Study of Spectral Doppler Waveform Interpretation and Nomenclature in Peripheral Artery

Myeong-Hoon Ji, Youl-Hun Seoung*

Department of Radiological Science, College of Health and Medical Sciences, Cheongju University

Received: October 16, 2022.. Revised: October 28, 2022. Accepted: October 31, 2022.

ABSTRACT

In 1959, Satomura used spectral Doppler ultrasound to express the velocity of red blood cells according to time change, and Kato defined a zero-base line that could tell the direction of blood flow, making it possible to know the direction of blood flow. This became the basis for the widely used classifications of Triphasic, Biphasic, and Monophasic. However, the above classification has limitations that confuse users with the meaning and timing of use in a clinical environment. As a result, the American Society for Vascular Medicine (SVM) and the Society for Vascular Ultrasound (SVU) A consensus document on Doppler waveform analysis was declared by the joint committee. This study tried to review this consensus and to suggest nomenclature and modifiers that can be used in the domestic vascular ultrasound clinical field. The joint committee formed by SVM and SVU recommended that the use of the triphasic waveform and the biphasic waveform be used as a multiphasic waveform rather than being used due to the ambiguity of interpretation. In addition, it was agreed to name the hybrid-type waveform, which is a monophasic and high-resistance waveform, which has always been a problem of interpretation in a clinical environment, as an intermediate resistive waveform. In addition, in order to increase the communication efficiency between the interpreter and the sonographer, waveform analysis was classified into a main descriptor and a modifier, and it was recommended to use a single nomenclature by unifying various synonyms. It is expected that this literature review will provide accurate arterial spectral Doppler waveform interpretation and an agreed-upon nomenclature to radiologists performing vascular ultrasound examination in clinical practice, and will be utilized as basic data that can contribute to the improvement of public health.

Keywords: Spectral doppler, Waveform Interpretation, Nomenclature, Consensus document, Vascular ultrasound

I. INTRODUCTION

말초 동맥 질환은 전 세계 인구의 2억 명이 영향을 받고 있다. 특히 70세 이상에서 약 15% ~ 20% 유병률을 가지고 있을 만큼 높다[1]. 따라서 말초 동맥 질환의 조기 진단과 관리는 환자 개인의 삶의 질을 상승시키고 사회경제적 비용을 줄일 수 있다[2]. 진단용 초음파를 사용한 혈류의 분광 도플러 파형(Spectral doppler waveform)은 동맥 질환 진단에 주로 사용된다[3]. 또한 초음파 도플러 파형은 혈관 혈류 평가 분야에 널리 사용되며 혈류역학적 변화와 생리학적 변화를 수치화해서 보여주는 장점을 가지고 있다[4]. 분광 도플러 파형은 혈관의 혈류 상태와 환자의 생리학적 상태에 따라 그 형태와 크기가 각각 다르게 된다[5]. 이에 따른 도플러 파형을 특성화하고 의료진 간에 의사소통을 위해 사용 되어지는 파형의 명명법(Nomenclature)은 임상 의사(Medical doctor)와 초음파사(Sonographer) 사이에 혈관 질환의 존재 유무와 중증도(Severity)를 전달하는데 중요하다[6]. 하지만 임상 현장에서는 중복되거나 상충하는 도플러 파형 용어들이 많고 소통의 어려움에 대한 인식이 10여 년 전에 발표되었다[7].

* Corresponding Author: Youl-Hun Seoung E-mail: radimage@cju.ac.kr Tel: +82-43-229-7993
Address: 298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, 28503, Republic of Korea

따라서 도플러 파형의 명명법을 표준화하고 의료진 간의 합의점에 대한 필요성이 대두되었으며 그 결과로 2020년에 미국의 혈관의학회(Society for Vascular Medicine, SVM)와 혈관초음파학회(Society for Vascular Ultrasound, SVU)는 명명법 합의를 위한 위원회를 구성하였고 도플러 파형에 대한 공통 명명법을 제언하였다[8]. 합의문에는 다음과 같은 범위와 목적을 가지고 있다. 첫째 동맥 도플러 파형 분석에 주요 정의와 수식어를 명확히 하고 표준화하였다. 둘째 생리학적 변화 및 질병 상태에 따른 도플러 변화를 규정하고 변경하도록 권고하였다. 셋째 분광 도플러 파형과 컬러 도플러 데이터의 품질과 품질 구현을 향상시키기 위해 최적화된 기술을 제공하였다. 넷째 도플러 파형 보고서 및 최종 판독문 작성에 있어서 검사자와 판독자의 지침을 제공하였다.

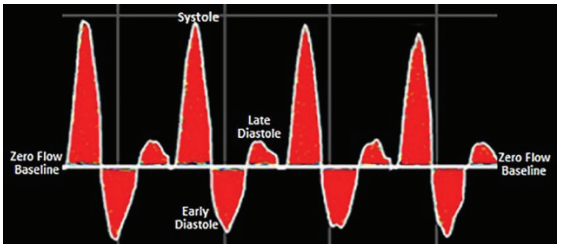
따라서 본 연구에서는 SVM와 SVU의 합의문(Consensus document)인 “Interpretation of peripheral arterial and venous Doppler waveforms: A Consensus Statement from the Society for Vascular Medicine and Society for Vascular Ultrasound”을 기반으로 동맥 분광 도플러 파형 해석의 합의된 명명법과 수식어에 대해 고찰해보고 국내 혈관 초음파 임상 현장에서 사용될 수 있는 명명법과 수식어를 제언하고자 한다.

II. MATERIALS AND METHODS

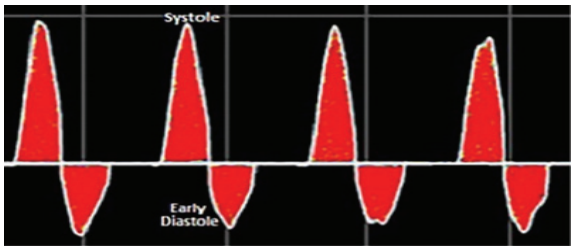
본 연구에서는 분광 도플러 파형 해석에 대한 역사를 문헌적으로 고찰하였고 SVM과 SVU의 공동 위원회의 명명법 합의에 대한 내용을 분석하였다.

1. 분광 도플러 파형 해석의 역사

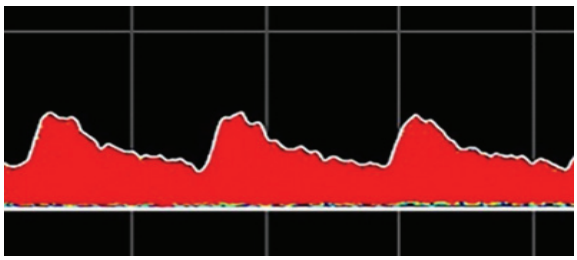
1959년도 Satomura가 분광 도플러 초음파를 이용하여 상완동맥의 혈류를 감지하였고 분광 도플러 파형의 X축은 시간의 변화, Y축은 적혈구의 속도로 구성하여 보고하였다[9]. 그 이후 지속적으로 연구를 진행하였고 Kato가 혈류의 방향을 알 수 있는 제로베이스 선(Zerobase line)을 정의하면서 전향성 혈류(Anteroflow)와 후향성 혈류(Posteroflow)로 구분하였다. 제로베이스 선을 어떻게 설정하느냐에 따라 전향성 혈류와 후향성 혈류의 샘플링 속도가 변할 수 있다. 즉, 샘플링하는 혈류의 속도가 한계를 초과할 경우 앨리어싱 아티팩트 (Aliasing artifact)가 발생하게 된다. 이러한 부분을 수정하기 위해서는 PRF를 증가시켜 측정할 수 있는 최대치를 증가시켜야 하며 이를 나이퀴스트 한계(Nyquist limit) 설정이라고 한다.



(a) Triphasic



(b) Biphasic



(c) Monophasic

Fig. 1. Spectral doppler waveform[8].

제로베이스선을 기준으로 혈류 흐름의 방향에 따라 Fig. 1과 같이 위상(Phasic)으로 분류하였고 이는 분광 도플러 파형을 해석하는 기초가 되었다[10]. 삼상파에서 각 파형은 심장 주기(Cardiac cycle)에 따라 개별 구성요소를 설명 할 수 있으며 구성요소는 다음과 같다. 첫째 수축기 요소, 둘째 초기 이완기 혈류 역전 요소, 셋째 이완기 말 전향성 반사파 요소가 있다[11]. 수축기 요소는 심장의 수축기 동안 전향으로 혈류가 유지되는 상태를 말한다. 초기 이완기말 혈류 역전 요소는 심장의 수축기가 끝나고

원위부 저항에 의해 초기 이완기에 혈류가 역전되고 뒤로 밀리는 상태를 말한다. 이완기말 전향성 반사파 요소는 이완기가 끝나고 원위부 저항의 영향이 적어지면 대동맥 및 동맥의 탄력성(Elasticity)에 의해 작은 전향성 반사파가 형성되는 상태이다.

이상파는 이완기 말 전향성 반사파가 없고 수축기 요소와 초기 이완기 혈류 역전만 표현되는 파형을 말한다. 또한 단상파는 수축기 요소만을 가지고 있으며 제로베이스 선을 넘지 않는 혈류의 흐름이 전향성을 유지하는 파형을 말한다[12].

그러나 분광 도플러 초음파 검사는 영상 정보제공이 어렵고 혈관의 위치를 알수 없는 단점을 가지고 있어 이를 극복하기 위한 듀플렉스 초음파(Duplex doppler ultarsound)가 1970년대 후반에 도입되었다[13]. 이 검사법은 초음파 혈관 영상 내에서 검사자가 특정 영역을 샘플 영역으로 설정하고 그 영역의 혈류 흐름을 측정할 수 있어, 혈류 속도 이외에 혈류역학적인 해석이 가능해졌고 이는 층류(Laminar flow), 난류(Tuburent flow)를 구분하고 설명할 수 있게 되었다[14].

2. 기존 파형 해석의 문제점

삼상파는 정상 말초 동맥 혈류를 표현하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 명명법이다[15]. 그러나 삼상파를 모두 정상 혈류로 설명하기에는 제한이 있다. 그 이유는 정상 혈관에서도 주변 환경이나 약물에 의해 원위부 저항의 변화로 이상파와 단상파가 생성될 수 있기 때문이다[16]. 이상파는 삼상파 혈류의 흐름이 비정상(Abnormal)으로 변했을 때 동맥 혈류 패턴을 설명하고 해석하는데 이용되었다. 하지만 이상파 역시 비정상 혈류 흐름을 대표하기에는 정상 환자군에서도 이상파가 발생하기 때문에 제한이 있었다. 단상파는 혈역학적으로 심각한 동맥 폐색의 말단에서 단일 위상이 발견되는 비정상적인 파형을 설명하는데 사용되었지만 임상 상황에 따라 정상 또는 비정상일 수 있다. 예를 들면 근육 운동 및 혈관 확장제 같은 약물 노출 후의 정상적인 사지에서는 단상파로 표현된다[17]. 또한 원위부 장기의 특성에 따라 달라질 수 있으며 신동맥(Renal artery)의 경우 단상파가 정상이지만 상완 동맥(Brachial artery) 또는 요골 동맥(Radial artery) 같은 말초 동맥(Peripheral artery)에서는 비정상이다[18]. 특히 앞서 논했던 단상파이면서 고저항성 혈류 패턴을 보이는 경우 하이브리드 형태로 다양한 특성을 가지며 특별한 기준 없이 수많은 해석과 묘사가 파형 해석의 문제가 되고 있다. 대표적인 하이브리드 형태 해석의 오류에는 정상일 때 삼상파로 표현되야 하는 혈관이 단상으로 표현되어 비정상 파형으로 해석하는 경우가 있고 이상파가 정상인 혈관에서 초기 이완기 말 혈류 역전 요소의 상실로 단상으로 표현될 때 비정상으로 해석하고 판단하는 경우가 있다. 이처럼 파형을 설명하기 위한 삼상파, 이상파, 단상파는 임상환경에서 50년 이상 사용되어 왔지만 표준화된 학술적 또는 사회적인 합의가 없었다[7]. 따라서 분광 도플러 파형의 표준화된 파형 명명법과 해석의 부재는 임상환경에서 많은 혼란을 야기하고 있다.

3. SVM와 SVU에서 합의된 파형 해석 및 명명법

3.1. 공동 위원회의 주요 합의점

SVM과 SVU의 공동 위원회의 명명법에 대한 합의 목적은 동맥 분광 도플러 파형 분석에 주요 정의 및 파형의 상태를 설명할 수 있는 용어를 명확히 하고 명명법을 표준화하는데 있다.

도출된 합의점은 동맥 분광 도플러 파형 및 아날로그 도플러 파형 해석에 있어서 기준선을 제로베이스 선으로 획일화하였다. 또한 혈류 흐름의 방향, 위상 및 저항과 같은 주요한 주 설명어를 사용하여 보고해야 한다고 결정했다.

위원회에서는 위상의 표현을 다중상 파형 및 단상 파형 두 가지로 통일하고 설명 할 것을 권고하고 있다. 다중상 파형은 제로베이스선을 가로지르며 전방향과 후방향 속도 성분이 모두 포함된다. 단상 파형은 혈류의 속도와 방향이 심장 주기동안 제로베이스선을 넘지 않으며 한 방향(One-way)으로 유지되는 상태를 말한다[8].

위원회에서는 동맥 분광 도플러 파형 해석에 말초 저항의 수준을 포함하고 그 단계는 고저항(High resistive), 중저항(Intermediate resistive), 저저항(Low resistive)으로 설명하기를 권고하였다.

앞서 파형 해석의 문제점에서 논한 것처럼 항상

문제가 되었던 파형은 하이브리드 파형으로 단상이지만 급격한 다운 스트로크와 이완기 전체에 걸친 연속적인 전방향 흐름을 모두 포함하는 파형이다. 즉 높은 저항과 낮은 저항의 특성을 모두 가지고 있다. 이 파형은 이전 파형 해석에 관한 문헌에서도 다양하게 분류되고 많은 혼란의 원인이 되었다. 위원회에서는 이 하이브리드 파형을 수축기 동안 예리한 상향성 스트로크와 이완기말 급격한 하향성 스트로크를 가지며 수축기 말에 노치가 있고 이완기동안 전향성 혈류를 유지하는 파형으로 정의하고 중저항 파형으로 명명하기로 합의하였다.

본 합의문에는 언급이 없었지만 도플러 파형의 형태 이외에 파형의 저항성을 나타내는 분광도플러 파형 2차 지수가 있고 여기에는 저항지수(Resistive index)와 맥동지수(Pulsatility index)가 있다. 저항지수는 최대 수축기 속도와 최대 이완기 속도의 차이를 최대 수축기 속도로 나눈값이며 맥동지수는 최대 수축기 속도와 최대 이완기 속도의 차이를 평균 속도로 나눈 값으로 두 지수 역시 원위부 저항에 대한 정량적인 수치로 잘 활용 되어지고 있다.

3.2. 주 설명어 및 수식어의 의미와 사용 시점

공동 위원회에서는 분광 도플러를 해석하고 명명하는 방법을 크게 주 설명어(Main descriptor)와 수식어(Modifier)로 구분하였다.

첫째, 주 설명어는 Table 1[8]과 같이 혈류의 방향(Flow direction), 위상성(Phasicity), 저항성(Resistance) 3가지로 구분하였다.

혈류 방향의 주 설명어의 자세한 의미와 사용 시점은 다음과 같다. 전향성은 검사하는 동안 동맥에서 혈류의 흐름이 정상적인 방향일 때 사용할 수 있다. 후향성은 제로베이스선 아래에서 혈류가 표시되며 이는 정상과 반대되는 방향일 때 적용할 수 있다. 양방향성은 혈류가 동일한 출입구 통해 일정 공간을 왕복하는 형태일 때 이용할 수 있다. 혈류 없음은 분광 도플러에서 혈류 신호가 없을 때 사용할 수 있다.

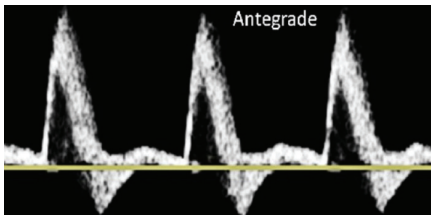
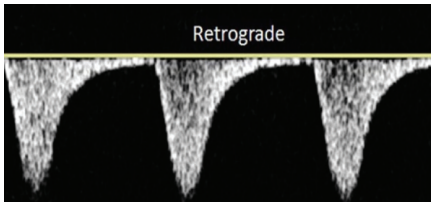
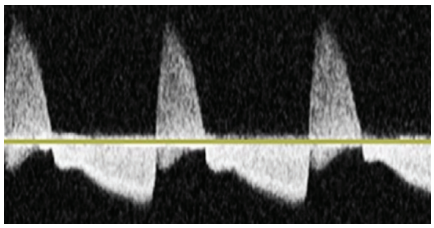
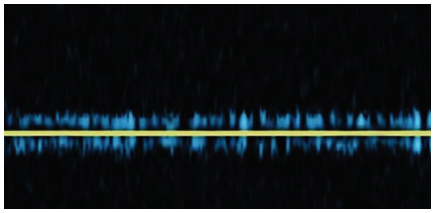
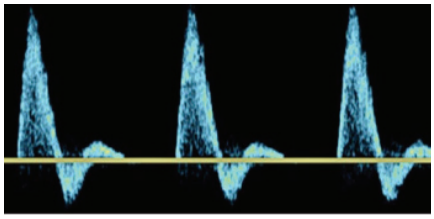
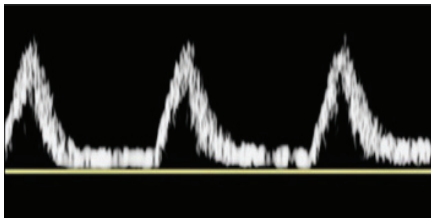
위상성의 주 설명어의 자세한 의미와 사용 시점은 다음과 같다. 다중상은 파형이 전향성 혈류와 제로베이스선을 지나는 반사성 혈류가 관찰될 때 사용할 수 있다. 단상은 심장 주기 동안에 혈류는 한 방향 즉, 전향성을 유지하고 제로베이스선을 넘지 않을 때 사용할 수 있다.

저항성의 주 설명어의 자세한 의미와 사용시점은 다음과 같다. 고저항성 파형은 가파른 상향성 스트로크와 급격한 하향성 스트로크로 구성되며 이완기에 역류성 파형이 관찰되지 않을 때 사용할 수 있다. 중저항성 파형은 가파른 상향성 스트로크와 급격한 하향성 스트로크로 구성되며 수축기 말에 너치가 관찰되고 이완기동안 제로베이스선 위로 혈류가 유지되면 사용할 수 있다. 저저항성 파형은 연장된 하향성 스트로크가 수축기 말까지 유지되고 이완기 동안 전향성 혈류가 관찰될 때 사용할 수 있다.

둘째, 수식어는 Table 2[8]와 같이 7가지로 구분된다.

급격한 상향성 스트로크는 최고 혈류속도까지 도달하는 시간이 140 ms 이하일 때 사용할 수 있다. 즉 혈류속도가 짧은 시간 안에 피크까지 도달하면 사용할 수 있다. 연장된 상향성 스트로크는 최고 혈류속도까지 도달하는 시간이 140 ms 이상일 때 사용할 수 있다. 즉 혈류 속도가 느리게 혈류속도 피크까지 도달하면 사용 할 수 있다[19]. 샤프 피크는 정상적인 심장 주기와 혈관 내에 문제가 없다면 혈류의 최고 속도는 예리한 피크형태의 파형을 보일 때 사용 할 수 있다. 분광 브로드닝은 층류가 깨지면서 수축기 동안 혈류속도가 다양하게 변하고 그 결과 분광 윈도우(Spectral window)가 사라지며 혈류속도가 일정 범위(Band)를 이루는 상태에 사용할 수 있다. 스테카토는 매우 높은 저항성 파형으로 상향성 스트로크가 없어지고 파형이 가시형태(Spike)로 표현될 때 사용할 수 있다. 댐핀은 협착(Stenosis)부위 이후에 혈관에서 표현되는 파형이며 비정상적인 상향성 업스트로크와 피크가 퍼지는 형태(Broad)로 표현되면 사용 할 수 있다. 역류파는 혈류 흐름의 방향이 변하는 것으로 이완기에 역류파는 다르게 수축기와 이완기에 정상 혈류 방향이 바뀌는 상태에서 사용할 수 있다.

Table 1. Arterial waveform nomenclature major descriptors.

Major descriptor	Major descriptor terms and definitions	Waveform figure
FLOW DIRECTION	Antegrade Previous alternate term: forward flow Blood flows in the normal direction for the artery being evaluated.	
	Retrograde Previous alternate term: reverse flow Blood flows opposite to the normal direction for the artery being evaluated.	
	Bidirectional Previous alternate term: to-fro Blood flow enters and leaves a contained space via the same orifice.	
	Absent No blood flow is detected with an absent spectral Doppler signal.	
PHASICITY	Multiphasic Previous alternate terms: triphasic; biphasic Waveform crosses the zero-flow baseline and contains both forward and reverse velocity components.	
	Monophasic Waveform does not cross the zero-flow baseline throughout any part of the cardiac cycle; blood flows in a single direction. Note: if the waveform does not cross the zero-flow baseline it is considered monophasic.	

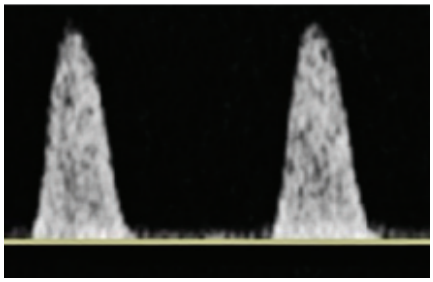
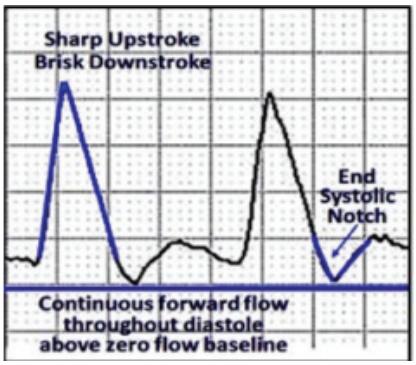
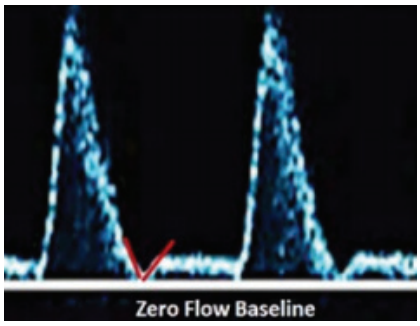
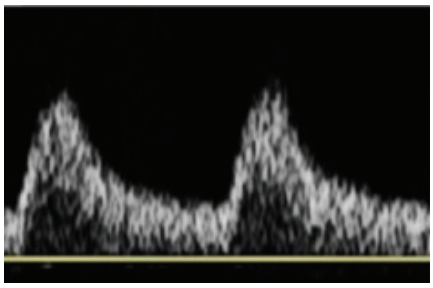
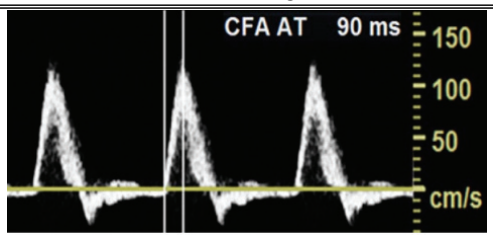
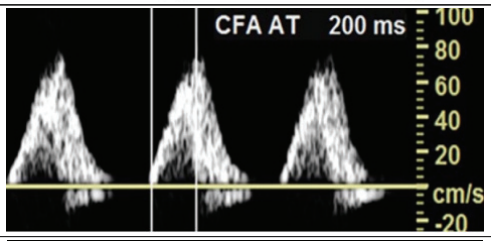
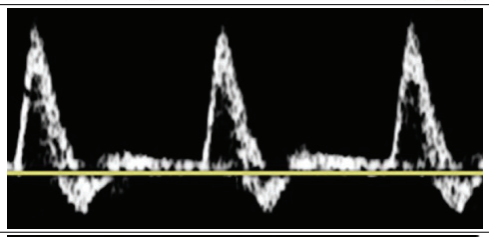
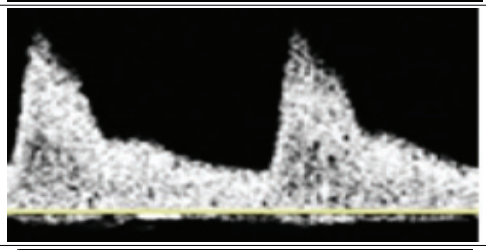
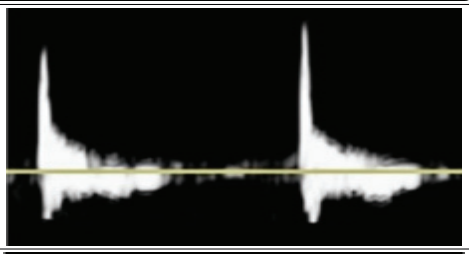
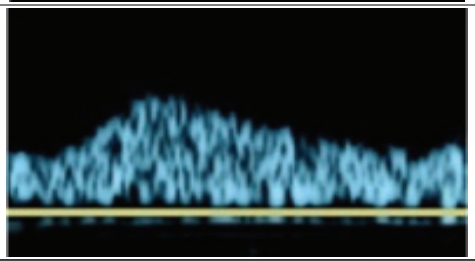
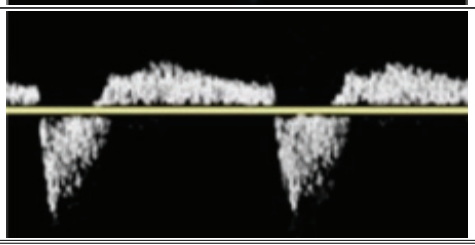
RESISTANCE	High resistive Key features: sharp upstroke and brisk downstroke, with or without diastolic flow reversal.	
	Intermediate resistive Key features: sharp upstroke, brisk downstroke, visible presence of an end-systolic notch and continuous forward flow throughout diastole that is above the zero- flow baseline. In contrast to low resistance, the intermediate resistive waveform contains a rapid deceleration at end systole followed by a diastolic acceleration with continuous forward flow.	 
	Low resistive Key features: a prolonged downstroke in late systole and continuous forward flow throughout diastole. Note: key feature: prolonged diastolic downslope with the presence of pandiastolic flow. In contrast to intermediate resistance, the low-resistive waveform contains a continuous and prolonged diastolic forward flow without the presence of an end-systolic notch.	

Table 2. Arterial waveform modifier terms.

Waveform characteristics and definitions	Waveform figure
Rapid upstroke Nearly vertical slope or steep rise to peak systole. AT < 140 ms has been used for the CFA (measured from start of systole to mid-systole).	
Prolonged upstroke Previous alternate terms: tardus; delayed; damped Abnormally gradual slope to peak systole. AT > 140 ms has been used for the lower extremity CFA.40	
Sharp peak Sharp, single, and well-defined peak, often with maximum velocity, within range of the artery being interrogated.	
Spectral broadening Previous alternate terms: nonlaminar; turbulent; disordered; chaotic Widening of the velocity band in the spectral waveform; a 'filling in' of the clear 'window' under the systolic peak. Note: spectral broadening is commonly seen in turbulent flow but can also be seen in the absence of turbulence.	
Staccato A very high-resistance pattern with a short 'spike' of velocity acceleration and deceleration followed by a short and low-amplitude diastolic signal reflecting low antegrade flow.	
Dampened Previous alternate terms: parvus et tardus; attenuated; blunted Combined finding of an abnormal upstroke (delayed) and peak (broad), often with decreased velocity.	
Flow reversal Previous alternate terms: pre-steal; competitive flow; oscillating Flow that changes direction, not as part of normal diastolic flow reversal, which may be transient (positional) or consistent with each cardiac cycle (systole/diastole).	

III. DISCUSSIONS

동맥의 분광 도플러 파형 해석은 말초동맥질환을 진단하기 위해 비침습적 검사방법으로 널리 사용되어지고 있다. 비침습적 혈관 검사의 대표적인 분광 도플러 파형 검사는 혈관의 혈류역학적, 생리학적 변화를 수치화 하고 객관화 하는데 많은 도움을 주었다. 또한 해부학적인 정보와 혈류역학적인 정보를 선제적으로 임상의에게 제공하고 혈관 질환의 진단과 치료계획에 있어서 큰 도움을 제공하고 있다[3,4]. 그러나 기술의 발전은 새로 등장하는 기술의 개념과 용어의 표준화를 요구하였고 2021년 미국에서 SVM과 SVU이 공동 위원회를 구성하여 명명법에 대한 합의가 있었다.

공동 위원회에서 구성한 주 설명어는 3가지 큰 파트로 혈류의 방향, 위상성, 저항성으로 나누어 분류하였다. 이중 혈류의 방향은 이전에 사용하던 순방향 흐름(Forward flow), 역류(Reverse flow), 투 앤 드 프로(to and fro)의 사용을 지양하고 전향방 흐름(Antegrade), 역방향 흐름(Retrograde), 양방향성 흐름(Bidirectional)로 통일하였다. 본 연구팀 역시 투 앤드 프로는 국내 언어의 해석에 문제가 있고 메시지 전달 성향이 강한 판독문이나 결과 보고지에는 적합하지 않다 판단된다. 또한 위상성도 삼상(Triphasic), 이상(Biphasic)의 사용을 지양하고 다중상(Multiphasic)이라는 단어의 사용을 권고하고 있다. 국내 임상 환경에서 역시 삼상, 이상이 대중적으로 사용되고 있고 파형 해석에 혼란이 되는 삼상과 이상의 사용을 지양해야 한다고 판단된다. 파형 저항성의 명명법은 그간 논란이 되었던 하이브리드 파형의 위치를 재정립하고 저항성이라는 새로운 그룹에 편입시켜 명명법과 해석의 논란을 해소했다 판단된다. 또한 공동 위원회에서 제로베이스선에 대한 명확한 정의를 다시 한번 상기시키고 삼상파, 이상파처럼 임상 환경에서 의사소통의 혼돈을 주었던 명명법을 다상파와 단상파로 이분화하여 의사소통의 효율성을 증대시켰다. 또한 이상파에 하이브리드 파형을 중저항성 파형으로 합의한 점은 그간 의사소통의 문제점을 대변하는 합의점으로 임상환경에서 혼돈하던 문제점이었다.

초음파 결과지에 분광 도플러 파형의 저항에 대한 해석을 삽입하는 합의점은 그 의의가 크다고 할 수 있다. 분광 도플러 파형 저항의 해석은 동맥 협착에 의한 시사점도 있지만 투석환자의 동정맥루(Ateriovenous fistula, AVF)관리 및 평가, 뇌혈관 평가를 통한 뇌압의 평가(Assessment of intracranial pressure), 이식된 신장(transplanted kidney)의 수술 후 기능평가 등 임상적 의의가 크지만 국내에서는 연구가 많이 진행되지 않아 향후 추가적인 실험과 연구가 진행되어야 한다[20-23].

국내에서도 혈관외과 임상의와 혈관 초음파 검사자 간에 결과지 통일된 지침서 제작을 위한 활동이 있었고 그 기반에는 대한외과초음파학회가있다. 대한외과초음파학회와 대한혈관외과학회 및 혈과초음파연구회가 2012년부터 문제점을 인지하고 지침서 개발에 들어갔으면 2016년 10월에 대한혈관외과학회 이사회의 승인을 거쳐 대중적으로 쓰이는 경동맥, 상지 동맥, 하지 동맥, 하지 정맥 혈전증, 하지 정맥 부전증, 투석혈관 접근로 수술 전, 수술 후 8개의 지침서를 발간하였다. 특히 혈관초음파연구회는 혈관 외과 임상의와 혈관 초음파사가 같이 구성된 그룹으로 임상의사는 영상판독과 치료, 혈관 초음파사는 정확한 영상 획득을 주 목적으로 두 그룹의 팀웍과 소통을 원활히 하기 위한 노력을 하고 있는 대표적인 조직이다. 이러한 업무 프로세스는 선진화된 미국 업무 프로세스와 유사하지만, 아직 미정립된 국내 상황과 대조적이다[24]. 또한 선진 시스템을 갖추고 있는 미국의 경우 초음파 검사를 위한 영상 판독 의사와 초음파사 간에 의사소통에 관심을 갖고 많은 연구가 진행되고 있다[25,26]. 특히, 환자들에게 고품질의 검사능을 제공하기 위해 판독 의사와 초음파사 간에 영상 해독의 정밀성 및 타당성 향상을 위한 연구가 지속되고 있으며, 그 결과 약 10년 이상의 임상경력이 있는 초음파사의 경우에는 판독 의사와 유사한 검사능을 보였다는 연구 결과도 있었다[27]. 국내에서도 방사선사들의 전문적인 초음파사 교육이 대학원과정에서 진행되고 있어 정밀한 초음파영상 검출체 제공을 위해 노력하고 있다[28-30]. 본 연구의 고찰이 임상에서 초음파 검사 직무를 수행하는 방사선사들에게 정확한 동맥 분광 도플러 파형 해석과 합의된

명명법을 제공하여 국민보건향상에 이바지할 수 있는 기초자료로 활용되기를 기대한다.

본 연구의 제한점은 미국 임상 환경에서 합의된 문헌을 기반으로 고찰된 점이다. 따라서 향후 국내에서도 임상 의사와 임상 초음파사 간의 공동 위원회를 구성하여 표준화된 용어 정리가 필요하리라 판단된다.

IV. CONCLUSIONS

본 연구에서 미국의 SVM과 SVU 위원회의 합의문을 고찰한 결과 다음과 같은 점을 도출하였다.

첫째, 미국은 초음파 영상 판독의사와 초음파사 간에 의사소통에 대한 문제점을 인지하고 위원회를 통해 협업을 실천할 수 있는 합의안을 권고하고 있었다.

둘째, 동맥 분광 도플러 파형 해석의 문제가 되었던 삼상파와 이상파의 사용을 지양하고 다상파로 통일하도록 권고하였으며 하이브리드 파형을 중저항성 파형으로 통일하여 혼란을 줄이고자 하였다.

셋째, 분광 도플러 파형에 대한 해석에 있어서 주 설명어와 수식어에 대한 명확한 정의와 사용 시점을 정의하였다.

넷째, 정밀한 초음파영상 검출체 획득을 위한 국내 공동 위원회가 필요하며, 한국 환경에 맞는 최신 초음파 기술 용어에 대한 표준화 및 정립이 요구된다.

Reference

[1] J. Shu, G. Santulli, "Update on peripheral artery disease: Epidemiology and evidence-based facts", Atherosclerosis, Vol. 275, pp. 379-381, 2018. http://dx.doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2018.05.033

[2] D. Mukherjee, K Eagle, "The importance of early diagnosis and treatment in peripheral arterial disease: insights from the PARTNERS and REACH registries", Current Vascular Pharmacology, Vol. 8, No. 3, pp. 293-300, 2010. http://dx.doi.org/10.2174/157016110791112304

[3] M. M. Wood, L. E. Romine, Y. K. Lee, K. M. Richman, M. K. O'Boyle, D. A. Paz, P. K. Chu, D. H. Pretorius, "Spectral Doppler signature waveforms in ultrasonography: a review of normal and abnormal waveforms", Ultrasound Quarterly, Vol. 26, No. 2, pp. 83-99. 2010. http://dx.doi.org/10.1097/RUQ.0b013e3181dcbf67

[4] J. E. S. Kenny, "Assessing Fluid Intolerance with Doppler Ultrasonography: A Physiological Framework", Medical Sciences, Vol. 10, No. 1, pp. 1-12, 2022. http://dx.doi.org/10.3390/medsci10010012

[5] V. P. Rangankar, B. Kishor, R. G. Mundhada, A. D. Rewatkar, "Accuracy of Common Femoral Artery Doppler Waveform Analysis in Predicting Haemodynamically Significant Aortoiliac Lesions", Journal of clinical and diagnostic research, Vol. 10, No. 2, pp. 26-28, 2016. http://dx.doi.org/10.7860/JCDR/2016/17732.7326

[6] J. M. Latino, J. O. Chleboun, "The validity of Doppler-derived spectral analysis in the presence of multiple stenoses", The Australian and New Zealand journal of surgery, Vol. 64, No. 5. pp. 338-344, 1994. http://dx.doi.org/10.1111/j.1445-2197.1994.tb02223.x

[7] R. P. Scissons, A. J. Comerota, "Confusion of Peripheral Arterial Doppler Waveform Terminology", Journal of Diagnostic Medical Sonography, Vol. 25, No. 4, pp. 185-194, 2009. http://dx.doi.org/10.1177/8756479309336216

[8] E. S. Kim, A. M. Sharma, R. Scissons, D. Dawson, R. T. Eberhardt, M. Gerhard-Herman, J. P. Hughes, S. Knight, A. Marie Kupinski, A. Mahe, M. Neumyer, P. Poe, R. Shugart, P. Wennberg, D. M. Williams, R. E. Zierler, "Interpretation of peripheral arterial and venous Doppler waveforms: A consensus statement from the Society for Vascular Medicine and Society for Vascular Ultrasound", Vascular Medicine, Vol. 25, No. 5, pp. 484-506, 2020. http://dx.doi.org/10.1177/1358863X20937665

[9] K. Ziro, "First steps in the development of the Doppler flowmeter", Ultrasound in Medicine & Biology, Vol. 12, No. 3, pp. 187-195, 1986. http://dx.doi.org/10.1016/0301-5629(86)90309-1

[10] I. M. Coman, B. A. Popescu, "Shigeo Satomura: 60 years of Doppler ultrasound in medicine",

Cardiovascular ultrasound, Vol. 13, No. 48, 2015. http://dx.doi.org/10.1186/s12947-015-0042-3

[11] O. Olowoyeye, S. Chiu, G. Leung, G. Wright, A. Moody, "Analysis of the Velocity Profile of the Popliteal Artery and Its Relevance During Blood Flow Studies", Journal of Diagnostic Medical Sonography, Vol. 33, No. 6, pp. 489-497, 2017. http://dx.doi.org/10.1177/8756479317716394

[12] M. Young, I. Brich, C. A. Potter, R. Saunder, S. Otter, S. Hussain, J, Pellett, N. Reynolds, S. Jenkin, W. Wright, "A comparison of the Doppler ultrasound interpretation by student and registered podiatrists", Journal of Foot and Ankle Research, Vol. 6, No. 1. pp. 25, 2013. http://dx.doi.org/10.1186/1757-1146-6-25

[13] D. E. Strandness, "History of ultrasonic duplex scanning", Cardiovascular Surgery, Vol. 4, No. 3, pp. 273-280, 1996. http://dx.doi.org/10.1016/0967-2109(96)00001-4

[14] G. Cloutier, L. Allard, L. G. Durand, "Characterization of blood flow turbulence with pulsed-wave and power Doppler ultrasound imaging", Journal of Biomechanical Engineering-Transactions Of The Asme, Vol. 118, No. 3, pp. 318-325, 1996. http://dx.doi.org/10.1115/1.2796013

[15] G. Mahe, C. Boulon, I. Desormaris, P. Lacroix, L. Bressollette, J. L. Guilmot, C. Le Hello, M. A. Sevestre, G. Pernod, J. Constans, C. Boissier, A. Bura-Riviere, "Statement for Doppler waveforms analysis", VASA Zeitschrift fuer Gefaesskrankheiten, Vol. 46, No. 5, pp. 337-345, 2017. http://dx.doi.org/10.1024/0301-1526/a000638

[16] A. Guilcher, D. Laneelle, C. Hoffmann, J. Guillaumat, J. Constans, L. Bressollette ,C. Le Hello, C. Boissier, A. Bura-Rivière, V. Jaquinandi, L. Omarjee, P. Lacroix, G. Pernod, F. Abbadie, M. A. Sevestre, C. Boulon, G. Mahé, "Comparison of the Use of Arterial Doppler Waveform Classifications in Clinical Routine to Describe Lower Limb Flow", Journal of clinical medicine, Vol. 10, No. 3, pp. 464, 2021. http://dx.doi.org/10.3390/JCM10030464

[17] J. K. Limberg, D. P. Casey, J. D. Trinity, W. T. Nicholson, D. W. Wray, M. E. Tschakovsky, D. J. Green, Y. Hellsten, P. J. Fadel, M. J. Joyner, J. Padilla, "Assessment of resistance vessel function in human skeletal muscle: guidelines for experimental design, Doppler ultrasound, and pharmacology", AJP-Heart and Circulatory Physiology, Vol. 318, No. 2, pp. 301-325, 2020. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00649.2019

[18] P. Gupta, S. Lyons, S. Hedgire, "Ultrasound imaging of the arterial system", Cardiovascular diagnosis and therapy, Vol. 9, No. 1, pp. 2-13, 2019. http://dx.doi.org/10.21037/cdt.2019.02.05

[19] S. J. Burnham, P. Jaques, C. B. Burnham, "Noninvasive detection of iliac artery stenosis in the presence of superficial femoral artery obstruction", Journal of vascular surgery, Vol. 16, No. 3, pp. 445-452, 1992. http://dx.doi.org/10.1016/0741-5214(92)90380-Q

[20] E. Chytilova, T. Jemcov, J. Malik, J. Pajek, B. Fila, J. Kavan, "Role of Doppler ultrasonography in the evaluation of hemodialysis arteriovenous access maturation and influencing factors", The Journal of Vascular Access, Vol. 22, No. 1, pp. 42-55, 2021. http://dx.doi.org/10.1177/1129729820965064

[21] C. Robba, S. Bacigaluppi, D. Cardim, J. Donnelly, A. Bertuccio, M. Czosnyka, "Non-invasive assessment of intracranial pressure", Acta Neurologica Scandinavica, Vol. 134, No. 1, pp. 4-21, 2016. http://dx.doi.org/10.1111/ane.12527

[22] C. Kolofousi, K. Stefanidis, D. D. Cokkinos, D. Karakitsos, E. Antypa, P. Piperopoulos, "Ultrasonographic features of kidney transplants and their complications: an imaging review", ISRN radiology, Vol. 2013, No. 2. 2013. http://dx.doi.org/10.5402/2013/480862

[23] Y. C. Yoon, B. S. Shin, J. Y. Ohm, M. S. Ahn, M. H. Park, H. J. Kim, "Usefulness of Doppler Parameter in Patients with Renal Transplantation", Ultrasonography, Vol. 31, No. 4, pp. 233-237, 2012.

[24] C. S. Lim, J. G. Hwan, "A Scope of Work of Radiological Technologists for Ultrasound Examinations", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 15, No. 4, pp. 481-490, 2021. http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2021.15.4.481

[25] S. Thomas, K. Loughlin, J. Clarke, "Sonographers' communication in obstetrics: Challenges to their professional role and practice in Australia",

Australasian Journal of Ultrasound in Medicine, Vol. 23, No. 2, pp. 129-139, 2019. http://dx.doi.org/10.1002/ajum.12184

[26] M. Necas, "The clinical ultrasound report: Guideline for sonographers", Australasian Journal of Ultrasound in Medicine, Vol. 21, No. 1, pp. 9-23, 2018. http://dx.doi.org/10.1002/ajum.12075

[27] A. Dawkins, N. George, H. Ganesh, A. Ayoob, J. Lee, R. Nair, C. Kiper, K. Duncan, S. Stevens, "Radiologist and Sonographer Interpretation Discrepancies for Biliary Sonographic Findings: Our Experience", Ultrasound Quarterly, Vol. 33, No. 4, pp. 261-264, 2017. http://dx.doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000280

[28] https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021061014538237805&VNC_T

[29] http://www.cbnews.kr/news/articleView.html?idxno=106722

[30] http://www.cbiz.kr/news/articleView.html?idxno=10951

말초 동맥 분광 도플러 파형 해석 및 명명법에 대한 고찰

지명훈, 성열훈*

청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과

요 약

1959년도 Satomura가 분광 도플러 초음파를 이용하여 시간변화에 따른 적혈구의 속도를 표현하였고 Kato가 혈류의 방향을 알 수 있는 제로베이스 선(Zerobase line)을 정의하면서 혈류의 방향을 알 수 있게 되었다. 이는 현재 폭넓게 사용하고 있는 삼상파 (Triphasic), 이상파(Biphasic), 단상파(Monophasic) 분류의 기초가 되었다. 하지만 위와 같은 분류는 임상 환경에서 사용 의미와 시점에 사용자들에게 혼란을 주는 한계가 있었고 이와 같은 결과로 미국의 혈관의학회(Society for Vascular Medicine, SVM)와 혈관초음파학회(Society for Vascular Ultrasound, SVU)가 구성한 공동 위원회에서 도플러 파형 해석 합의문(Consensus document)을 선언하였다. 본 연구에서는 이 합의문을 고찰하고 국내 혈관 초음파 임상 현장에서 사용될 수 있는 명명법과 수식어를 제언하고자 하였다. SVM과 SVU가 구성한 공동 위원회에서는 동맥 삼상파(Triphasic waveform)와 이상파(Biphasic waveform)의 해석의 모호함을 이유로 사용을 지양하고 다상파(Multiphasic waveform)로 사용하길 권고 하였다. 또한 임상 환경에서 항상 해석의 문제가 되었던 단상파이면서 고저항성 파형인 하이브리드 형태 파형을 중저항성 파형(Intermediate resistive)으로 명명하기로 합의하였다. 또한 판독의사와 초음파사간에 의사소통의 효율성을 높이기 위해 파형 해석을 주 설명어(Main descriptor)와 수식어(Modifier)로 분류하였고 다양하게 사용하던 동의어들을 통일하여 하나의 명명법으로 사용하도록 권고하였다. 본 문헌고찰을 통해 임상에서 혈관 초음파 검사 직무를 수행하는 방사선사들에게 정확한 동맥 분광 도플러 파형 해석과 합의된 명명법을 제공하여 국민보건향상에 이바지할 수 있는 기초자료로 활용되기를 기대한다.

중심단어: 분광도플러, 파형해석, 명명법, 합의문, 혈관초음파

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	지명훈	청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과	겸임교수
(교신저자)	성열훈	청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과	교수