD, left anterior descending artery ; RCA, right coronary artery ; APV, average peak velocity ; ADPV, average diastolic.

($10 \pm 4 \text{ cm/s}$ vs $10 \pm 3 \text{ cm/s}$, $p = .922$). DSVR은 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 높았다(2.2 ± 0.6 vs 1.4 ± 0.5 , $p < .0001$). 충혈시에는 APV와 ADPV는

좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 높았고($50 \pm 14 \text{ cm/s}$ vs $42 \pm 11 \text{ cm/s}$, $p < .05$, $56 \pm 14 \text{ cm/s}$ vs $45 \pm 11 \text{ cm/s}$, $p < .01$). ASPV는 좌전하행지와 우관상동맥간

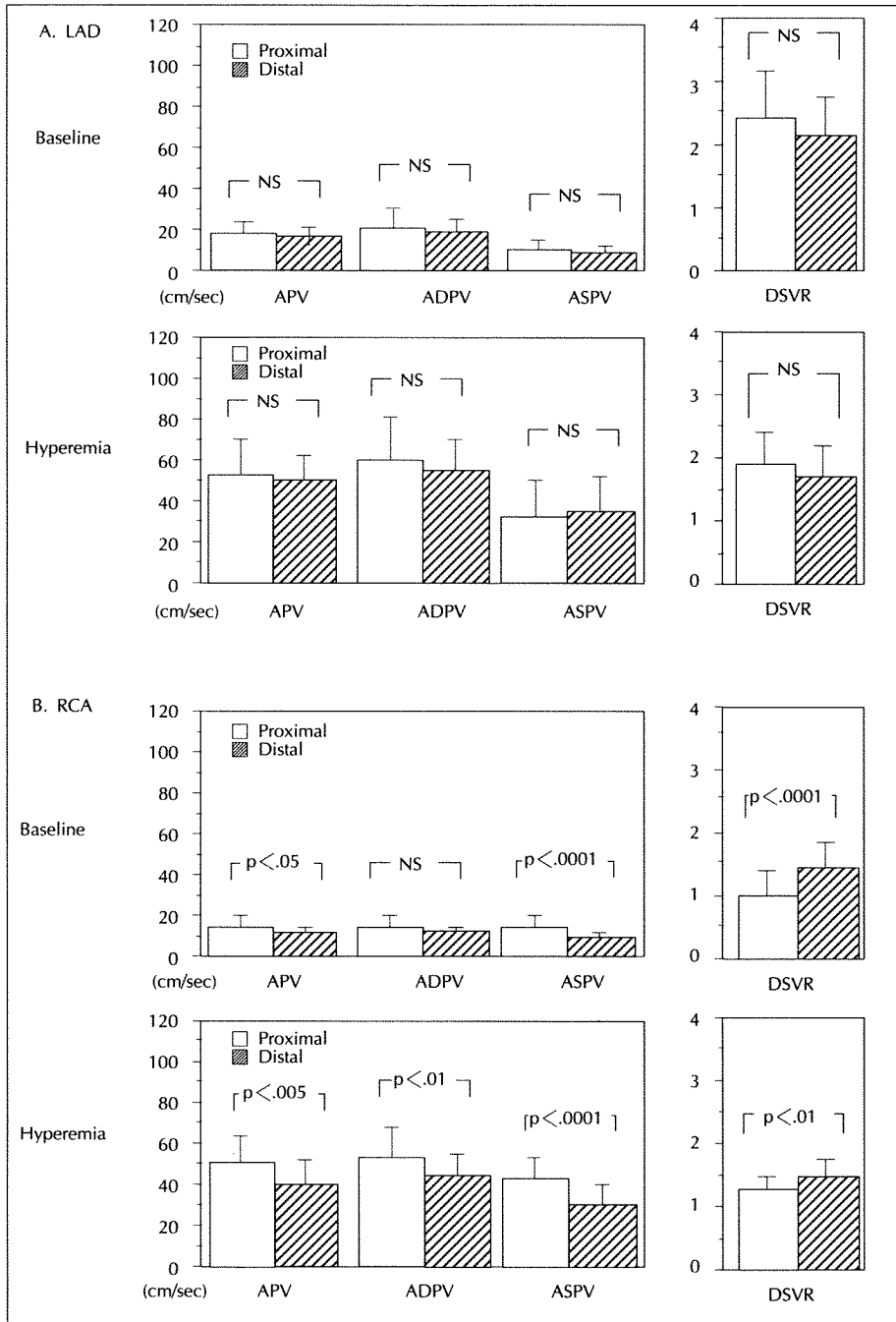


Fig. 3. Comparisons of coronary flow velocities between proximal and distal segment at baseline and intracoronary adenosine-induced hyperemia. LAD, left anterior descending artery ; RCA, right coronary artery ; APV, average peak velocity ; ADPV, average diastolic peak velocity ; ASPV, average systolic peak velocity ; DSVR, diastolic-to-systolic velocity ratio.

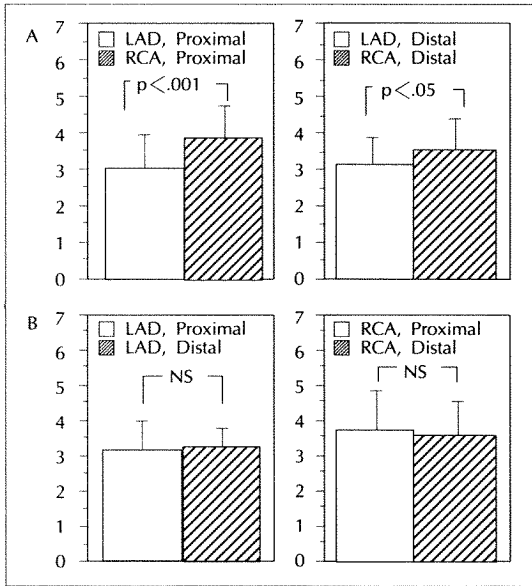


Fig. 4. Comparisons of coronary flow reserve between left anterior descending and right coronary artery(A) and between proximal and distal segment(B). LAD, left anterior descending artery ; RCA, right coronary artery.

에 유의한 차이가 없었다($37 \pm 15 \text{ cm/s}$ vs $32 \pm 9 \text{ cm/s}$, $p = .149$). DSVR은 좌전하행지와 우관상동맥간에 유의한 차이가 없었다(1.6 ± 0.5 vs 1.4 ± 0.3 , $p = .09$) (Table 1, Fig. 2-B). 관상동맥혈류예비력은 좌전하행지가 우관상동맥보다 유의하게 낮았다(3.1 ± 0.7 vs 3.6 ± 0.8 , $p < .05$) (Fig. 4-A).

2) 근위부와 원위부의 비교

(1) 좌전하행지

기저시와 충혈시에 APV, ADPV, ASPV와 DSVR 모두 근위부와 원위부간에 유의한 차이가 없었다 (Table 1, Fig. 3-A). 관상동맥혈류예비력은 근위부와 원위부간에 유의한 차이가 없었다(3.1 ± 0.9 vs 3.1 ± 0.7 , $p = .541$) (Fig. 4-B).

(2) 우관상동맥

기저시에는 APV와 ASPV가 근위부가 원위부보다 유의하게 높았고($14 \pm 4 \text{ cm/s}$ vs $12 \pm 4 \text{ cm/s}$, $p < .05$, $14 \pm 5 \text{ cm/s}$ vs $10 \pm 3 \text{ cm/s}$, $p < .0001$), ADPV는 근위부와 원위부간에 유의한 차이가 없었다($14 \pm 4 \text{ cm/s}$ vs $13 \pm 4 \text{ cm/s}$, $p = .249$). DSVR은 근위부가 원위부보다 유의

하게 낮았다(1.0 ± 0.3 vs 1.4 ± 0.5 , $p < .0001$). 충혈시에는 APV, ADPV와 ASPV가 근위부가 원위부보다 유의하게 높았고($50 \pm 13 \text{ cm/s}$ vs $42 \pm 11 \text{ cm/s}$, $p < .005$, $53 \pm 15 \text{ cm/s}$ vs $45 \pm 11 \text{ cm/s}$, $p < .01$, $43 \pm 12 \text{ cm/s}$ vs $32 \pm 9 \text{ cm/s}$, $p < .0001$), DSVR은 근위부가 원위부보다 유의하게 낮았다(1.2 ± 0.2 vs 1.4 ± 0.3 , $p < .01$) (Table 1, Fig. 3-B). 관상동맥 혈류예비력은 근위부와 원위부간에 유의한 차이가 없었다(3.8 ± 1.0 vs 3.6 ± 0.8 , $p = .161$) (Fig. 4-B).

2. Adenosine 관상동맥내 투여에 따른 맥박수와 동맥압의 변화

맥박수는 adenosine 관상동맥내 투여전후에 좌전하행지는 유의한 증가를 보였고($67.8 \pm 8.8/\text{분}$ vs $70.0 \pm 9.5/\text{분}$, $p < .01$), 우관상동맥은 유의한 변화가 없었다($68.6 \pm 10.5/\text{분}$ vs $68.9 \pm 9.1/\text{분}$, $p = .77$). 대퇴동맥에서 측정한 수축기혈압은 adenosine 관상동맥내 투여전후에 좌전하행지와 우관상동맥 모두 유의한 감소를 보였고($130 \pm 18 \text{ mmHg}$ vs $126 \pm 15 \text{ mmHg}$, $p < .0001$, $131 \pm 15 \text{ mmHg}$ vs $129 \pm 15 \text{ mmHg}$, $p < .005$), 이완기혈압은 좌관상동맥은 유의한 감소를 보였고 우관상동맥은 유의한 변화가 없었다($70 \pm 8 \text{ mmHg}$ vs $68 \pm 7 \text{ mmHg}$, $p < .005$, $71 \pm 8 \text{ mmHg}$ vs $70 \pm 8 \text{ mmHg}$, $p = .20$). 지속적인 동성서맥이나 일시적이거나 2도 혹은 그 이상의 방실차단을 보인 예는 없었다.

고 안

관상동맥혈류예비력을 포함한 관상동맥의 혈류역학적 소견은 관상동맥을 기능적으로 평가할 수 있는 중요한 지표중의 하나이다. 관상동맥혈류의 정확한 측정을 위해서는 관상동맥내에서 직접 혈류를 측정하는 것이 가장 좋은 방법이라고 생각되나, 관상동맥내에 놓아야하는 도플러도자의 굵기와 속도신호(velocity signal)의 처리방법이 문제점이었다. 0.014~0.018인치 크기의 도플러철선이 가능해지고 속도신호를 zero-crossing분석이 아닌 fast Fourier transformation을 이용하여 분석하면서부터 관상동맥 원위부나 관상동맥질환에서도 정확한 혈류측정이 가능해지고 측정오차를 크게 줄일 수 있게 되었다^{1,2)}. 그동안 관상동맥조영상 정상 관상동맥에서 혈류양상과 혈류예비력을 관찰하여 보고한 몇몇 연구가 있었

으나^{3,4,5,6)}, 좌우관상동맥의 근위부와 원위부 모두에서 동시에 혈류역학 소견을 측정하여 완전한 짝을 이룬 비교 (complete paired comparison)를 하여 그 특성을 정확하게 밝힌 연구는 없어서 관상동맥질환의 평가시 기준으로 삼을만한 자료가 없었다고 생각된다.

관상동맥혈류는 이완기 혈류가 우세한 상성혈류양상을 보이며, 심실내 압력변화에 따라 수축기에는 심외막 부분에 국한해서 흐르고, 심실이 이완하는 확장초기에 최대혈류를 보이는 것은 이미 잘 알려진 사실이다⁷⁾. 그러므로, 좌우관상동맥은 심실의 서로 다른 부분에 피를 공급하고, 특히 우관상동맥은 근위부와 원위부가 각각 우심실과 좌심실에 분포하므로 서로 다른 혈역학적 특성을 보일 가능성이 충분히 있다. 본 연구에서는 흉통을 주소로 입원하여 관상동맥조영술을 시행한 환자중 관상동맥조영상 정상인 경우에 좌우관상동맥의 관상동맥혈류역학을 측정하는 도중, 좌우 관상동맥간에 혹은 관상동맥의 근위부와 원위부간에 차이가 있을 것으로 생각되어서 좌우관상동맥 근위부와 원위부 모두에서 관상동맥혈류역학을 측정하여 비교하는 연구를 하게 되었다. 좌회선지에서도 모든 환자에서 혈류역학을 측정하였으나 좌회선지의 혈류양상이 좌전하행지와 유사하여 자료의 명료한 비교를 위하여 좌회선지는 비교분석에서 제외하였다. 그 결과 그동안의 다른 연구보고와는 달리 관상동맥의 부위에 따라서 혈류양상에 상당한 차이가 있음이 관찰되었다.

1. 좌우관상동맥의 차이

우선 좌우관상동맥의 혈류양상을 비교하여 보면 좌전하행지가 우관상동맥보다 이완기 혈류속도는 높았고 수축기 혈류속도는 낮았으며, 이완기와 수축기의 평균 혈류속도는 좌전하행지가 높았다. 잘 알려진 바와 같이 이완기혈류가 수축기혈류보다 우세한 전형적인 관상동맥혈류소견은 좌전하행지에서 잘 관찰되었다. 이러한 좌우관상동맥의 차이는 원위부로 갈수록 감소하여서, 관상동맥이 분포하는 심실의 압력 및 수축력등이 혈류역학 형태를 결정하는 매우 중요한 인자로 생각된다.

그동안의 연구들에 의하면 좌우관상동맥간에 관상동맥혈류예비력에 차이가 없는 것으로 보고되었고 관상동맥혈류예비력을 비교할 때 좌우관상동맥에 구분을 두지 않았는데, 본 연구에서 발견한 매우 중요한 현상은 좌우관상동맥간에 관상동맥혈류예비력에 유의있는 차이가

있다는 것이다. 좌전하행지의 관상동맥혈류예비력이 우관상동맥보다 유의있게 낮았는데(근위부 : 3.1 ± 0.9 vs 3.8 ± 1.0 , $p < .001$, 원위부 : 3.1 ± 0.7 vs 3.6 ± 0.8 , $p < .05$), 기저시에 좌전하행지의 혈류속도가 우관상동맥보다 상당히 높았고 최대충혈시에는 서로 큰 차이가 없어서, 두 관상동맥의 최대 충혈능력에는 별 차이가 없는 것으로 생각되었고 기저시 혈류속도의 차이가 두관상동맥간의 관상동맥혈류예비력의 차이를 결정하는 중요한 요인으로 생각되었다. 이러한 좌우관상동맥간의 차이는 최대충혈시보다는 기저시에, 원위부보다는 근위부에서 더 많은 차이를 보였다.

Wilson등³⁾에 의하면 본 연구와 같은 용량의 adenosine을 투여하여 측정한 관상동맥혈류예비력은 좌관상동맥이 4.5 ± 0.8 , 우관상동맥이 4.4 ± 1.0 으로 유의한 차이가 없다고 하였고, Ofili등⁶⁾도 좌우관상동맥간에 관상동맥혈류예비력의 차이가 없다고 하였으며 이 연구는 심장이식환자 8명과 비정형성흉통 7명, 총 15명의 환자에서 좌전하행지 8곳, 좌회선지 11곳, 우관동맥 9곳 총 28곳을 측정한 자료이었다. 이 두 연구 모두 동일 개체 내에서 좌우관상동맥의 혈류예비력을 동시에 측정하여 비교하지 않아서 좌우관상동맥의 차이를 보기에는 불충분한 연구대상으로 생각된다. 정상군과 관상동맥위험인자군과의 관상동맥혈류예비력을 비교한 Nasher등⁸⁾의 연구를 예를 들어 살펴보면 8~12mcg의 adenosine을 관상동맥조영이 정상이며 당뇨병이 없는 환자의 관상동맥내에 bolus로 투여하여 측정한 관상동맥 혈류예비력은 3.7 ± 0.2 로 당뇨병이 있는 경우의 2.8 ± 0.2 보다 높고 하였는데, 이 보고에서도 좌우관상동맥 어느 곳에서 관상동맥 혈류예비력을 측정하였는지에 대한 언급은 없었다.

이미 언급한 바와 같이, 좌우관상동맥의 관상동맥혈류예비력에 유의한 차이가 있다는 점과 기저시의 혈류속도가 관상동맥혈류예비력을 결정하는 중요한 인자인 것을 생각하면, 관상동맥 혈류예비력에 대한 연구를 할 때에는 측정장소와 기저시와 최대충혈시의 혈류속도에 영향을 미치는 여러 인자들을 꼭 고려해야 할 것으로 생각된다. 또한, 본 연구에서 측정된 관상동맥혈류예비력은 1.8에서 5.7까지로 개체간의 차이가 심하기 때문에 충분히 많은 수의 연구대상에서 결과를 얻어야 정확한 비교를 할 수 있을 것으로 생각된다. 그동안 당뇨병^{8,9)}, 고혈압 및 심실비후¹⁰⁾, ACE억제제투여^{11,12)}, 고지혈증과 면역결

환등¹³⁾에 의하여 관상동맥혈류예비력이 영향을 받을 수 있는 것으로 보고되고 있으나 아직 그 기전은 정확히 밝혀지지 않았다. 관상동맥혈류예비력이 관상동맥의 미세혈관기능을 평가할 수 있는 좋은 지표로 생각은 되나, 이 때 역시 미세혈관기능 이외에 혈류예비력에 영향을 주는 여러 인자들을 면밀히 고려하여야 할 것으로 생각된다.

2. 근위부와 원위부의 차이

관상동맥 혈류속도는 좌전하행지에서는 근위부와 원위부간에 유의한 차이가 없었으나, 우관상동맥에서는 근위부와 원위부간에 상당한 차이를 보였다. 우관상동맥에서는 근위부에서 원위부로 갈수록 평균혈류속도, 이완기 혈류속도, 수축기혈류속도 모두가 유의하게 감소하였고, 이완기/수축기 혈류속도비는 근위부에서 원위부로 갈수록 유의한 증가를 보였다. 우관상동맥에서 근위부에서 원위부로 갈수록 혈류속도가 감소하고 이완기/수축기 혈류속도비가 증가하는 이유는, 우관상동맥이 근위부와 원위부사이에 관상동맥 내경의 변화정도가 적고 우관상동맥의 근위부는 우심실에 원위부는 좌심실에 분포하기 때문으로 생각된다. 그러므로, 우관상동맥은 근위부에서 원위부로 갈수록 좌심실의 영향을 점차 많이 받게되어 좌관상동맥의 혈류형태를 닮아가는 것으로 생각되었다. 그러나, 관상동맥혈류예비력은 좌우관상동맥 모두에서 근위부와 원위부 사이에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

3. Adenosine투여 전후에 맥박수와 혈압의 변화

본 연구에서 adenosine투여 전후에 유의한 맥박수의 변화는 없었으며, 우관상동맥에 adenosine을 8~12mcg 투여한 경우 유의한 혈압변화는 없었고, 좌관상동맥에 adenosine을 18~24mcg 투여한 경우 수축기는 5.9 ± 7.3 mmHg, 이완기는 2.2 ± 4.5 mmHg의 유의한 혈압강하가 관찰되었다. Wilson 등³⁾은 같은 용량의 adenosine을 준 경우 맥박수는 adenosine투여 전후에 변화가 없었고, 기저시에 비하여 좌관상동맥은 5 ± 5 mmHg, 우관상동맥은 10 ± 9 mmHg의 평균 대퇴동맥압의 강하를 관찰하였다고 한다. Adenosine을 관상동맥내로 8~24mcg 일시투입한 경우, 혈역학적으로 의의있는 혈압강하, 서맥, 방실차단등 전도장애는 없어서 안전하게 관상동맥의 혈역학적 연구를 할 수 있었다.

결론적으로, 이번 연구에서 밝혀진 중요한 점은 관상동맥혈류양상과 관상동맥혈류예비력은 각 관상동맥의 부위별로 뚜렷한 특징과 차이를 보이고 있으며, 관상동맥혈류예비력은 최대충혈시와 기저시의 혈류속도의 비율이므로, 미세혈관의 기능 뿐아니라 기저시와 충혈시의 혈류속도에 영향을 줄 수 있는 많은 인자들에 의해서 큰 영향을 받을 가능성이 있다는 점이다. 그러므로, 관상동맥혈류역학에 관한 연구시에는 이러한 점들에 대한 면밀한 고려가 필요하다고 생각되며, 관상동맥조영상 정상인 경우 충혈시와 기저시의 혈류속도비로 계산한 관상동맥혈류예비력이 미세혈관 기능을 어느정도 정확히 반영하는지, 이때 고려해야할 점들이 어떤 것들인지에 대한 연구가 더 필요하다고 생각되며, 이를 위해서는 관상동맥 질환과 정상에서 관상동맥혈류역학 소견을 정확히 비교하고 특징지을 수 있는 잘 짜여지고 규모가 큰 연구가 필요하다고 생각된다.

4. 연구의 제한점

본 연구에서 좌전하행지는 18~24mcg, 우관상동맥은 8~12mcg의 adenosine을 관상동맥내에 투여했는데 일부 환자에서 최대충혈을 유발시키지 못했을 가능성이 있다. 그러나, Wilson 등³⁾이 같은 용량의 adenosine을 관상동맥내에 투여한 경우, papaverine 6~12mcg을 관상동맥내 투여하여 얻을 수 있는 정도의 충혈상태를 충환자의 80%에서 유발할 수 있었다고 하여서 본 연구에서도 대부분의 환자에서 최대충혈에 매우 근접한 충혈상태를 유발하였다고 생각된다.

관상동맥 혈류측정시 진단도자에 의하여 관상동맥혈류가 방해받을 수 있으며, 도플러유도철선의 원위부의 형태나 위치에 따라 혈류측정치가 영향을 받을 수 있다. 본 연구에서는 이러한 결함을 최대한 줄이기 위해서 7Fr의 진단도자를 최대한 가볍게 관상동맥 입구에 넣은 상태에서, 혈류측정시 움직임으로 인한 결함(motion artifact)이 가장 적은 장소를 선택하여 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio)가 크고 육안으로 모니터의 신호가 가장 진하고 선명한 상태에서 측정하였다.

또한, 본 연구의 대상 환자는 관상동맥 질환의 위험인자를 가진 환자가 상당수 있고 젊은 연령층이 제외되어 연령층도 고르지 못하므로 완전한 정상 관상동맥 혈류역학을 대변하지 못할 수 있다.

요 약

연구배경 :

관상동맥 혈류역학은 관상동맥의 기능적인 면을 평가하는 매우 중요한 요소이며, 관상동맥의 정상 혈류역학은 관상동맥질환의 진단과 치료방침 결정에 중요한 기초자료가 된다.

연구방법 :

비정형성 흉통으로 관상동맥조영상 정상인 환자 25명 (평균연령 50±10세, 남자 14명, 여자 11명)에서 0.014인치 직경의 도플러침선을 이용하여 기저시와 adenosine 관상동맥내 주입후 최대충혈때의 관상동맥내 혈류속도를 좌전하행지와 우관상동맥의 근위부와 원위부 모두에서 측정하여 비교 연구하였다.

결 과 :

1) 좌우관상동맥의 비교 : 이완기혈류속도는 좌전하행지가, 수축기혈류속도는 우관상동맥이 유의하게 높았고, 좌전하행지가 우관상동맥보다 이완기/수축기혈류속도비가 높았다. 기저시 혈류속도는 우관상동맥이 낮았고 최대충혈시 혈류속도는 서로 큰 차이가 없어서, 관상동맥 혈류예비력은 우관상동맥이 좌전하행지보다 유의하게 높았다.

2) 근위부와 원위부의 비교 : 좌전하행지는 혈류속도 및 관상동맥혈류예비력이 근위부와 원위부간에 유의한 차이가 없었고, 우관상동맥은 원위부로 갈수록 혈류속도가 유의하게 감소하였으나, 관상동맥혈류예비력은 유의한 차이를 보이지 않았다.

결 론 :

정상관상동맥조영소견을 보인 환자에서 관상동맥 혈류역학을 측정한 결과, 부위에 따라서 유의한 차이를 보였고, 이 자료들은 미세동맥질환을 포함한 관상동맥질환의 기능적인 면을 평가할 때 중요한 기준이 되리라 생각하며, 동시에 관상동맥혈류역학에 영향을 주는 여러 인자들이 면밀하게 고려되어야 한다고 생각된다.

References

- 1) Ofili EO, Karim AM, Kern MJ, Deligonul U, Aguirre F, Serota H, Tatineni S : *Simultaneous comparison of intracoronary spectral and zero-cross flow*

velocity measurements by Doppler angioplasty guidewire and catheter techniques.(Abstr) *J Am Coll Cardiol* 17 : 124A, 1991

- 2) Doucette JW, Corl PD, Payne HM, Flynn AE, Goto M, Nassi M, Segal J : *Validation of a Doppler guidewire for intravascular measurements of coronary artery flow velocity.* *Circulation* 85 : 1899, 1992
- 3) Wilson RF, Wyche K, Christensen BV, Zimmer S, Laxson DD : *Effects of adenosine on human coronary arterial circulation.* *Circulation* 82 : 1595, 1990
- 4) Ofili EO, Kern MJ, Labovitz AJ, St. Vrain JA, Segal J, Aguirre F, Castello R : *Analysis of coronary blood flow velocity dynamics in angiographically normal and stenosed arteries before and after endoluminal enlargement by angioplasty.* *J Am Coll Cardiol* 21 : 308, 1993
- 5) Ofili EO, Labovitz AJ, Kern MJ : *Coronary flow velocity dynamics in normal and diseased arteries.* *Am J Cardiol* 71 : 3D, 1993
- 6) Ofili EO, Kern MJ, St. Varian JA, Donohue TJ, Bach R, Al-Joundi B, Aguirre FV, Castello R, Labovitz AJ : *Differential characterization of blood flow, velocity, and vascular resistance between proximal and distal normal epicardial human coronary arteries : Analysis by intracoronary Doppler spectral flow velocity.* *Am Heart J* 130 : 37, 1995
- 7) Chilian WM, Marcus ML : *Phasic coronary blood flow velocity in intramural and epicardial coronary arteries.* *Circ Res* 50:775, 1982
- 8) Nahser PJ, Brown RE, Oskarsson H, Winniford MD, Rossen JD : *Maximal coronary flow reserve and metabolic coronary vasodilation in patients with diabetes mellitus.* *Circulation* 91 : 635, 1995
- 9) Nitenberg A, Valensi P, Sachs R, Dali M, Aptekar E, Attali JR : *Impairment of coronary vascular reserve and Ach-induced coronary vasodilation in diabetic patients with angiographically normal coronary artery and normal left ventricular systolic function.* *Diabetes* 42 : 1017, 1993
- 10) Antony I, Nitenberg A, Foulst JM, Aptekar E : *Coronary vascular reserve in untreated and treated hypertensive patients with and without left ventricular hypertrophy.* *J Am Coll Cardiol* 22 : 514, 1993
- 11) Ikram H, Low CJ, Shirlaw T, Webb CM/sec, Richards AM, Crozier IG : *Antianginal, hemodynamic and coronary vascular effects of captopril in*

- stable angina pectoris. Am J Cardiol 66 : 164, 1990*
- 12) Brilla CG, Janicki JS, Weber KT : *Cardioreparative effects of lisinopril in rats with genetic hypertension and left ventricular hypertrophy. Circulation 83 : 1771, 1991*
- 13) Strauer BE : *The significance of coronary reserve in clinical heart disease. J Am Coll Cardiol 15 : 775, 1990*