

## Digital Pulse Oximetry for the Screening of Lower Extremity Arterial Disease

Dae Moo Shim, M.D., Sung Kyun Oh, M.D., Jung Nam Kwon, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2014 Mar;21(1):36-40.

Originally published online March 31, 2014;

<http://dx.doi.org/10.4184/jkss.2014.21.1.36>

Korean Society of Spine Surgery

Department of Orthopedic Surgery, Inha University School of Medicine

#7-206, 3rd ST. Sinheung-Dong, Jung-Gu, Incheon, 400-711, Korea Tel: 82-32-890-3044 Fax: 82-32-890-3467

©Copyright 2014 Korean Society of Spine Surgery

pISSN 2093-4378 eISSN 2093-4386

The online version of this article, along with updated information and services, is  
located on the World Wide Web at:

<http://www.krspine.org/DOLx.php?id=10.4184/jkss.2014.21.1.36>

---

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# Digital Pulse Oximetry for the Screening of Lower Extremity Arterial Disease

Dae Moo Shim, M.D., Sung Kyun Oh, M.D., Jung Nam Kwon, M.D.\*

*Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Wonkwang University, Iksan, Korea*

*Division of Vascular Surgery, School of Medicine, Wonkwang University, Gunpo, Korea\**

*Institute of Wonkwang Medical Science, Iksan, Korea*

**Study Design:** Retrospective study.

**Objectives:** The aim of the study was to investigate the usefulness of a handheld digital pulse oximetry in the detection of lower extremity arterial disease.

**Summary of Literature Review:** Pulse oximetry is a well-established method for noninvasive evaluation of arterial oxygenation.

**Materials and Methods:** A Retrospective study was performed in 45 patients with lower extremity arterial disease. We compared the accuracy of a handheld digital pulse oximetry and the ankle brachial index (ABI). Digital pulse oximetry was conducted for 42 patients with 84 limbs to measure the SaO<sub>2</sub> of their index fingers and big toes in supine position. The ABI was defined as abnormal if it was less than 0.9. Pulse oximetry of big toes was defined as abnormal if the SPO<sub>2</sub> was less than 96% or it was more than 2% lower than that of the index finger.

**Results:** Digital pulse oximetry had a sensitivity of 47%(95% CI, 34-60%) and specificity of 86%(95% CI, 64-96%). ABI had a sensitivity of 49%(95% CI, 34-64%) and specificity of 95%(95% CI, 72-99%). Positive predictive values were 91%(95% CI, 74-98%) for digital pulse oximetry and 96%(95% CI, 77-99%) for ABI. Negative predictive values were 37%(95% CI, 24-51%) for digital pulse oximetry and 43%(95% CI, 25-72%) for ABI. In 22 cases with acute ischemic were the sensitivity 73%, the specificity 100%, the positive predictive value 100% and the negative predictive value 79%.

**Conclusions:** Handheld digital pulse oximetry of the big toes seems as accurate as ABI to detect lower extremity arterial diseases. The combination of both will help to distinguish low extremity arterial disease and spinal radiculopathy.

**Key Words:** arterial disease, pulse oximetry, ankle brachial index

## 서론

파행이나 하지 방사통을 호소하는 환자에서 혈관성 파행과 신경학적 파행을 감별하는 것은 쉽지 않다.<sup>1)</sup> 특히 고령의 환자에서 증상과 이학적 검사만으로 혈관성 파행을 배제하는 것은 객관적 검사를 시행하기 전에는 쉽지 않으며 혈관 조영술같은 침습적인 검사를 고려할 수 밖에 없다.<sup>1,2)</sup> 외래 진료실이나 응급실에서 짧은 시간안에 간편하게 검사할 수 있는 검사로는 족배 동맥의 축진이나 상완과 발목의 혈압을 측정하는 ABI 검사가 있다. 그러나 족배 동맥의 축진의 경우 관찰자내 오차의 범위도 크고<sup>3)</sup> 선천적으로 족배 동맥이 존재하지 않는 경우도 4-12%에 이르고 있으며 양성 예측도가 49%에 불과하다는 보고도 있다.<sup>2-5)</sup> 또한 ABI 역시 비침습적이고 경제적이어서 동맥 질환의 검사를 널리 사용되고 있으나 검사를 타 진료과에 의뢰해야 하는 번거로움과 즉시 결과를 확인할 수 없는 단점이 있고 검사의 정확도에 대해서도 논란이 있다.<sup>5)</sup> Joyce 등<sup>6)</sup>은 말초동맥 폐쇄 질환시 허혈성 하지는 의미있게 낮은 산소 포화도를 보이므로 비침습적인 방법으

로 산소 포화도 측정이 쓰일 수 있다고 보고하였다.

이에 본 저자는 혈관내 산소 포화도를 측정하거나 술 후 혈관 개방성 평가시 쓰이는 디지털 맥박 산소포화도 검사를 무지에서

**Received:** January 15, 2013

**Revised:** February 26, 2013

**Accepted:** November 28, 2013

**Published Online:** March 31, 2014

**Corresponding author:** Sung Kyun Oh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Wonkwang University  
Sanbon Hospital, Sanbondong, Gunpo city, Gyeongido, Korea

**TEL:** 82-31-390-2992, **FAX:** 82-31-390-2244

**E-mail:** niceo@hanmail.net

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

This paper was supported by Wonkwang university in 2014.

시행하여 하지 통증을 호소하는 환자에서 하지 혈관성 파행을 야기하는 하지 동맥 질환의 진단을 위해 쓰일 수 있는지 평가하고자 하였다.

## 대상 및 방법

본 연구의 대상은 2009년 8월부터 2010년 8월까지 하지 통증을 주소로 내원하여 3차원 CT (computed tomography) 혈관 조영술을 통해 하지 동맥의 협착과 폐쇄로 진단된 45명의 환자를 대상으로 하였으며 하지 말초 동맥질환의 진단은 임상증상과 CT 혈관 조영술을 통해 의의 있는 동맥 협착과 폐쇄가 동반된 경우 혈관 외과 전문의가 진단하였다. 환자들의 평균 나이는 67세, 남자는 35명, 여성 10명이었다. 이중 동맥경화에 의한 일측폐쇄가 40명, 버거씨병이 3명, 당뇨병성 혈관병증에 의한 경우가 2명이었다. 또한 색전증이나 혈전에 의한 급성 동맥 폐쇄로 진단된 경우는 11명이었다(Table 1). SpO<sub>2</sub>의 측정은 휴대용 Radical-7 Signal Extraction Pulse Oximeter (Masimo Co., Irvine, CA, USA)를 이용해 수부의 인지와 족부의 양무지에서 측정하였고 환자는 앙와위에서 측정하도록 하였다(Fig. 1). 무지의 결손이나 괴사 등으로 측정이 불가능한 경우는 제 2족지에서 측정하였다. ABI의 측정은 Non-invasive Vascular Screening Device VP-1000 (Model BP 230 PRE 2, OMRON Healthcare Co.,

Kyoto, Japan)를 이용하였다. ABI 경우 0.9 미만인 경우를 양성으로 정의하였고, 무지 산소 포화도의 경우 수지와 2% 이상차이를 보이거나 절대 값이 96% 이하인 경우를 양성으로 정의하였다.<sup>5-10)</sup>

통계학적인 분석은 SPSS ver. 12(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 receiver operating characteristic (ROC) 커브를 측정하여 ABI와 산소 포화도 검사를 비교하였고, 각 검사의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 Clinical Calculator (Vassar Stat. NY, USA)를 이용하여 계산하였다.

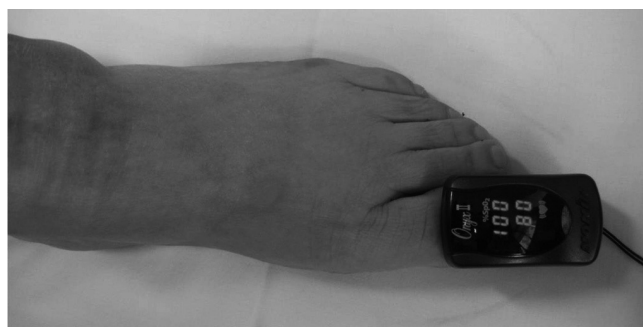
## 결 과

45명의 환자 중 42명 84예의 하지에서 휴대용 디지털 산소 포화도 측정기를 통해 수부와 무지에서 산소 포화도 측정을 하였고, 33명 66예의 환자에서 ABI 측정값을 얻었다. 이를 통해 각각의 검사의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 계산하였다(Table 2).

ROC curve의 경우 산소 포화도 측정기의 아래 면적은 0.321(95% CI, 0.205-0.438), ABI의 경우 0.375(95% CI, 0.246-0.505)를 보였다(Fig. 2). 급성 동맥 폐쇄로 진단되었던 11명 22예의 하지에서의 산소 포화도 측정의 민감도는 73%(95% CI, 37-93%), 특이도는 100%(95% CI, 68-100%), 양성 예측도는

**Table 1.** Demography of patients.

Number of Patients(limbs)	45 (90 limbs)
Average Age (yr)	66.9(40-92)
DM,n (%)	31(69%)
Hypertension,n(%)	32(71%)
Known heart disease,n(%)	11(24%)
Treatment option Surgery	28(62%)
Conservative	17(38%)



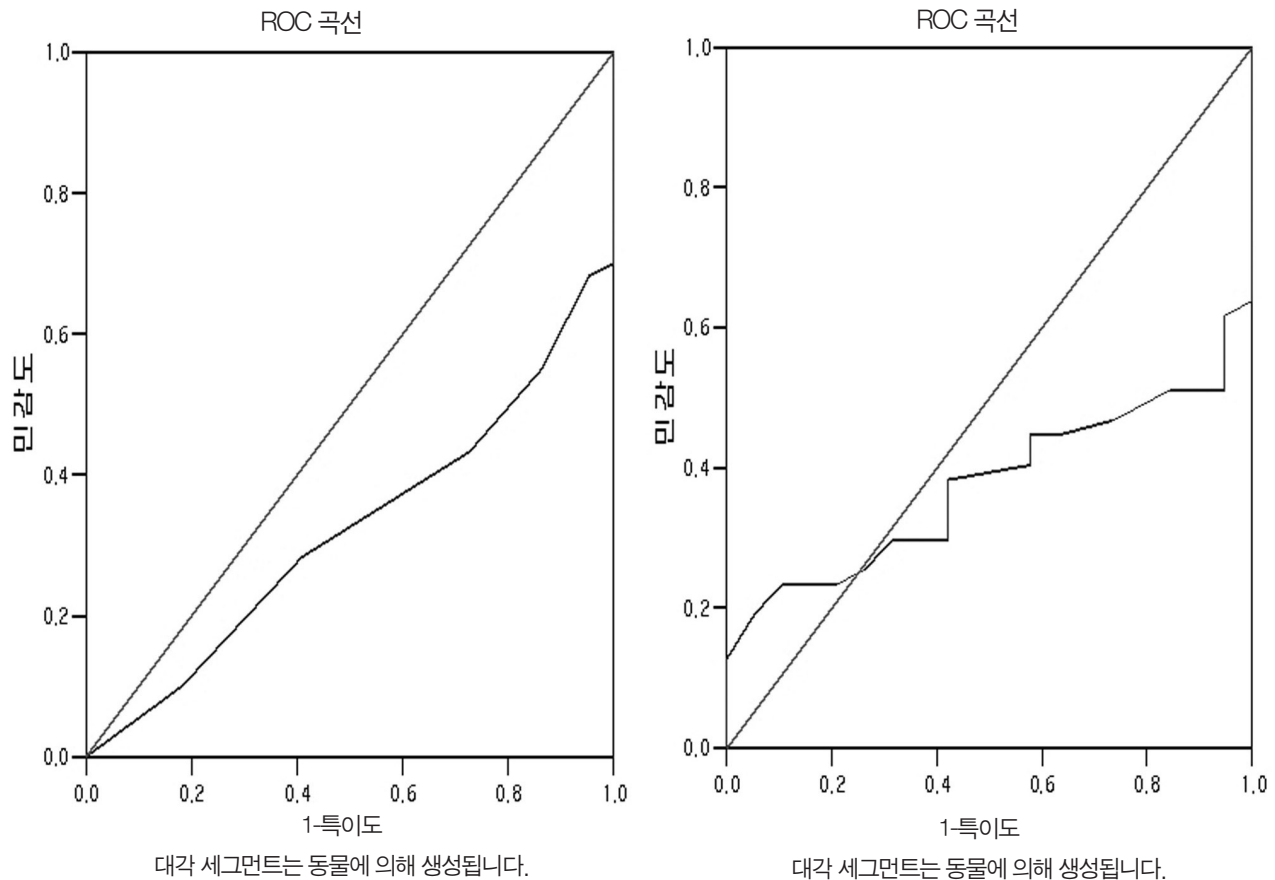
**Fig 1.** Handheld digital pulse oximetry.

**Table 2.** Results for Pulse oximetry test, Ankle brachial index.

Test Results	Arterial disease Present No.(%)	Arterial disease Absent No.(%)	Sensitivity (95% CI), %	Specificity (95% CI), %	Positive Predictive Value(95% CI), %	Negative Predictive Value(95% CI), %
Pulse oximetry test			47(34-60)	86(64-96)	91(74-98)	37(24-51)
Positive	29(35)	3(4)				
Negative	33(39)	19(23)				
ABI			49(34-64)	95(72-99)	96(77-99)	43(28-72)
<0.9	23(35)	1(2)				
≥0.9	24(36)	18(27)				

CI ;confidence interval

ABI ; ankle brachial index



**Fig 2.** Receiver operating characteristic (ROC) curve for the pulse oximetry test and the ankle brachial index (ABI). **(A)** ROC curve for pulse oximetry test, Area under the curve was 0.321 (95% confidence interval: 0.205-0.438,  $p < 0.014$ ). **(B)** ROC curve for ABI, Area under the curve was 0.375 (95% confidence interval: 0.246-0.505,  $p < 0.114$ ).

100% (95% CI, 60–100%), 음성 예측도는 79% (95% CI, 49–94%)였고, 이중 4명 8예의 하지에서 ABI를 측정할 수 있었고 이들의 민감도는 60% (95% CI, 17–90%), 특이도는 100% (95% CI, 31–100%), 양성 예측도는 100% (95% CI, 31–100%), 음성 예측도는 60% (95% CI, 17–93%)였다.

## 고찰

하지 동맥 질환의 경우 하지 허혈을 유발하여 하지 통증을 일으킨다는 점에서 척추질환과 유사하지만 이들 두 질환의 임상적 감별은 쉽지 않다. 특히, 혈관성 파행과 신경학적 파행의 감별점으로 제시되는 허리를 구부리거나 앉은 자세에서 호전되는 신경학적 파행의 특징 역시 혈관성 파행에서도 호전되는 경우가 있어 자세 변화와 연관된 통증 역시 큰 구별점은 될 수 없다.<sup>1,2)</sup> 또한 척추관 협착증의 경우 하지직거상 검사 혹은 신경학적인 이학적 검사에서 정상인 경우가 흔하고 대부분 고령의 환자로 허리의

퇴행성 병변이 동반되어 있어 동반된 요통의 유무 역시 혈관성 파행과의 감별에 큰 도움을 주지 못한다.<sup>1,2)</sup> 또한 족배 동맥이나 슬와 동맥의 촉진 역시 주관적인 감각에 의존해야 하고 동맥의 기형이나 없는 환자도 12%에 이른다는 보고도 있어 이 역시 객관화 할 수 없는 한계점이 있다.<sup>3)</sup> 또한 하지 동맥 폐쇄에 의한 일측 하지 통증의 경우 역시 추간판탈출증이나 추간공 협착증 혹은 탈출에 의한 증상과 유사해 감별을 위해 요추부위의 자기공명검사를 시행하게 되는 경우도 흔히 있다. 하지만 하지 동맥 폐쇄에 의한 통증의 경우 진단을 위해 시간이 지연된 경우 비가역적 손상으로 인해 하지 절단으로 이어질 수 있으며 혈관성 파행을 신경학적인 파행으로 오인하여 척추부위를 수술한 경우 역시 환자나 의사에게 돌이킬 수 없는 후유증을 남길 수 있다.

혈관질환에 의한 하지 통증의 경우 임상에서 권장되는 선별검사의 경우 ABI 나 도플러 초음파 검사가 있으나 초음파 검사의 경우 검사자의 능력과 기술이 요구되며 비용적인 면에서도 선별 검사로는 적절치 않다.<sup>7-9)</sup> ABI의 경우 비침습적이고 경제적이어

서 최근에는 선별검사로 추천되는 방법이지만 민감도와 특이도가 90%에 이른다는 보고에서부터 무증상의 환자에서는 민감도가 28.4%에 불과하다는 보고도 있다.<sup>7,10)</sup> 특히 당뇨가 있는 환자의 경우 말초 동맥의 석회화로 인해 ABI를 상승시킬 수 있으므로 당뇨 환자에서의 ABI의 정확도에 우려를 나타내는 보고도 있다.<sup>11,12)</sup>

본 연구와 유사하게 하지 동맥 허혈 정도를 산소 포화도 측정기를 이용해 평가하여 하지 동맥 질환의 선별검사로써의 유용성을 제시한 보고도 있으며 이들의 민감도와 특이도는 77%와 97%로 본 연구 보다 높게 나타났다.<sup>13)</sup> 이 연구의 경우 수지 보다 족무지에서 2%이상 낮게 측정 되는 것 이외에 하지 거상시 2% 이상 감소 되었을 때에도 양성으로 정의하였다. 그러나 본 연구에서는 당뇨환자의 비율이 31%로 낮아 모두 당뇨환자였던 연구보다 민감도와 특이도가 감소한 것으로 보인다. 이는 당뇨환자에서 중심 및 말초에 걸쳐 전반적인 혈관의 협착이 초래된 당뇨병에 의한 혈관병증의 경우에서 더욱 더 피하 산소포화도 측정이 도움이 될 수도 있음을 시사한다. 하지만 본 연구에서 족 무지 산소 포화도 측정의 경우 민감도와 특이도가 47%와 86%를 보여 선별검사로써의 유용성은 떨어진다고 판단된다. 하지만 본 연구에서의 ABI 역시 무지 산소포화도 측정과 유사한 민감도와 특이도를 보여 이 역시 선별검사로써의 유용성 역시 높지 않았다.

디지털 맥박 산소 포화도 측정기의 경우 말초 혈액내의 헤모글로빈의 산소 포화도를 측정하게 되므로 하지의 혈류가 감소되면 산소 포화도 역시 감소하게 된다. 이 원리를 이용하여 Jawahar 등<sup>8)</sup>이 말초 혈관 질환에서 진단적 가치를 연구하였으나 ABI가 0.5미만의 심한 혈관 질환을 가진 환자에서 약 54%만이 양성소견을 보였고 30 cm 이상 하지 거상 시에 추가적으로 23%에서 양성소견을 보였다고 하였으나 이 역시 선별검사로써의 유용성은 낮다는 결론을 얻었다. 특히 이 연구에서 산소포화도 측정 시 혈관 질환이 있는 환자에서 측정이 되지 않는 결측값도 의미 있는 값으로 볼 수 있다는 주장을 하였다. 실제 본 연구의 실행 시 환자의 중증도에 따라 산소포화도의 값이 비례하여 감소하지 않았으며 다만 색전증으로 인해 후 경골 동맥이 폐쇄된 증례들의 경우 84%, 70%의 무지 산소 포화도를 보인 예가 있었으나 이 이하의 값을 보인 경우는 없었다. 심한 하지 폐쇄라 하더라도 70% 이하의 산소 포화도의 경우 측정이 되지 않으므로 이 역시 의미 있는 값으로 처리하여 비정상적으로 보게 되면 무지 산소포화도 측정의 민감도는 증가할 수 있으며 또한 양아위에서 측정 후 30 cm 이상 하지를 거상한 후 측정하는 방법이나 보행 후 파행증세가 생겼을 때 산소포화도를 측정하는 방법 역시 민감도를 증가시킬 수 있는 방법으로 사료된다.

본 연구의 한계점으로는 증례수가 비교적 많지 않고 수술환자부터 대증치료를 시행한 환자까지 포함되어 중증도가 비균질한

단점이 있으나 하지 동통을 호소하는 환자에서의 족무지에서 산소포화도 측정이 ABI와 유사한 정도의 진단 정확도를 보였다는 것을 보여주는데 있다고 하겠다. 또한 휴대용으로 간편하게 외래나 응급실에서 단 시간 내에 비침습적으로 행할 수 있는 검사라는 장점이 있으므로 정형외과 영역에서 하지 동맥 질환의 감별을 위해 시행될 수 있는 또 하나는 진단 술기로써 도움이 될 것으로 사료된다. 또한 ABI의 경우 정형외과 전공의나 전문의가 아닌 의료보조기사에 의해 행해지는 병원이 많고 검사를 의뢰해야 하는 번거로움을 고려 한다면 ABI와 유사한 정도의 진단율을 가진 검사를 외래나 응급실에서 할 수 있는 점에서 도움이 크다 하겠다.

또한 급성 동맥 폐쇄에서 무지 산소포화도 검사의 민감도와 특이도가 높았던 것은 만성 폐쇄보다 측부 혈관의 발달이 없었기 때문으로 사료되며 ABI 경우 측정레가 8으로 많지 않아 통계적 의미를 둘 수는 없었다. 다만 급성 동맥 폐쇄에서 공통적으로 보였던 차가운 발은 족배 동맥의 축지 이상으로 의의가 있고 도움이 될 수 있는 이학적 소견으로 사료되었다.

## 결론

휴대용 디지털 맥박 산소포화도 측정기를 이용한 무지의 산소포화도 측정은 선별검사 방법으로는 적합하지 않지만 하지 동맥 질환의 진단에 있어 ABI와 유사한 정확도를 보인다. 무지의 산소 포화도 측정은 간편하고 비침습적으로 행할 수 있으므로 정형외과 외래나 응급실에서 혈관성 파행의 감별을 위해 보조적으로 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

## REFERENCES

1. Chae IJ. Lumbar spinal stenosis. J Korean Soc Spine Surg.1999;6:220-7.
2. Lee HM. Pathophysiology of Lumbar Spinal stenosis. JKorean Soc Spine Surg.2000;7:100-5.
3. Brearley S, Shearman CP, Simms MH. Peripheral pulse palpation: an unreliable physical sign. Ann R Coll Surg Engl. 1992;74:169-71.
4. Barnhorst DA, Barner HB. Prevalence of congenitally absent pedal pulses. N Engl J Med.1968;278:264-5.
5. Criqui MH, Fronek A, Klauber MR, Barrett-Connor E, Gabriel S. The sensitivity, specificity, and predictive value of traditional clinical evaluation of peripheral arterial disease: results from noninvasive testing in a defined population. Circulation.1985;71:516-22.



6. Joyce WP, Walsh K, Gough DB, Gorey TF, Fitzpatrick JM. Pulse oximetry: a new non-invasive assessment of peripheral arterial occlusive disease. *Br J Surg*.1990;77:1115-7.
7. Feigelson HS, Criqui MH, Fronek A, Langer RD, Molgaard CA. Screening for peripheral arterial disease: the sensitivity, specificity, and predictive value of noninvasive tests in a defined population. *Am J Epidemiol*.1994;140:526-34.
8. Jawahar D, Rachamalla HR, Rafalowski A, Ilkhani R, Bharathan T, Anandarao N. Pulse oximetry in the evaluation of peripheral vascular disease. *Angiology*.1997;48:721-4.
9. Johansson KE, Marklund BR, Fowelin JH. Evaluation of a new screening method for detecting peripheral arterial disease in a primary health care population of patients with diabetes mellitus. *Diabet Med*.2002;19:307-10.
10. Ouriel K, McDonnell AE, Metz CE, Zarins CK. Critical evaluation of stress testing in the diagnosis of peripheral vascular disease. *Surgery*.1982;91:686-93.
11. Hauser CJ, Klein SR, Mehringer CM, Appel P, Shoemaker WC. Assessment of perfusion in the diabetic foot by regional transcutaneous oximetry. *Diabetes*.1984;33:527-31.
12. Maser RE, Wolfson SK, Jr., Ellis D, et al. Cardiovascular disease and arterial calcification in insulin-dependent diabetes mellitus: interrelations and risk factor profiles. Pittsburgh Epidemiology of Diabetes Complications Study-V. *Arterioscler Thromb*.1991;11:958-65.
13. Parameswaran GI, Brand K, Dolan J. Pulse oximetry as a potential screening tool for lower extremity arterial disease in asymptomatic patients with diabetes mellitus. *Arch Intern Med*.2005;165:442-6.

## 휴대용 디지털 맥박 산소 포화도 측정기를 이용한 하지 동맥 질환의 진단

심대무 • 오성균 • 권정남  
원광대학교 정형외과학교실

**연구 계획:** 후향적 연구

**목적:** 하지 말초 동맥 질환과 요추부 방사통과의 감별을 위한 검사로써 휴대용 디지털 맥박 산소포화도 검사의 유용성에 대해서 알아보고자 하였다.

**선행논문의 요약:** 맥박 산소포화도 검사는 동맥의 산소포화도를 비침습적으로 검사할 수 있어 선천성 심장 질환이나 허혈성 하지 동맥 질환의 선별 검사에 쓰일 수 있다.

**대상 및 방법:** 2009년 8월에서 2010년 8월까지 하지 동맥 질환으로 확진된 45명의 양측 하지를 대상으로 양측 족부의 무지에서 맥박 산소포화도와 ankle brachial index (ABI)를 측정하였고, 이들 값을 후향적으로 조사하여 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 계산하였다. ABI의 경우 0.9 미만 인 경우를 양성으로 정의 하였고, 무지 산소포화도의 경우 수지와 2% 이상 차이를 보이거나 96% 이하인 경우를 양성으로 정의 하였다.

**결과:** 45명의 환자 중 42명 84예의 하지에서 맥박 산소포화도를 측정하였고, 33명 66예의 하지에서 ABI의 측정값을 얻었다. 디지털 맥박 산소포화도 검사의 경우 민감도는 47%(95% CI, confidence interval 34-60%), 특이도는 86%(95% CI, 64-96%), 양성 예측도는 91%(95% CI, 74-98%), 음성 예측도는 37%(95% CI, 24-51%)였다. ABI의 경우 민감도는 49%(95% CI, 34-64%), 특이도는 95%(95% CI, 72-99%), 양성 예측도는 96%(95% CI, 77-99%), 음성 예측도는 43%(95% CI, 28-72%)였다. 그러나 급성 동맥 폐색이었던 11명 22예의 경우 맥박 산소포화도의 민감도는 73%(95% CI, 37-93%), 특이도는 100%(95% CI, 68-100%), 양성 예측도는 100%(95% CI, 60-100%), 음성 예측도는 79%(95% CI, 49-94%)였다.

**결론:** 휴대용 디지털 맥박 산소포화도 측정기를 이용한 무지의 산소 포화도 측정은 민감도가 ABI와 유사해 선별 검사로서의 적합성은 떨어지지만 급성으로 발생한 하지 통증의 경우 외래나 응급실에서 척추성 하지 통증과의 감별 진단에 도움이 될 수 있다고 사료된다.

**색인 단어:** 하지 동맥 질환, 산소 포화도, 발목 상완지수

**약칭 제목:** 휴대용 산소포화도 측정기