

경동맥의 내막, 중막, 내중막 두께 분리측정 및 임상적 중요성

한국표준과학연구원 생활계측그룹, *건양대학교 의과대학 심장병원 심장내과학교실

김원식 · 정환택 · 노기용 · 배장호*

경동맥 내중막 두께의 심각한 정도는 일과성 뇌 허혈, 중풍, 그리고 심근경색과 같은 관상동맥질환의 원인 질환이 되는 죽상동맥경화에 대한 독립적 예측인자이다. 경동맥 내중막두께는 내막두께와 중막두께로 구성되어 있지만, 내막과 중막 각각의 임상적 중요성에 대하여는 연구가 잘 되지 않고 있다. 본 연구에서는 죽상동맥경화증을 진단하기 위하여 B-mode 초음파 영상처리기술을 이용하여 내막, 중막, 그리고 내중막 두께를 측정하는 방법을 고안하였다. 내막, 중막, 내중막 두께의 임상적 중요성을 조사하기 위해서 144명(평균연령: 57세, 남성: 72명)의 환자를 대상으로 고해상도 초음파를 이용하여 총경동맥의 영상을 스캐닝 하였다. 그 결과, 죽상동맥경화성 질환이 있는 집단이 없는 집단에 비하여 내중막($p < 0.01$) 두께뿐만 아니라 내막($p < 0.05$) 및 중막($p < 0.05$)의 두께도 모두 유의하게 더 두꺼운 것으로 나타났다. 위험인자 중 고혈압이 있는 집단은 없는 집단에 비해 내막($p < 0.01$), 중막($p < 0.001$) 및 내중막($p < 0.001$) 두께 모두가 유의하게 더 두꺼웠고, 흡연을 하는 집단은 하지 않는 집단에 비해 내막의 두께만 유의하게 더 두꺼웠다($p < 0.01$). 내막($r=0.374$, $p=0.001$), 중막($r=0.433$, $p=0.000$) 및 내중막($r=0.479$, $p=0.000$) 두께는 연령과 정적 상관관계(positive correlation)를 보였다. 두께들간의 공유설명량 (r^2) 평가결과는 내중막두께와 중막두께가 92.4%, 내중막두께와 내막두께는 49.1%, 그리고 내막두께와 중막두께는 27.4%이었다. 이 결과는 경동맥의 내막과 중막은 서로 다른 생리현상을 갖는다는 것을 시사한다.

중심단어: 죽상동맥경화, 경동맥, 내막두께, 중막두께, 내중막두께

서론

최근 한국인의 서구화 되어가는 식생활 패턴은 혈액 내 콜레스테롤 수치를 높여 고혈압, 동맥경화, 뇌졸중, 관상동맥 질환 등의 심혈관계 질환 발병률을 높이고 있으며, 또한 당뇨병의 합병증으로서 그 위험률이 높다.^{1,2)} 특히, 죽상동맥경화증은 우리나라에서 주요 사망원인인 관상동맥 및 뇌동맥 질환의 중요한 원인이며 이의 조기진단이 매우 중요하지만 임상적인 증상이 나타나기 전까지는 진단이 쉽지 않다.³⁻⁸⁾ 외국의 대규모 연구를 통해, 고해상도 B-mode 초음파로 측정된 경동맥의 내중막두께는 죽상동맥경화증의 조기 진단 및 추적 검사의 지표로서 매우 유용하고, 심혈관계질환과 상관성이 높은 것으로 밝혀졌으며,^{9,11)} 그 검사 방법은 간단하고 비침습적이고, 반복성과 재현성이 우수하다.³⁾

죽상동맥경화에 의한 혈관벽의 변화는 내막과 중막의 두 가지 변화에 기인한다. 내중막 두께에서 중막에 비해 내막의 두께는 매우 얇고 죽상동맥 경화성 병변이 진행하면 내막 두께의 비율이 증가하며, 대개 죽상반 형성은 내막의 비후에 의해 발생하여, 혈관 내경이 좁아지므로 심장, 뇌, 사지허혈증으로 발현하게 되고, 경화증은 중막에 퇴행성 변화가 오면서 섬유화가 진행되고 혈관의 탄성이 감소되며 수축기 혈압을 상승시킨다. 이와 같이 내막과 중막의 변화는 임상적으로 다르게 발현될 수 있지만,^{2,9,10)} 그 구성 물질이 비슷하고 각각 1 mm 이내의 두께이므로 초음파 영상에서 분리측정이 용이하지 않기 때문에 현재 병원 현장에서는 내막과 중막을 합한 내중막 두께를 측정하여 임상에 적용하고 있는 실정이다. 최근 동물실험과 인체부검에 의한 혈관 내막과 중막 각각의 두께 측정 및 조직병리학적 임상적 의미에 대한 연구가 있으나, 부검하지 않고 비침습적으로 혈관의 내막과 중막 각각의 두께 측정을 통한 임상연구가 이루어지고 있지 않다.²⁾

이러한 기존 임상연구의 한계성을 극복하기 위해서, 본 연구에서는 죽상동맥경화증의 진단지표로서 경동맥의 내막과 중막의 두께를 별도로 측정할 수 있는 알고리즘을 고안하여 경흉부 심초음파 검사를 시행한 환자를 대상으로

이 논문은 2005년 11월 29일 접수하여 2005년 12월 20일 채택되었음.
 책임저자: 김원식, 대전시 유성구 도룡동 1번지
 한국표준과학연구원 생활계측그룹
 Tel: 042)868-5471, 5454, Fax: 042)868-5455
 E-mail: wskim@kriss.re.kr

경동맥의 내막, 중막 및 내중막 두께를 각각 측정하고 임상 결과와 상관성을 분석함으로써 내막과 중막의 임상적 중요성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상 및 기간

2005년 2월부터 2005년 10월까지 K-병원에서 경흉부 심초음파 검사를 시행 받은 170명의 환자 중 경동맥의 내막과 중막이 분리측정 가능한 144명(평균연령 57±14세, 남자 72명, 여자 72명)을 대상으로 하였다. 이 중 동맥경화성 질환이 없는 집단은 75명(52.1%)이었고 동맥경화성 질환이 있는 집단은 69명(47.9%)이었다(Table 1). 대상군의 키와 몸무게를 측정하여 체질량계수를 계산하였고, 관상동맥의 위험인자로서 고혈압, 당뇨병 및 흡연 유무를 조사하였다. 고혈압은 과거에 고혈압을 진단 받고 항고혈압제를 복용하고 있거나 JNCVII의 정의에 따라 수축기 혈압이 140 mmHg 이상 혹은 이완기 혈압이 90 mmHg 이상인 경우로 하였으며,³⁾ 당뇨병은 혈당 강하제나 인슐린으로 치료를 받고 있거나, 식후 2시간 혈당이 200 mg/dl 이상 또는 공복혈당이

126 mg/dl 이상인 경우로 정의하였고, 병력 청취로 현재 흡연의 유무를 조사하여 흡연군과 비흡연군으로 각각 나누었다. 동맥경화성 질환유무는 허혈성 심장질환, 뇌혈관질환, 말초동맥질환의 유무에 따라 분류하였다. 대상군의 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백, 저밀도지단백, 혈당, 요산, 혈액요소질소(blood urea nitrogen, BUN)와 creatinine은 최소한 검사 2주 전 12시간 이상의 공복상태에서 측정된 수치를 취하였다.

2. 경동맥 내중막 두께측정

초음파 경동맥 검사는 환자를 침대에 반듯이 눕히고 목을 신전시켰고 측정실은 어둡게 하여 환자가 편안함을 느끼게 한 후, 경동맥 초음파영상을 획득하기 위해 HP-SONOS 5500 초음파 영상장비와 7.5~11 MHz 선형 탐촉자(Linear Array Probe)를 이용하였다. 우측 경동맥을 종축으로 스캔해서 총경동맥 원위벽 부위가 선명하도록 깊이와 이득을 조절하고 심전도 R-peak 시점에서 영상을 획득하여 컴퓨터 하드디스크에 저장하였다.

경동맥 혈관벽 두께는 총경동맥이 경동맥 팽대부로 이행하는 부위로부터 최소한 1 cm 근위부에서 1 cm 이상의 길이에서 측정된 평균치로 하였으며, 석회침착이나 초음파상 비균일성을 보이는 죽상경화반(plaque)이 있는 경우에는 죽상경화반이 포함되지 않은 근위부에서 측정하였다.¹²⁻¹⁴⁾ 구체적으로, 대상 혈관의 원위벽에서 혈관 내강(lumen)과 내막

Table 1. Clinical characteristics of the study subjects.

Variables	Values	
	(-) n=75	(+) n=69
Age (yrs)	54.6±16	60.1±12
Male, n (%)	33 (44.0%)	39 (56.5%)
BMI (kg/m ²)	24.2±2.6	24.9±3.1
Hypertension, n (%)	38 (50.6%)	38 (55.7%)
Diabetes, n (%)	19 (25.3%)	15 (21.7%)
Smoking, n (%)	6 (8%)	21 (30.3%)
Systolic blood pressure (mm Hg)	128±22	128±20
Diastolic blood pressure (mm Hg)	79±16	77±13
Total cholesterol (mg/dl)	189±45	180±37
Triglyceride (mg/dl)	156±98	158±87
HDL cholesterol (mg/dl)	47.6±15	41.7±10
LDL cholesterol (mg/dl)	110±36	108±30
Fasting blood glucose (mg/dl)	131±50	137±71
Homocysteine (mg/dl)	16.0±10	10.7±5.7
Fibrinogen (mg/dl)	3.3±0.9	3.2±0.7
Hs-CRP (mg/dl)	0.27±0.30	0.18±0.22
Blood urea nitrogen (mg/dl)	25±19	18±17
Creatinine (mg/dl)	2.8±3.6	1.5±2.5
Uric acid (mg/dl)	5.4±1.8	5.5±1.9

(-): without atherosclerotic disease, (+): with atherosclerotic disease. BMI: body mass index, HDL: high-density lipoprotein, LDL: low-density lipoprotein, Hs-CRP: high sensitivity C-reactive protein¹¹⁾

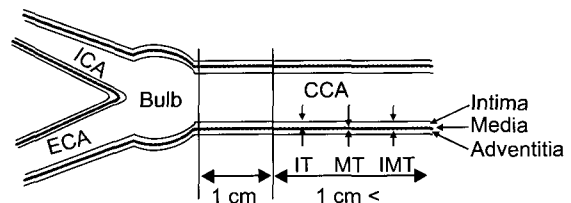
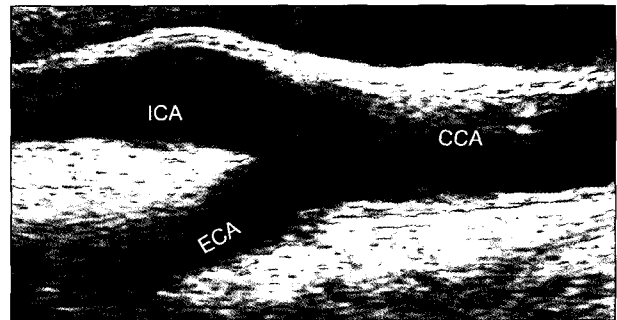


Fig. 1. Intima (IT), Media (MT), and Intima-Media Thickness (IMT) of common carotid artery. CCA: common carotid artery, ICA: internal carotid artery, ECA: external carotid artery.

경계면으로부터 중막과 외막(adventitia)의 경계면까지의 거리를 내중막두께(intima-media thickness, IMT), 혈관 내강과 내막의 경계면으로부터 내막과 중막의 경계면까지의 거리를 내막두께(intima thickness, IT), 내막과 중막의 경계면으로부터 중막과 외막의 경계면까지의 거리를 중막두께(media thickness, MT)로 각각 정의되며(Fig. 1),^{15,16)} 본 연구에서는 경동맥의 내막과 중막을 분리하여 자동 측정하도록

고안된 영상처리 알고리즘을 이용하여 측정하였다(3. 영상처리 참고). 영상처리 알고리즘은 M'ATH software (version 2.01, METRIS Co. Argenteuil, France)와 blind test 방법을 통해 검증하였다.³⁾ 내막, 중막, 내중막두께 각각에 대하여 평균치와 표준편차, 사용자가 지정한 측정영역의 총 길이, 유효하게 측정된 길이, quality index (QI)를 각각 연산하여 화면에 전시하도록 하였다. QI는 측정영역 총 길이에 대한

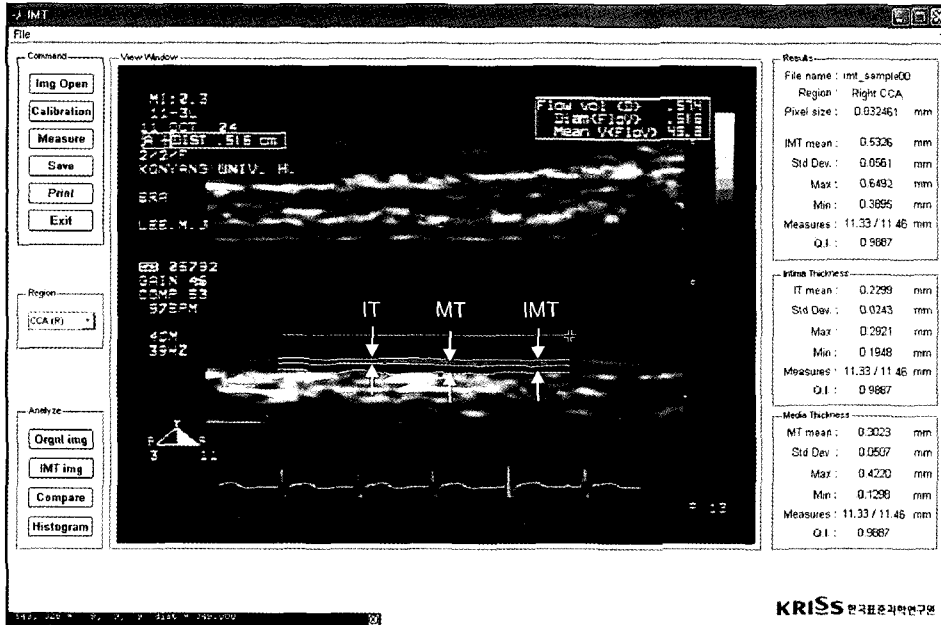


Fig. 2. Separate measurements of intima (IT), media (MT), and intima-media thickness (IMT) using new method software devised in this study. The IT, MT, and IMT were 0.230 mm, 0.302 mm, and 0.532 mm, respectively in the 11.46 mm length segment of common carotid artery of this patient.

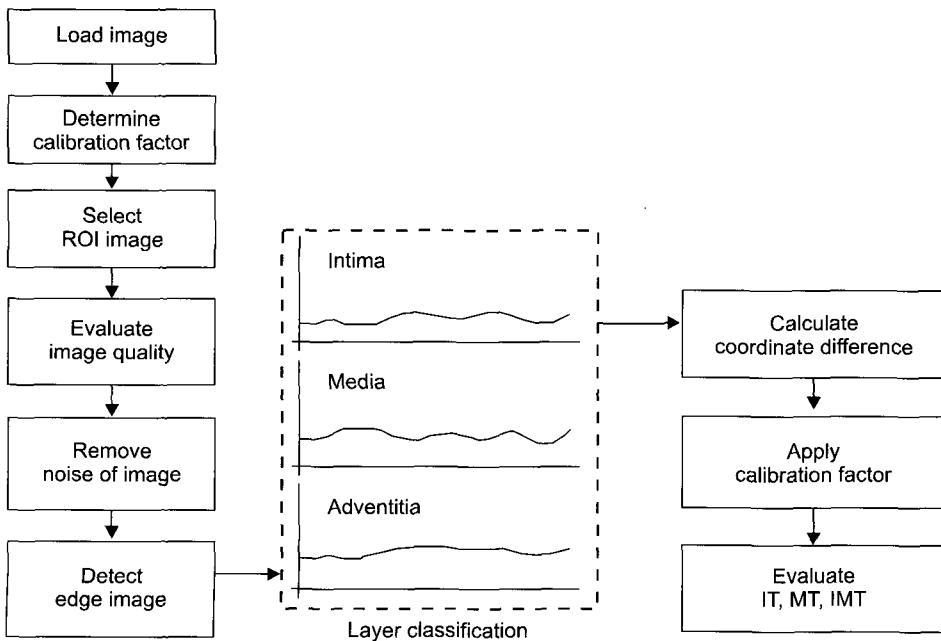


Fig. 3. Block diagram of image processing for measuring intima (IT), media (MT), and intima-media thickness (IMT) of carotid artery.

유효하게 측정된 길이의 비를 나타내며 0.6 이상인 경우 유 효측정 길이가 1 cm 이상이면 측정된 두께의 평균치가 유 효하다고 판정하였다(Fig. 2). 모든 측정은 국제 역학연구인 PARC-AALA Study에 준하여 시행되었다.¹⁷⁾

3. 영상처리

경동맥의 내막과 중막의 두께를 별도로 측정하기 위해, Fig. 3와 같은 방법으로 Matlab software (version 7.0, The MATH WORKS Inc. USA)를 이용하여 구현하였다. 먼저, 측정할 총경동맥(common carotid artery, CCA) 초음파 영상을 컴퓨터 하드디스크로부터 읽은 뒤, B-mode 초음파 시스템의 electronic range caliper를 이용하여 화소(pixel)의 길이 교정인자를 결정하였다(determine calibration factor). 총경동 맥이 경동맥 팽대부로 이행하는 부위에서 최소한 1 cm 근 위부에서 1 cm 이상의 길이가 되도록 ROI (region of interest) 영상을 선택한 후, 선택된 ROI 영상의 질을 평가하고, 스펙클 잡음(speckle noise)을 제거하였다.^{18,19)} 에지 검출 알고리즘(edge detection algorithm)을 이용하여 에지 영상(edge image)을 획득한 후 3개의 층(내막, 중막, 외막)으로 분류하였다.²⁰⁾ 3개의 층 각각의 좌표 차이에 화소(pixel)의 길이 교 정인자를 적용(apply calibration factor)하여 내막두께(IT), 중 막두께(MT), 내중막두께(IMT)를 각각 산출하였으며, 통계 분석을 위해 Excel (office excel 2003, Microsoft Inc, USA) 형 태의 파일로 저장되도록 구현하였다. 국제 역학연구인 PARC-AALA Study에서 측정 표준으로 채택된 상용 프로그램 M'ATH® (METRIS Co., Argenteuil, France)를 이용하여 간접 적인 임상적 검증을 실시하였다.^{3,17)}

4. 통계분석

모든 분석은 SPSS (version 12.0, USA)를 이용하였고 p <

0.05인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 인정하였으며 계 산 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 경동맥의 내막두 께와 중막두께가 분리 측정된 144명을 동맥경화성 질환이 없는 집단과 있는 집단으로 구분하여 경동맥의 내막, 중막 및 내중막 두께의 차이를 t-검증을 통하여 분석하였다. 또 한, 임상적 위험인자(risk factor)의 유/무에 따른 경동맥의 내막, 중막 및 내중막 두께의 차이를 검증하기 위해 죽상동 맥경화 질환 유/무에 따른 상호작용효과도 포함하여 이원 변량분석(two-way ANOVA)을 하였다. 한편, 연령에 따른 경동맥의 혈관벽 두께 변화를 동맥경화성 질환에 의한 영 향을 배제시키고 조사하고자, 내막두께와 중막두께가 분리 측정된 144명 중에서, 30대부터 70대까지의 죽상동맥경화 질환이 없는 집단(71명)을 대상으로 연령과 경동맥의 내막, 중막 및 내중막 두께간의 상관관계(Pearson Correlations)를 분석하였다.

결 과

동맥경화성 질환이 없는 집단(75명)에 비하여 있는 집단 (69명)의 내막두께(IT)와 중막두께(MT)는 p < 0.05 수준에

Table 2. Comparison of carotid intima (IT), media (MT), and intima-media thicknesses (IMT) in patients with and without atherosclerosis.

	Without atherosclerosis n=75	With atherosclerosis n=69	t	p
IT (mm)	0.31±0.03	0.33±0.03	-2.25	0.026
MT (mm)	0.40±0.09	0.44±0.08	-2.51	0.013
IMT (mm)	0.71±0.12	0.76±0.11	-2.68	0.008

Table 3-1. Relationship between carotid intima (IT), media (MT), and intima-media thicknesses (IMT) and atherosclerosis risk factors.

Risk factor	IT (mm)		MT (mm)		IMT (mm)	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
Hypertension	0.33 ±0.03	0.31 ±0.03**	0.45 ±0.10	0.40 ±0.07***	0.77 ±0.12	0.70 ±0.10***
Smoking	0.34 ±0.04	0.32 ±0.03**	0.42 ±0.08	0.42 ±0.09	0.75 ±0.11	0.73 ±0.12
Diabetes	0.33 ±0.03	0.32 ±0.03	0.43 ±0.09	0.42 ±0.09	0.75 ±0.11	0.73 ±0.12

(+): with risk factor, (-): without risk factor, **p < 0.01, ***p < 0.001 compared with that of patients with risk factor.

Table 3-2. ANOVA results from comparison in Table 3-1 including the interaction effect between risk factors and atherosclerotic disease.

	IT (F)	MT (F)	IMT (F)
Hypertension (+ vs. -) ^a	7.167**	11.013***	11.802***
Hypertension (+ vs. -) ^a ×	1.361	0.262	0.687
Atherosclerosis (+ vs. -) ^b			
Smoking (+ vs. -) ^a	6.824**	0.200	0.100
Smoking (+ vs. -) ^a ×	0.935	1.784	1.455
Atherosclerosis (+ vs. -) ^b			
Diabetes (+ vs. -) ^a	1.065	0.128	0.249
Diabetes (+ vs. -) ^a ×	1.496	0.270	0.851
Atherosclerosis (+ vs. -) ^b			

(+ vs. -)^a=with versus without the risk factor, (+ vs. -)^b=with versus without the atherosclerotic disease, ×=interaction between atherosclerotic risk factors and atherosclerotic disease, **p<0.01, ***p<0.001

서, 내중막두께(IMT)는 p<0.01 수준에서 각각 통계적으로 유의하게 더 두껍게 나타났다(Table 2).

한편, 임상적 위험인자로서 고혈압이 있는 집단은 없는 집단에 비해 내막두께(IT)는 p<0.01 수준에서, 중막두께(MT)와 내중막두께(IMT)는 p<0.001 수준에서 각각 통계적으로 유의하게 더 두껍게 나타났으며, 흡연을 하는 집단은 하지 않는 집단에 비해 내막의 두께만 유의하게 더 두꺼웠다(p<0.01)(Table 3-1). 이때 고혈압, 당뇨, 흡연 위험인자 모두에 대하여 내막, 중막 및 내중막 두께에 미치는 동맥경화성 질환 유/무의 상호작용 효과는 유의하지 않았다(Table 3-2).

또한, 30대부터 70대까지 연령의 증가에 따른 내막, 중막 및 내중막 두께의 상관성을 분석한 결과는 내막(r=0.374, p=0.001), 중막(r=0.433, p=0.000) 및 내중막(r=0.479, p=0.000) 모두 유의한 정적상관(positive correlation)을 보였다. 또한, 내중막 두께에 대한 중막두께의 상관성(r=0.961, p=0.000)은 내막두께의 상관성(r=0.701, p=0.000)보다 더 높게 나타났다(Table 4). 경동맥 혈관벽 두께들간의 공유설명량(r²)은 내중막두께와 중막두께는 92.4%로서 가장 많았고, 내중막두께와 내막두께는 49.1%이었으며, 내막두께와 중막두께는 27.4%로서 가장 적었다.

고 찰

본 연구에서는 기존연구결과와 같이 동맥경화성 질환이 없는 집단에 비해 있는 집단이 경동맥의 내중막두께가 통계적으로 유의하게 더 두꺼웠을 뿐만 아니라, 내막두께와

Table 4. Correlations between age and carotid intima (IT), media (MT), and intima-media (IMT) thickness.

	Age	IMT	IT	MT
Age	1			
IMT	0.479***	1		
IT	0.374***	0.701***	1	
MT	0.433***	0.961***	0.523***	1

***p<0.001

중막두께 또한 더 두꺼운 것을 확인할 수 있었다.

한편, 위험인자 중 혈압에 대한 종례의 연구에서는 고혈압이 있는 사람이 그렇지 않은 사람보다 내중막두께가 증가하고, 그 차이는 0.06~0.25 mm이었다고 한다.²¹⁾ 본 연구 결과 고혈압이 있는 집단은 없는 집단에 비해 평균적으로 내막두께는 0.02 mm (p<0.01), 중막두께는 0.04 mm (p<0.001), 내중막 두께는 0.05 mm (p<0.001) 더 두껍게 나타났다. 외국 연구의 결과와 조금 차이가 있는 것은 인종 및 식습관의 차이 등에 기인하는 것으로 생각된다. 또한 대체적으로 흡연자는 비흡연자보다 내중막두께 수치가 높으며, 그 차이는 평균 0.05~0.1 mm 정도이며, 간접 흡연자에서도 유의하게 증가된다.²²⁾ 본 연구에서는 흡연을 하는 집단은 하지 않는 집단에 비하여 평균적으로 내막의 두께만 0.02 mm (p<0.01) 더 유의하게 두꺼웠다. 이 결과로부터 동맥경화성 질환의 원인이 되는 흡연, 음주 및 식습관이 이 질환의 발현 전에 내막의 변화에 먼저 기여하는 것으로 생각된다. 따라서, 중막에 비해 매우 얇은 내막의 두께 변화를 주기적으로 관찰함으로써 죽상동맥경화증의 조기진단이 가능할 것으로 생각된다.

연령과 내막, 중막 및 내중막 두께의 상관성을 분석한 결과로는 연령이 증가함에 따라 내막(r=0.374, p=0.001), 중막(r=0.433, p=0.000) 및 내중막(r=0.479, p=0.000) 모두 증가하는 것으로 나타났다. 내중막 두께에 대한 중막두께의 상관성(r=0.961, p=0.000)은 내막두께의 상관성(r=0.701, p=0.000)보다 더 높게 나타났다. 이것은 내막두께보다 중막두께의 증가가 내중막두께의 증가에 더 크게 영향을 주는 것으로 생각된다. 이는 죽상동맥경화증의 진행에 따라 중막에서 퇴행성 변화가 오면서 섬유화가 가속되고 혈관의 탄성이 감소되며 수축기 혈압을 상승시키게 되므로³⁾ 중막이 혈관 노화 및 고혈압환자의 경동맥 내중막 두께 상승에 주된 요인이 됨을 알 수 있다. 또한, 내막과 중막의 두께는 공통설명량이 27.4%로서 상대적으로 낮았는데, 이것은 내막과 중

막이 서로 다른 임상적 의미를 내포하고 있음을 시사하므로 이들의 두께를 별도로 측정하는 임상연구의 필요성이 중요할 것으로 생각된다.

이처럼 경동맥의 내막과 중막을 분리 측정함으로써, 경동맥의 내막두께는 죽상동맥경화증의 조기진단지표로서, 경동맥의 중막두께는 혈관노화의 진단지표로서 임상적으로 큰 중요성을 가진다고 할 수 있다. 앞으로 이 지표들이 임상적으로 유용하게 사용되기 위해서는, 혈관 내 초음파 검사를 통한 비교연구와 함께 여러 질환에 대해 최적으로 적용할 수 있는 측정 부위 및 방법에 대한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 그 동안 국내에서 수동으로 측정해왔던 경동맥 내중막 두께를 자동으로 측정함으로써 죽상동맥경화의 조기 진단의 임상적 신뢰성을 높이고, 내막과 중막, 내중막의 두께를 각각 측정함으로써 현재 임상에 사용 중인 기존의 내중막 두께측정 프로그램의 성능을 향상시킴과 동시에 내막두께 및 중막두께 각각의 파라미터에 대한 임상적 통계분석이 가능하게 되었다는 중요한 의미를 갖는다.

참 고 문 헌

1. Pujia A, Colonna A, Gnasso A, et al: Common carotid arterial wall thickness in NIDDM subjects. *Diabetes Care* 17: 1330-1336 (1994)
2. 이선규, 황희영, 김형식 등: 성인 지원자에서 B 방식 초음파를 이용해 측정된 경동맥 내막중막 두께의 분포. *대한순환기학회* 29(11):1201-1211 (1999)
3. 현대우, 배장호, 김기영, 황인경, 김원식: 초음파와 새로운 소프트웨어를 이용한 경동맥 내막, 중막, 내중막 두께측정. *대한순환기학회* 35:624-632 (2005)
4. Jeong IB, Bae JH, Kim KY, et al: The carotid intima-media thickness as a screening test for coronary artery disease. *Korean Circ J* 35:460-466 (2005)
5. Ebrahim S, Papacosta O, Whincup P, et al: Carotid plaque, intima media thickness, cardiovascular risk factors, and prevalent cardiovascular disease in men and women. *Stroke* 30:841-850 (1999)
6. Craven TE, Ryu JE, Espeland MA, et al: Evaluation of the associations between carotid artery atherosclerosis and coronary artery stenosis: a case control study. *Circulation* 82: 1230-1242 (1990)
7. Touboul PJ: Clinical impact of intima-media measurement. *Eur J Ultrasound* 16:105-113 (2002)
8. Burke GL, Evans GW, Riley WA, et al: Arterial wall thickness is associated with prevalent cardiovascular disease in middle aged adults: The atherosclerosis risk in communities (ARIC) study. *Stroke* 26:386-391 (1995)
9. Tracy RE: Medial thickness of coronary arteries as a correlate of atherosclerosis. *Atherosclerosis* 139:11-19 (1998)
10. Rossi M, Cupisti A, Perrone L, Santoro G: Carotid ultrasound backscatter analysis in hypertensive and in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol* 28:1123-1128 (2002)
11. 김대중, 최성희, 김세화: 한국인 성인의 High Sensitive C-reactive Protein 농도와 경동맥 내중막 두께. *대한당뇨병학회* 27: 49-62 (2003)
12. Mancini GJB, Abbott D, Kamimura C, Yeoh E: Validation of a new ultrasound method for the measurement of carotid artery intima medial thickness and plaque dimensions. *Can J Cardiol* 20(13):1355-1359 (2004)
13. 최영길, 이태희, 김영설: 당뇨병성 대혈관 합병증과 동맥 내중막 비후 제1판, 한의학, 서울 (2000), pp. 19-125
14. 김지훈, 윤호중, 홍은주 등: 관상동맥질환의 중증도 예측을 위한 총 경동맥 B-Mode 초음파의 임상적 의의: 수동 측정 상의 중요 인자들. *대한순환기학회* 35:467-473 (2005)
15. 김기식: 심장의 초음파 영상: 동맥경화증의 조기평가에 고해상도 초음파의 이용. *대한심초음파학회* 13:66-67 (2005)
16. 정진원: 동맥경화의 진단방법으로 경동맥 내막-중막 두께의 의의. *한국심초음파학회지* 10(2):8-12 (2002)
17. 배장호, 승기배, 정해역 등: 대한민국 정상인과 위험인자군의 경동맥 내중막 두께: 다기관 역학연구. *대한순환기학회* 35:513-524 (2005)
18. Wang Z, Bovik AC: A universal image quality index. *IEEE Signal Processing Letters* 9(3):81-84 (2002)
19. 원철호: 초음파 영상에서의 스펙클 잡음 제거 및 에지 검출. *대한전자공학회* 33(4):702-710 (1996)
20. Canny J: A computation approach to edge detection. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 8(6):679-698 (1986)
21. O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA, et al: Distribution and correlates of sonographically detected carotid artery disease in the Cardiovascular Health Study. *Stroke* 23:1752-1760 (1992)
22. Howard G, Burke GL, Szklo M, et al: Active and passive smoking are associated with increased carotid wall thickness. The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Arch Intern Med*. 154:1277-1282 (1994)

Measurements of Carotid Intima, Media, and Intima-media Thickness and Their Clinical Importance

Wuon-Shik Kim, Hwan-Taek Jeong, Ki-Yong No, Jang-Ho Bae*

Human Life Measurement Group, Korea Research Institute of Standards and Science,
*Division of Cardiology, Heart Center, College of Medicine, Konyang University

The severity of carotid intima-media thickness (IMT) is an independent predictor of atherosclerosis which causes transient cerebral ischemia, stroke, and coronary events such as myocardial infarction. The IMT consists of intima thickness (IT) and media thickness (MT). However, the individual clinical significance of IT and MT has not been well studied. We devised a method of measuring IT, MT, and IMT using B-mode ultrasound image processing technique for the diagnosis of atherosclerosis. To inspect the clinical significance of IT, MT, and IMT, one hundred forty-four consecutive patients (mean age: 57 years old, 72 males) were underwent common carotid artery scanning using high-resolution ultrasound. Results showed that, the IT ($p < 0.05$), MT ($p < 0.05$) as well as IMT ($p < 0.01$) of patients with atherosclerotic disease were significantly thicker than that of the patients without atherosclerotic disease. Patients with hypertension showed significantly thicker IT ($p < 0.01$), MT ($p < 0.001$), and IMT ($p < 0.001$). However, only IT was thicker in patients with smoking ($p < 0.01$). The IT ($r = 0.374$, $p = 0.001$), MT ($r = 0.433$, $p = 0.000$), and IMT ($r = 0.479$, $p = 0.000$) showed positive correlation with age. The coefficients of determination (r^2) were estimated to be 92.4% for IMT and MT, 49.1% for IMT and IT, and 27.4% for IT and MT. This result suggests that the intima layer of the carotid artery has a different physiology with the media layer.

Key Words: Atherosclerosis, Carotid artery, Intima thickness (IT), Media thickness (MT), Intima-Media thickness (IMT)