Journal of Radiation Industry 10(3) : 117~122(2016)

하지 동맥 경화증의 진단에서 하지 동맥 혈관조영 CT와 하지 동맥 관류 CT의 임상 적용

문 일 봉[1,*] · 동 경 래[1] · 구 은 회[2]

[1]광주보건대학교 방사선과, [2]청주대학교 방사선학과

Clinical Application of Lower Extremity CTA and Lower Extremity Perfusion CT as a Method of Diagnostic for Lower Extremity Atherosclerotic Obliterans

Il-Bong Moon[1,*], Kyung-Rae Dong[1] and Eun-Hoe Goo[2]

[1]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 683-3 Shinchang-dong, Gwangsan-gu, Gwangju 62287, Republic of Korea*

[2]*Department of Radiological Science, Cheongju University, 298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do 28503, Republic of Korea*

Abstract - The purpose of this study was to assess clinical application of lower extremity CTA and lower extremity perfusion CT as a method of diagnostic for lower extremity atherosclerotic obliterans. From January to July 2016, 30 patients (mean age, 68) were studied with lower extremity CTA and lower extremity perfusion CT. 128 channel multi-detector row CT scans were acquired with a CT scanner (SOMATOM Definition Flash, Siemens medical solution, Germany) of lower extremity perfusion CT and lower extremity CTA. Acquired images were reconstructed with 3D workstation (Leonardo, Siemens, Germany). Site of lower extremity arterial occlusive and stenosis lesions were detected superficial femoral artery 36.6%, popliteal artery 23.4%, external iliac artery 16.7%, common femoral artery 13.3%, peroneal artery 10%. The mean total DLP comparison of lower extremity perfusion CT and lower extremity CTA, 650 mGy-cm and 675 mGy-cm, respectively. Lower extremity perfusion CT and lower extremity CTA were realized that were never be two examination that were exactly the same legions. Future through the development of lower extremity perfusion CT soft ware programs suggest possible clinical applications.

Key words : Lower extremity CTA, Lower extremity perfusion CT, ASO

서 론

현대사회가 발전하고 생활습관의 변화로 이와 관련된 만성질환(고혈압, 비만, 당뇨, 이상지질혈증 등)의 발병률이 급격히 증가하고 있다(King *et al*. 1998; Yanovski and Yanovski 2002; Kearney *et al*. 2005). 이러한 만성질환들은 동맥경화증(atherosclerotic obliterans, 이하 ASO)의 주요한 원인의 하나로 인식되고 있고, 각종 말초동맥 질환(peripheral artery disease, 이하 PAD)과 뇌혈관 및 심혈관질환의 직접적인 원인으로 알려져 있다(Craven *et al*. 1990; Handa *et al*. 1990;

* Corresponding author: Il-Bong Moon, Tel. +82-62-958-7661, Fax. +82-62-958-7669, E-mail. moonib@ghu.ac.kr

Margitic *et al*. 1991; Wikstrand and Wiklund 1992; Fuster and Gotto 2000). 특히, 하지의 폐쇄성 동맥 질환의 가장 많은 원인을 차지하는 ASO는 60~70대의 고령인 환자에서 가장 많이 발생하며 고혈압, 고지혈증, 당뇨, 흡연 등의 과거력을 가진 환자에서 그 발병률이 높은 것으로 알려져 있다 (Lee *et al*. 2008). 동맥경화증 이외에도 당뇨발, 버거병, 동상 등의 하지 동맥 폐쇄성 질환의 진단은 환자의 과거력과 이학적 검사에 의해 예측할 수 있지만 폐쇄 정도와 범위를 객관적으로 평가하여 치료 방향을 설정하기 위해서는 여러 가지 영상진단 기법에 의한 혈관 촬영이 필요하다(Kim *et al*. 1992).

특히 수술과 동맥혈관성형술 등을 시행하기 위해서는 혈관의 해부학적 상태, 병변의 정확한 위치와 폐쇄 정도, 병변의 하부혈관의 상태 등을 파악하여야 한다. 하지 동맥 수술 전 진단에서 표준적인 방법으로 사용되고 있는 고식적 혈관조영술(conventional angiography, 이하 CA)은 대퇴동맥의 천자같은 침습적인 시술로 인해 여러 합병증과 높은 유병률을 보이고 있다(Seldinger 1953; Babu *et al*. 1989). 그러므로 혈관조영술을 대신할 비침습적 영상 검사인 다중검출 나선식 컴퓨터단층촬영(multi-detector computed tomography, 이하 MDCT)은 넓은 용적의 고속촬영이 가능하며 조영제의 정맥주사 후 조영증강에 따른 분별 촬영이 더욱 강화되었다. 또한 역동적 관류 CT(dynamic perfusion CT)는 최근 급성 허혈성 뇌경색 환자와 복부장기(간, 췌장, 신장 등)의 국소적 혹은 전반적인 혈류이상을 영상화하는 방법으로 해부학적 변화 이외에 기존의 진단방법으로 알 수 없는 조직 상태를 파악할 수 있는 장점이 있다.

이에 본 연구에서는 하지 동맥 경화증 진단에서 널리 사용되는 하지 동맥 혈관조영 CT를 시행한 환자의 폐쇄성 동맥 질환에 따른 허혈성 조직 영역을 조사하고 병변 부위의 혈액학적 특성을 하지 동맥 관류 CT에 적용하여 비교해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2016년 1월부터 7월까지 광주에 위치한 일개 종합병원 영상의학과를 내원하여 혈관이식외과에서 하지 동맥 경화증을 진단받은 환자 중 고관절 인공관절 수술 환자와 무릎관절 인공관절 수술 환자를 제외한 30명(남자 21명, 여자 9명; 평균연령 68세)을 대상으로 하지 동맥 관류 CT를 검사 후 하지 동맥 혈관조영 CT를 시행하여 비교하였다.

2. 방법

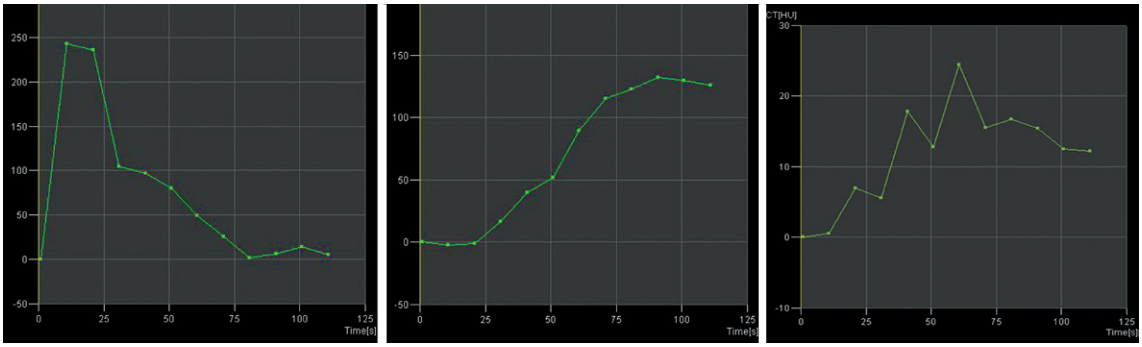
사용한 장비는 128채널 MDCT (SOMATOM Definition Flash, Siemens medical solution, Germany)를 이용하였고, 동일 장비로 하지 동맥 관류 CT를 검사 후 바로 하지 동맥 혈관조영 CT를 시행하여 비교하였다. 하지 동맥 관류 CT는 방사선량을 최소화하기 위해 관전압과 관전류를 최소한도로 낮췄으며, 사용한 조영제(Ultravist® 300, Bayer Schering Pharma, Korea)는 초당 3.5 cc, 총 용량 50 cc로 생리식염수 0.9% (대한약품)는 초당 3.5 cc, 총 용량 40 cc를 조영제자동주입기(automatic dual injector, Stellant®, Medrad, USA)를 이용하여 영상을 획득하였다(Table 1).

3. 영상재구성 방법

획득한 영상은 3D Workstation (Leonardo, Siemens, Germany)를 이용하여 재구성하였으며, 재구성 Protocol은 VPCT Body의 tumor application을 사용하였다. 조영증강 정도는 TAC (time attenuation curves) 관심영역(region of interest,

Table 1. Comparison of protocol with lower extremity perfusion CT and lower extremity CTA

		Lower extremity perfusion CT protocol	Lower extremity CTA protocol
kV		80	100
mAs		80	100 (Eff. mAs)
Slice (mm)		5.0 (32 × 1.2 mm)	3.0 (128 × 0.6 mm)
Scan time (sec)		2.5	
Rotation time (sec)		0.28	0.5
Kernel		B20f smooth	B31f medium smooth +
Window		abdomen	abdomen
FOV (mm)		435	330
4D range		283 mm 2.5 sec	
Exam time (sec)		115.88	17
CTDIvol (mGy)		22.5	5.43
Total DLP (mGy-cm)		650	675
Contrast	Speed	3.5 cc sec^{-1}	3.5 cc sec^{-1}
	Total volume	50 cc	130 cc
Saline	Speed	3.5 cc sec^{-1}	3.5 cc sec^{-1}
	Total volume	40 cc	40 cc



(a) (b) (c)

Fig. 1. Slope of TDC (Time Density Curve) (a) Artery (b) Vein (c) Soft tissue.

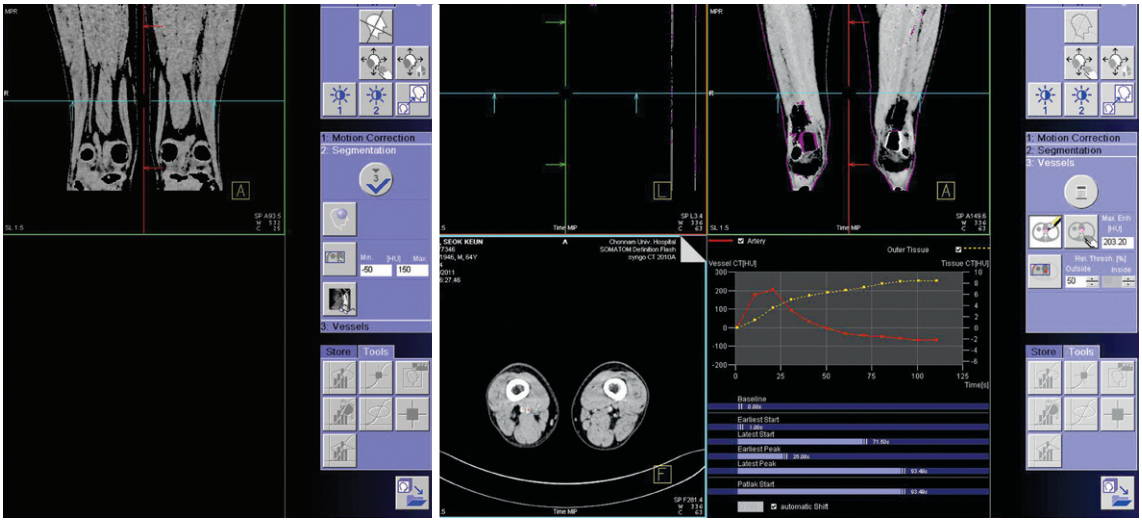


Fig. 2. Segmentation and vessels analysis of Leonardo workstation.

이하 ROI)을 측정하여 확인하였으며(Fig. 1), 하지 동맥 부위는 호흡에 의한 움직임이 적어 움직임 보정(motion correction)기능은 사용하지 않았다. 혈관과 조직 이외에 골조직은 Min −50~Max 150으로 적절하게 CT number 값(hounsfield unit, 이하 HU)을 설정한 후 분획화(segmentation)하여 제거하였다.

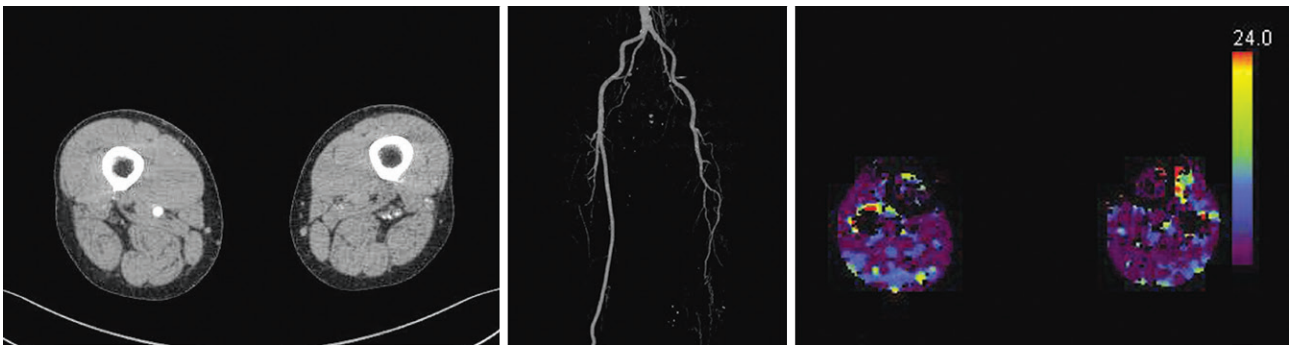
이후 artery vessel의 ROI를 설정한 후 수학적 연산 알고리즘으로 계산하면 혈류 양(blood flow, ml/100 ml min^{-1}, 이하 BF)을 color map으로 구현할 수 있다(Fig. 2).

결 과

30명의 환자를 대상으로 하지 동맥 혈관조영 CT와 하지 동맥 관류 CT를 모두 시행하였으며, 병변 부위는 표재성 대퇴동맥(superficial femoral artery occlusion)이 11건(36.6%)으로 가장 많았고, 그중 3개는 협착(stenosis), 8개는 폐쇄(occlusion)였다. 다음으로 슬와동맥 폐쇄(popliteal artery occlusion)가 7건(23.4%)으로, 그중 2건이 협착, 5건이 폐쇄였다. 외장골동맥 폐쇄(external iliac artery occlusion)가 5건(16.7%), 총대퇴동맥 폐쇄(common femoral artery occlusion)가 4건(13.3%), 비골동맥 협착(peroneal artery stenosis)가 3건(10%)이었다(Table 2).

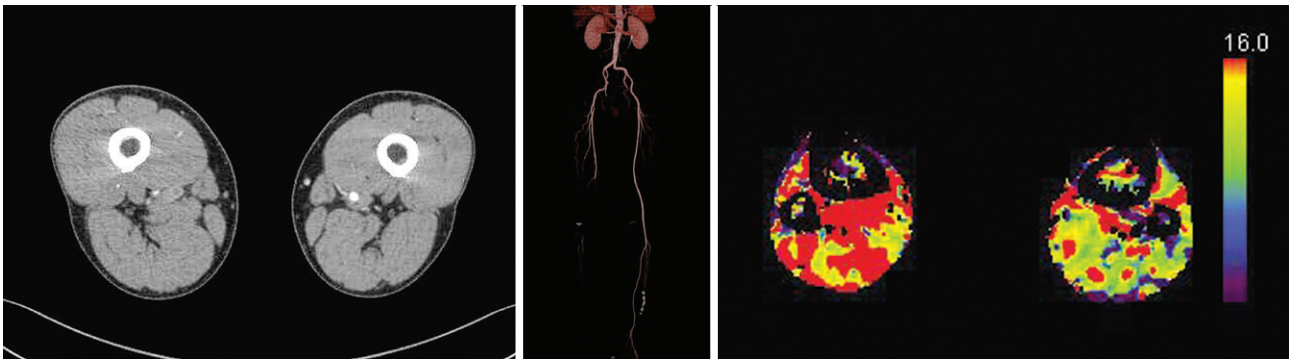
Table 2. Site of lower extremity arterial occlusive and stenosis lesions (N = 30)

Vessel	Character (n)		Total number	%
	Occlusion	Stenosis		
External iliac artery	5		5	16.7
Common femoral artery	4		4	13.3
Superficial femoral artery	8	3	11	36.6
Popliteal artery	5	2	7	23.4
Peroneal artery		3	3	10



(a) (b) (c)

Fig. 3. (a) Axial image of lower extremity CTA (b) MIP image of lower extremity CTA (c) Color map image of blood flow.



(a) (b) (c)

Fig. 4. (a) Axial image of lower extremity CTA (rt femoral artery total occlusion), (b) Volume rendering of lower extremity CTA, (c) Blood flow of color map.

최근 미국 FDA는 뇌졸중(Stroke)의 진단과 치료를 돕기 위한 Brain Perfusion CT 영상촬영 도중 과도한 방사선 피폭 위험이 있었다고 밝혔으며, 지난 18개월 동안 특정 병원의 환자가 뇌 영상촬영의 예상 수치인 0.5 Gy보다 약 8배 더 높은 3~4 Gy의 방사선에 피폭되었고, 일부 환자는 과도한 방사선 피폭으로 인해 머리카락이 빠지거나 피부 홍반이 발생되었다고 보고되었다. 이러한 권고사항을 준수하기 위해 최소한의 방사선량으로 영상을 획득하도록 하였으며, 평균 total DLP (dose-length product, mGy-cm) 비교 결과 lower extremity perfusion CT에서 650 mGy-cm, lower Extremity CTA에서 675 mGy-cm로 비교적 적은 선량을 사용하였다.

하지 동맥 혈관조영 CT에서 협착이 발견되거나 폐색이 된 환자의 하지 동맥 관류 CT와의 영상의 일치도는 거의 대부분의 환자에서 저명하게 일치되는 부분은 없었다(Fig. 3).

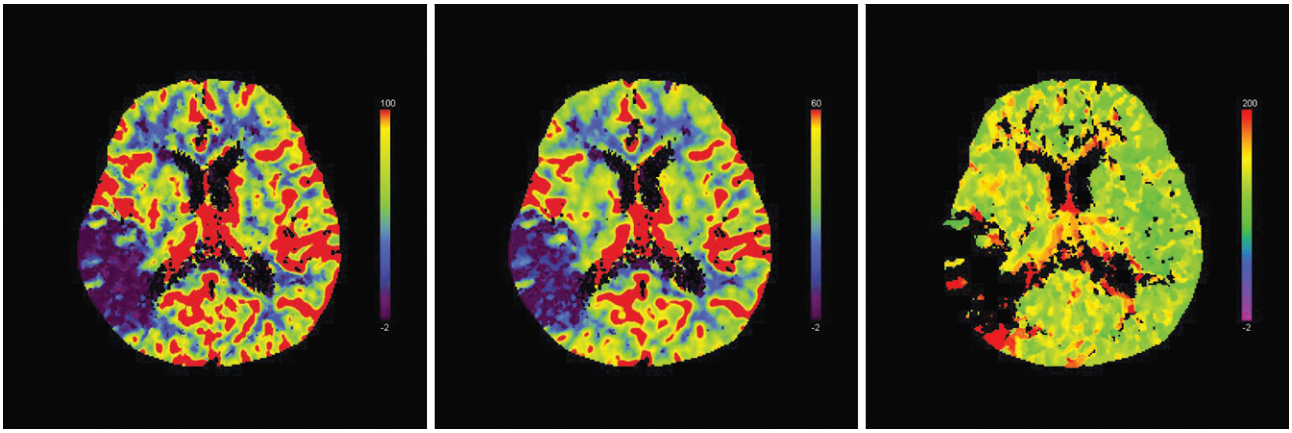
오히려 하지 동맥 혈관조영 CT에서 협착이 발견되거나 폐색이 된 환자의 하지 동맥 관류 CT 영상과 비교한 결과 혈류 양(BF)을 보여주는 color map에서 BF가 증가하는 결과도 보여주었다(Fig. 4).

이와 같은 결과는 급성 허혈성 뇌경색환자의 perfusion CT 영상에서 보여주듯이 연부조직으로 구성된 영역이 많고 혈류 양(BF)과 혈액 용적(blood volume, 이하 BV), 평균 조영제 통과시간(mean transit time, 이하 MTT), 최대 도달시간(time to peak, 이하 TTP) 등을 평가할 수 있는 소프트웨어 프로그램이 VPCT (volume perfusion CT) Neuro와 VPCT Body로 국한되어 개발되었기에 가능한 경우라 여겨진다 (Fig. 5).

반면 하지 동맥 관류 CT 영상은 골 조직의 분포가 전체 용적의 40% 정도를 차지하고 있으며, 하지 동맥의 주요 혈관이 협착되거나 폐색되었다 할지라도 우회 혈관(bypass)이 발달하여 말초부위의 주위 연부조직에 혈액공급원이 되기 때문에 혈류 양이 증가하는 영상을 보여주는 것으로 생각되며(Fig. 6), 하지 동맥 협착이나 폐색이 초기 발생한 시점에서 검사를 시작한 시점 간의 시간적인 차이도 영향을 줄 것으로 여겨진다.

고 찰

임상적으로 하지 동맥의 폐쇄, 경화증, 혹은 외상에 의한 절단이 의심될 때, 지금까지는 통상적으로 혈관조영술(CA)



(a) (b) (c)

Fig. 5. (a) CBF (cerebral blood flow), (b) CBV (cerebral blood volume), (c) TTP (time to peak).

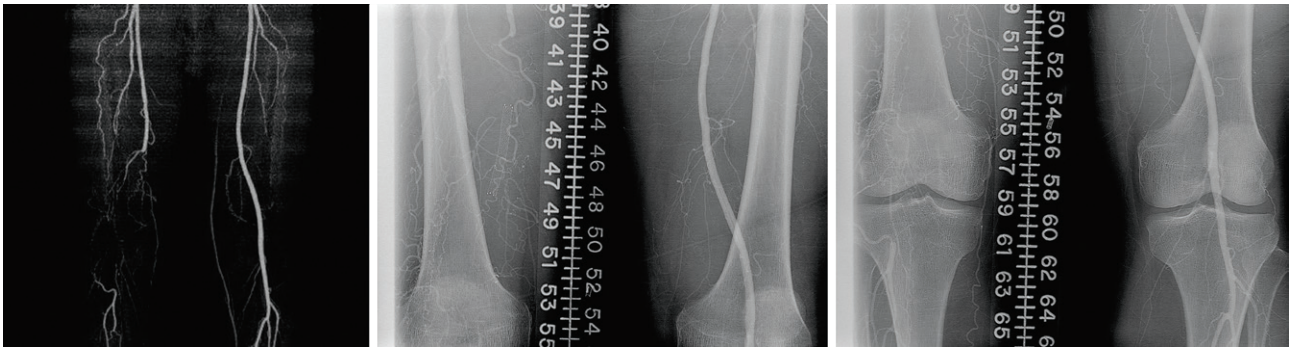


Fig. 6. Peripheral bypass branch of rt femoral artery and popliteal artery.

을 시행하여 하지 동맥을 관찰하여 왔다. 이 고식적인 혈관조영술은 침습적인 검사방법으로 시간이 많이 걸리며 검사에 따른 여러 가지 합병증이 발생할 수 있다. 비침습적이고 안전한 검사방법으로 이중 도플러 초음파 검사(duplex doppler ultrasonography)는 검사자에 의존적이고 시간이 많이 걸리며 MR 혈관종영술은 고가의 장비여서 실제적으로 널리 이용되지 못하고 있다. 반면 MDCT의 발전으로 영상의 질을 높이고, 좀 더 넓은 범위를 짧은 시간 내에 스캔할 수 있는 장점을 가지고 있어, 한 번의 연속획득으로 하지 혈관조영술이 가능하게 되었다(Babu *et al*. 1989). 또한 환자와 방사선 종사자의 방사선 피폭량을 줄이면서, 보다 비침습적인 방법으로 특별한 사전처치 없이 바로 시행할 수 있어 외래환자에서도 시행할 수 있는 검사법으로 알려져 있다.

본 연구에서 적용한 VPCT Body의 tumor protocol은 종양을 규명하는 하나의 특성으로 진단과 치료에 대한 반응 및 예후를 예측하는 데 도움을 주며 비침습적으로 종양의 혈관성을 측정하는 방법에 있어서 종양 내의 관류(tissue perfusion)를 측정하여 종양의 혈관성, 혈류 및 기질교환 등으로 이루어지는 종양의 성격을 규명하는 하나의 특성으로서의 유용한 검사방법이며, 종양의 혈관성은 혈관 생성과 종양 내의 혈류 모세혈관의 투과성 및 간질조직의 부피 등으로 결정되며 종양의 조영증강 정도를 결정하는 가장 중요한 인자로 혈류 공급과 혈액의 부피임을 착안하여 적용해 보았던 검사이다.

결 론

하지 동맥의 폐색 및 협착이 있는 모든 환자에서 하지 동맥 혈관조영 CT와 하지 동맥 관류 CT가 일치하는 결과를 보이지는 않았지만, 향후 CT 장비 회사와 발전성 있는 논의를 해볼 만하다고 여겨진다. 비록 프로그램이 개발되지 않아 저자가 가장 근접하다고 생각한 방법으로 측정한 값이지만 지속적인 연구와 소프트웨어 개발이 이루어진다면 향후 임상적용이 가능할 것이며, 현재까지 관류 CT의 임상적용은 급성 허혈성 뇌경색 질환과 복부장기(간, 췌장, 신장 등)의 국소적 혹은 전반적인 혈류이상을 영상화하는 방법으로 국한되어 있으므로 이번 연구를 계기로 하지 동맥 경화증

진단에 하지 혈관의 협착 또는 폐색으로 인한 허혈 부위를 영상화하는 소프트웨어 개발을 적극 추천하는 바이다.

참 고 문 헌

Babu SC, Piccorelli GO, Shah PM, Stein JH and Clauss RH. 1989. Incidence and results of arterial complications among 16,350 patients undergoing cardiac catheterization. *J. Vasc. Surg*. **10**(2):113-116.

Craven TE, Ryu JE, Espeland MA, Kahl FR, McKinney WM, Toole JF, McMahan MR, Thompson CJ, Heiss G and Crouse JR 3rd. 1990. Evaluation of the associations between carotid artery atherosclerosis and coronary artery stenosis: A case-control study. *Circulation* **82**(4):1230-1242.

Fuster V and Gotto AM Jr. 2000. Risk reduction. *Circulation* **102**(suppl 4):94-102.

Handa N, Matsumoto M, Maeda H, Hougaku H, Ogawa S, Fukunaga R, Yoneda S, Kimura K and Kamada T. 1990. Ultrasonic evaluation early carotid atherosclerosis. *Stoke* **21**(11):1567-1572.

Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK and He J. 2005. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet* **365**(9455):217-223.

Kim ES, Lee YC, Cho HR, Kim S and Choi WJ. 1992. Clinical Study of Buerger's Disease, Based on Angiogram. *J. Korean Surg. Soc*. **43**(2):258-265.

King H, Aubert RE and Herman WH. 1998. Global burden of diabetes, 1995-2025: Prevalence, numerical estimates, and projections. *Diabetes Care* **21**(9):1414-1431.

Lee KY, Kim IM, You BO, Yoon J, Park SS, Shin DG, Kang SG and Hwang HK. 2008. Conventional Angiogram versus Multi-detector Row Helical Computed Tomography Angiogram for Preoperative Diagnostic Imaging in Low Extremity Arterial Surgery. *J. Korean Surg. Soc*. **74**(4):292-296.

Margitic SE, Bond MG, Crouse JR, Furberg CD and Probstfield JL. 1991. Progression and regression of carotid atherosclerosis in clinical trials. *Arterioscler. Thromb*. **11**(2):443-451.

Seldinger SI. 1953. Catheter replacement of the needle in percutaneus arterio-graphy; A new technique. *Acta. Radiol*. **39**(5):368-376.

Wikstrand J and Wiklund O. 1992. Frontiers in cardiovascular science: quantitative measurements of atherosclerotic manifestations on humans. *Arterioscler. Thromb*. **12**(1):114-119.

Yanovski SZ and Yanovski JA. 2002. Obesity. *N. Engl. J. Med*. **346**(8):591-602.

Received: 14 July 2016
Revised: 31 August 2016
Revision accepted: 6 September 2016