

맥진기를 이용한 새로운 부침맥 판단 방법

김성훈 · 김재욱 · 이유정 · 김근호 · 김종열*

한국한의학연구원

New Algorithm of Determining the Floating and Sinking Pulse with a Pulse Diagnosis Instrument

Sung Hun Kim, Jae Uk Kim, Yu Jung Lee, Keun Ho Kim, Jong Yoel Kim*

Division of Constitutional Biology and Medical Engineering Research Center Korea Institute of Oriental Medicine

The pulse diagnosis is an important and universally used method in Oriental Medicine. Since the traditional method of palpating the pulse relies on the subjective sense in the fingers of an Oriental Medical Doctor(OMD), there has been continued need for more objective method for pulse diagnosis. Recently, various pulse analyzers have been developed to meet such objective palpation and interpretation. However, most of these attempts were not successful to replace OMD's own palpation by fingers. To improve the performance of the pulse analyzers, one should develop machine-appropriate interpretations for the pulse images in the literature, in addition to the improvement in the repeatability and reproducibility. One of such widely-used pulse images to be interpreted is the floating and sinking pulse. The floating and sinking pulses are the two representative pulse images informing us how strong pressure one should apply to obtain the maximal pulse strength. A previous study suggested a convenient and unified measure for the floating and sinking pulses by defining the coefficient of the floating-sinking pulse(CFS). We found the original definition of the CFS could be erroneous under some situations. To improve the performance, we introduce new CFS algorithm for determining the floating and sinking pulse with a pulse analyzers(3-D MAC). To test the performance of the newly suggested algorithm, we conducted a clinical study comparing the agreement ratio with the floating and sinking pulse diagnosis by the OMDs. We found that, among the subjects who are diagnosed with having either the floating pulse or sinking pulse, the new CFS algorithm showed 55.3% diagnosis rate and 73.0% concordance rate, which are about 3% and 6% improvement in the diagnosis rate and agreement rate, respectively, compared to the original CFS algorithm.

Key words : oriental medicine, pulse diagnosis, floating pulse, sinking pulse, coefficient of the floating-sinking pulse

서론

맥진은 한의학적 진단에서 보편적으로 활용되고 있지만 한 의사의 주관적 감각에 의존하는 특징 때문에 객관적인 근거로 인정받지 못하고 있다. 이를 해결하기 위해서 예전부터 많은 맥진기들이 개발되어 왔다. 그 예로서, 60년대 경희대학교 이봉교 교수가 개발한 맥진기를 시작으로 회수식, 전자식(Medira, 네오미스) 맥진기가 있고¹⁾ 최초로 로봇 시스템을 도입한 맥진기(3-D MAC, (주)대요메디)가 있다. 회수식과 전자식 맥진기는 맥상 측

정과 분석 방법의 재현성 문제를 해결하지 못했으며, 이후 개발된 3-D MAC 맥진기는 앞선 맥진기들의 문제점을 보완하여 맥진 측정과정의 재현성을 검증하고 장비의 신뢰성을 확보하였다²⁾.

그런데, 다양한 맥진기들이 개발되었음에도 불구하고 임상에서 활용도가 낮은 것이 사실이다. 가장 큰 이유는 신뢰성과 재현성의 부족을 들 수 있고 그 다음으로는 한의학 맥진 이론을 공학적으로 충분히 구현하지 못했다는 것을 지적할 수 있다. 맥진기가 실제 임상에서 활용되려면 한의사들의 맥진결과와 같이 27개의 맥상을 구분할 수 있어야 하는데, 현재 신뢰할 만한 맥상 구분 결과를 내놓지 못하고 있다.

한의학적 맥진에서의 맥상은 흔히 '의학입문'의 28맥 또는 '빈호맥학'의 27맥이 거론되는데, 이들중 임상에서 활용도가 가

* 교신저자 : 김종열, 대전시 유성구 전민동 461-24, 한국한의학연구원

· E-mail : ssmmed@kiom.re.kr, · Tel : 042-868-9483

· 접수 : 2009/09/30 · 수정 : 2009/10/29 · 채택 : 2009/11/02

장 높은 10대 맥(부/침, 지/삭, 허/실, 대/세, 장/단)중 부침맥에 대한 연구가 비교적 활발한 편이다. 중국의 육소좌, 서원경 등은 최고 맥압이 발생하는 가압의 크기에 따라서 부침맥을 판단하는 방법을 제안하였으며^{3,4)} Yoon 등도 degree of pulse floating을 도입하여 맥위(脈位)의 천심(淺深)에 따라서 부침맥을 판단할 것을 제안하였다⁵⁾. 또한, 이 등은 3-D MAC 맥진기를 이용한 CFS (부침계수, Coefficient of Floating and Sinking Pulse)방법으로 부침맥을 판단할 것을 제안하였다⁶⁾. 이러한 기존 연구 성과들은 부침맥의 정량화에 이바지 했지만, 실제 한의사의 부침맥 판단 방법을 그대로 모사하고 있지 않아서 오류가 발생할 수 있으며 특히 보간법을 사용하는 CFS 방법은 복잡한 계산 수행으로 실용적이지 못하며 논리적 문제점이 발생할 수 있는 단점이 있다.

본 논문에서는, (1) 기존 CFS 방법에 대해 간략히 알아보고, (2) 이 방법을 3-D MAC 맥진기에 적용했을 때, 한의사의 부침맥 판단을 충실히 반영하지 못하는 영역에 대해 논하고, (3) 이러한 문제점을 개선하기 위해 한의사의 실제 부침맥 판단 방법에 더 충실한 알고리즘을 제안하고자 한다. 마지막으로 본 연구에서 제안한 새로운 부침맥 판단 방법과 한의사의 임상 판단과의 정확률을 비교함으로써 기존 CFS 방법보다 더 높은 판단율과 정확률을 얻은 결과를 발표하고자 한다. 이에 우선하여, 한의학적 문헌을 통해 부침맥의 정의에 관해 살펴보고 실제 임상에서 널리 쓰이는 한의사의 부침맥 판단 방법에 대해 알아보겠다.

연구방법

1. 부침맥의 정의

난경의 18난(18難)에서는 “부(浮)한 것은 맥박이 근육의 위에서 흐르는 것이다”라고 하였으며⁷⁾, 빈호맥학에서는 “부맥은 가볍게 손을 대었을 때 그 박동에 힘이 있고 힘있게 눌렀을 때는 무력한 모습을 나타낸다. 침맥은 손을 힘있게 근골부위까지 눌렀을 때 촉지할 수 있는 맥을 말한다.”라고 하였다⁸⁾. 또한, 맥상의 구성요소를 분류한 김 등의 맥진 논문에서는 “부맥과 침맥을 맥위(脈位)의 천심(淺深)에 따라 분류된 맥으로 정의하였다⁹⁾. 중국의 비조복(費兆馥)은 『현대 중의 맥진학』에서 Fig. 1과 같은 가압력 대비 맥압의 그래프(PH-curve)를 제안하여 부맥과 침맥을 판단하였다¹⁰⁾. 즉, 가압력 대비 맥압의 그래프에서 가압이 작을 때 맥압이 크면 부맥으로, 가압이 클 때 맥압이 크면 침맥으로 판단하는 방법을 제안하였다.

이를 근거로 부맥과 침맥은 한의사가 진맥위치를 눌렀을 때 가볍게 눌러 느껴지는 맥을 부맥으로 세게 눌러 느껴지는 맥을 침맥으로 판단한다고 정리할 수 있다.

실제 한의사가 부침맥을 진단할 때는 2번의 진맥, 즉 가볍게 눌렀을 때와 세게 눌렀을 때의 맥압의 차이를 보고 가볍게 눌렀을 때가 세게 눌렀을 때보다 맥압이 크면 부맥으로, 세게 눌렀을 때가 가볍게 눌렀을 때보다 맥압이 크면 침맥으로 판단한다. 또한, 촌, 관, 척 3부분을 동시에 진맥할 때에는 촌, 관, 척 3부분 모두 부(浮)한 경우에 부맥으로, 모두 침(沈)한 경우에는 침맥으로 판단하지만 촌, 관, 척 관, 이 서로 다르거나 모호한 경우에는 촌,

관, 척 중 특별히 맥압의 차이가 큰 경우가 있는 경우에는 그것을 기준으로 부침맥을 판단한다. 이를 근거로 Table 1과 같은 촌, 관, 척 3부분을 동시에 진맥시 부침맥을 판단하는 규칙을 만들 수 있다.

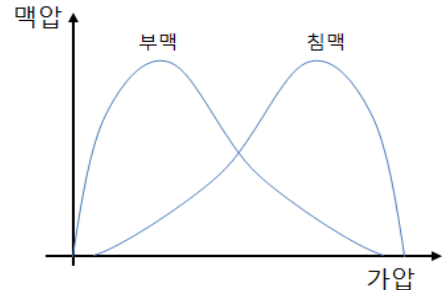


Fig. 1. PH-curve showing examples of a floating pulse and a sinking pulse.

Table 1. Decision rules by OMDs for the floating/sinking pulse

규칙	내용
1	2번의 진맥(가볍게 눌렀을 때와 세게 눌렀을 때)으로 촌, 관, 척 3부분 모두 부하면 부맥으로, 모두 침하면 침맥으로 판단
2	2번의 진맥(가볍게 눌렀을 때와 세게 눌렀을 때)으로 촌, 관, 척 중 특별히 맥압의 차이가 큰 경우에는 그것을 기준으로 부침맥 판단

2. 측정 도구 및 측정 방법

맥진기의 출력변수 중에서 부침맥을 검출하기 위한 변수는 가압력과 그 가압력으로 발생하는 맥압이다. 이전까지 시판된 맥진기에서는 요골동맥 상에서 가압력을 다단계로 증가 또는 감소 시키며 맥압의 변화 및 분포 특성을 측정하는 시스템이 구현되지 않았지만 (주)대요메디에서 개발한 3-D MAC 맥진기의 경우 압저항 센서와 가압조절 로봇을 이용하여 가압력과 맥압을 동시에 측정할 수 있는 시스템이 구현되어 있다. 3-D MAC 맥진기의 가압력과 맥압 측정방법은, 일반적인 한의사가 가압하는 크기 범위를 정하여 5단계로 나누고 각 단계별로 압력을 가하면서 맥과의 압력변화 신호(맥압)를 5초간 측정하는 방식이다. Fig. 2는 호흡 등으로 인한 기저선 잡음을 제거한 각 가압 단계별 5초간 맥압을 측정한 예이며 각 단계의 가압력은 피험자마다 조금씩의 차이가 있지만 31, 69, 108, 146, 185 mmHg 이다.

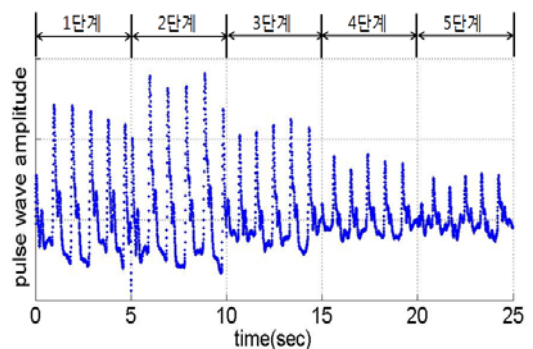


Fig. 2. Raw data of the pulse wave amplitude, measured for 25 seconds. Hold-down pressure is applied stepwise with each step varying for every 5 seconds.

3. 기존의 부침맥 판단 방법

3-D MAC 맥진기를 이용한 기존의 부침맥 판단 방법은 이 등의 연구에서 제안한 CFS(Coefficient of Floating and Sinking Pulse)를 이용한 판단 방법이다⁶⁾. 이 방법은 각 가압 단계별 5초 간 맥압의 평균을 구한 후(Fig. 3) 스플라인 보간법(spline interpolation)을 이용하여 Fig. 4와 같은 가압력 대비 맥압 그래프(PH-curve)를 그린다. 그 후 식 1을 이용하여 부침계수(CFS)를 계산하게 되고 CFS가 5보다 크면 침맥으로 5보다 작으면 부맥으로 판단하게 된다.

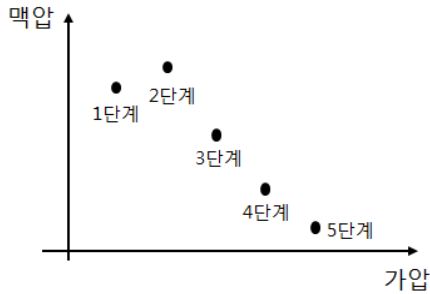


Fig. 3. Average dip-to-peak amplitude of the pulse wave in each step of the hold-down pressure.

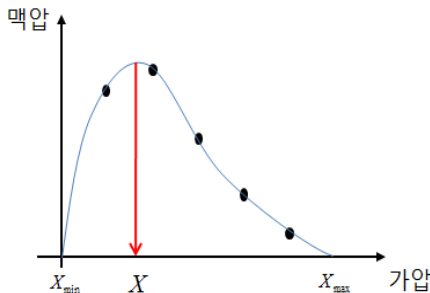


Fig. 4. Illustration of the CFS(Coefficient of Floating and Sinking pulse)

$$CFS = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times 10 \quad (1)$$

: X_{min} 는 최소 가압, X_{max} 는 최대 가압, X 는 최대 맥압이 얻어질 때의 가압

그런데, 이 방법은 2가지 단점이 있다. 첫째는 스플라인 보간법(spline interpolation)을 사용하여 그래프를 그리므로 X 값이 정확하지 않을 수 있다. 즉, 보간법을 이용하기에는 너무 적은 데이터(5개)를 사용하므로 오차가 발생할 수 있으며 Fig. 5처럼 5단계 맥압의 크기가 비슷한 경우에는 실제 한의사는 부침맥 판단을 하지 않지만 기존 CFS를 사용하게 되면 매우 큰 CFS값을 가진 침맥으로 판단하게 되어 오류가 발생한다.

두 번째는, CFS로 부침맥을 판단하는 방법이 실제 한의사가 부침맥을 판단하는 방식을 그대로 모사하고 있지 않아서 실제 한의사의 판단과 다를 확률이 높다. 즉, 한의사가 부침맥을 판단할 때는 CFS처럼 맥압의 최고값이 나타나는 값이의 정도가 중요하기 보다는 2번의 진맥(가볍게 눌렀을 때와 세게 눌렀을 때)에

시의 맥압 강도 변화를 더 중요하게 생각한다.

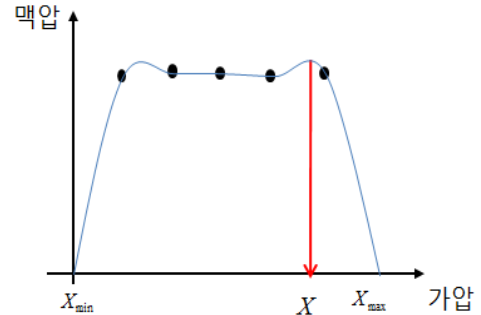


Fig. 5. An example susceptible to errors by the original CFS method.

4. 새로운 부침맥 판단 방법

앞서 설명한 기존 부침맥 측정 방법의 문제점을 해결하기 위해서 새로운 부침맥 판단 방법을 제안한다. 3-D MAC 맥진기를 이용하여 Fig. 2, Fig. 3과 같은 가압에 따른 맥압을 측정 후, 한의사의 부침맥 판단을 그대로 모사하기 위해 Fig. 6처럼 가볍게 눌렀을 때의 맥압을 1, 2단계 맥압의 평균으로, 세게 눌렀을 때의 맥압을 4, 5단계 맥압의 평균으로 생각하여 식 2처럼 가볍게 눌렀을 때와 세게 눌렀을 때의 맥압의 차이를 보고 가볍게 눌렀을 때가 세게 눌렀을 때보다 맥압이 크면 부맥으로, 세게 눌렀을 때가 가볍게 눌렀을 때보다 맥압이 크면 침맥으로 판단하게 된다.

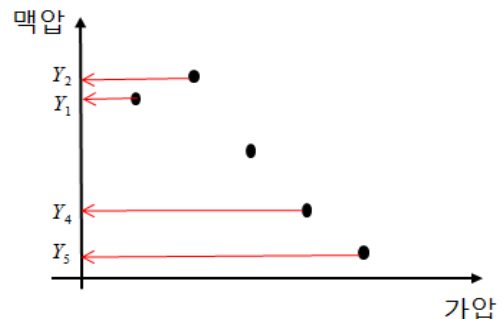


Fig. 6. Illustration of the new CFS(Coefficient of Floating and Sinking pulse).

$$new\ CFS = \left(\frac{Y_1 + Y_2}{2} \right) - \left(\frac{Y_4 + Y_5}{2} \right) \quad (2)$$

: Y_1 은 1단계 맥압, Y_2 는 2단계 맥압, Y_4 은 4단계 맥압, Y_5 는 5단계 맥압 $new\ CFS$ 가 양수인 α 보다 크면 부맥, $-\alpha$ 보다 작으면 침맥으로 판단

이 방식은 보간법으로 인한 오류를 줄일 수 있을 뿐 아니라 한의사가 부침맥 판단하는 방법을 그대로 모사하고 있어 한의사의 부침맥 판단과 좀 더 가까운 결과를 낼 수 있다. 이를 이용하여 춘, 관, 척 모두를 진맥하여 부침맥을 판단하는 경우, Table 1의 부침맥 판단 규칙에 따라 Fig. 7과 같은 흐름도로 부침맥을 판단하는 방법을 제안한다.

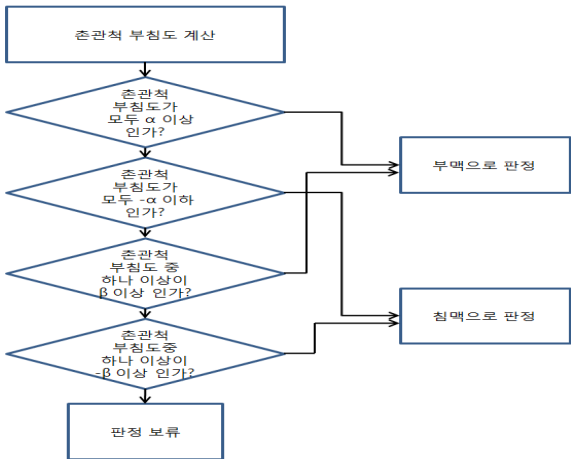


Fig. 7. Flowchart for determining the float and sinking pulse.

5. 실험

새로운 부침맥 판단 방법의 정확률을 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다.

1) 피험자 정보 및 선별

본 실험에 참여한 피험자는 건강에 문제가 없는 사람으로서 심혈관질환의 소견이 없으며 관련 약물섭취를 하지 않은 20대 남자(210명), 20대 여자(179명), 60대 남자(25명), 60대 여자(51명) 총 465명이다. 피험자는 실험 하루 전부터 흡연과 음주를 금하였으며, 실험 전 30분 동안 휴식을 취한 후 앉은 자세에서 맥파를 측정하였다. 임상 경력 5년 이상의 한의사 2명으로부터 촌, 관, 척을 동시에 진단 후 부맥, 침맥, 판단 보류 3가지 판단을 각각 하게 하였다. 피험자 465명중에 한의사 2명의 부침맥 판단이 완전히 불일치(51명)하거나 부침맥 판단을 보류한 경우(191명), 맥진 데이터가 없는 경우(42명)를 제외한 181명에 대하여 분석을 시행하였다. 181명의 남녀, 연령 분포는 Table 2와 같으며 이 중에서 94명이 부맥으로 87명이 침맥으로 한의사에 의해 판단되었다.

Fig. 8은 한의사에 의한 부침맥 판단 결과이다.

본 연구는 한국한의학연구원 임상연구 및 생명윤리 심의 위원회(IRB, I0903-01-02)의 승인을 받아 진행하였다.

Table 2. Age and sex distribution of the subjects

나이	남자	여자	합계
20대	92명	82명	174명
60대	2명	5명	7명
합계	94명	87명	181명

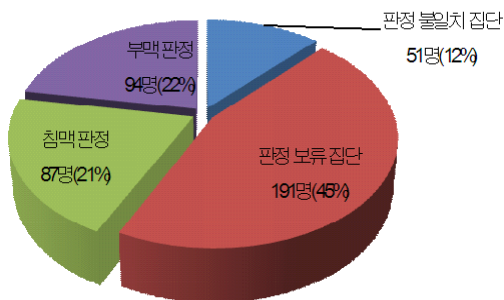


Fig. 8. Pulse diagnosis rate by oriental medical doctors.

2) 맥파 측정 장치 및 방법

맥파 측정을 위해 3-D MAC 맥진기를 사용하였다. 이 맥진기는 5개의 압력 센서가 십자형태의 어레이로 배열되어 있고, 가압력을 변화시키면서 자동으로 가장 높은 맥압이 가운데 센서에 오도록 설계되어 있으며 맥파는 좌측 요골동맥 상의 맥진위치인 촌, 관, 척 3부위에서 측정하였다. 정확한 맥진 위치를 찾기 위해 숙련된 오퍼레이터가 맥진 센서를 각각의 맥진 부위에 위치시킨 다음 측정을 하였다.

3) 부침맥 판단 방법

Fig. 7의 흐름도를 바탕으로 α 는 15로, β 는 100으로 정하였다. 즉, α , β 는 부침계수의 산포도(scatter plot)를 참조하여 초기 값을 α 는 5, β 는 90으로 정하고 α , β 를 변화시키면서 기존 CFS를 이용한 방법의 판단율보다 높으면서 정확률이 가장 높은 α , β 값을 찾은 결과 α 는 15로, β 는 100으로 정하였다. 여기서 β 는 Table 1의 한의사의 부침맥 판단 규칙 2에 해당하는 new CFS 값이며, α 는 Table 1의 한의사의 부침맥 판단 규칙 1에 해당하는 new CFS 값으로 그림 7의 흐름도에 각각 표시되어 있다.

결 과

선택된 피험자 181명중 100명이 판단되어 55.3%의 판단율을 나타내었으며 판단 받은 100명중 73명의 부침맥이 한의사의 판단과 일치하여 73.0%의 정확률을 나타내었다. 부맥의 정확률은 76.4%였으며 침맥의 정확률은 64.7%였다. Table 3은 181명에 대한 부침맥 판단 결과이다.

기존 방법과의 비교를 위해 식 1을 이용하여 부침맥을 판단해 본 결과 181명중에서 94명을 판단하고 그 중에서 63명이 일치하여 51.9%의 판단율과 67.0%의 정확률을 나타내었다. 이는, 제안한 부침맥 판단 방법이 기존 부침맥 판단 방법보다 판단율과 정확률에서 더 좋은 결과를 나타내 주고 있음을 의미한다.

Table 3. Result of determining the float and sinking pulse by the new CFS method

규칙	전체 개수	맞는 개수	틀린 개수	정확률
촌,관,척 모든 부침계수 > 15	24	18	6	75.0%
촌,관,척 모든 부침계수 < -15	32	23	9	71.8%
촌,관,척 부침계수중 1 개라도 100 이상인 경우	27	21	6	77.8%
촌,관,척 부침계수중 1 개라도 -100 이하인 경우	17	11	6	64.7%
합계	100	73	27	73.0%

결론 및 고찰

맥진은 한의사의 감각과 느낌에만 의존하기 때문에 한의사와 환자 사이뿐 아니라 한의사들 간의 의사소통에 있어서도 많은 제약이 존재해 왔다. 그래서 과학적이고 객관적인 맥진을 위한 맥진기 개발 요구가 있었으며 실제 여러 종류의 맥진기가 개발되었지만 재현성 미흡과 한의학적 맥진 원리의 불충분한 공학적 반영으로 인하여 임상에서 널리 사용되지 못하고 있는 실정이다. 맥진기가 임상에서 널리 사용되기 위해서는 맥상을 구분

할 수 있어야 하는데 아직까지 관련된 연구가 많이 진행되고 있지 않다.

한의학적 맥상중에서 임상에서 활용도가 높은 맥상인 부맥과 침맥을 판단하기 위한 기존 부침맥 정량화 방법들은, degree of pulse floating이나 CFS(부침계수, Coefficient of Floating and Sinking Pulse)을 도입하여 맥위(脈位)의 천심(淺深)에 따라서 부침맥을 판단할 것을 제안하였지만 실제 한의사가 부침맥을 판단할 때는 기존 방법처럼 맥압의 최고값이 나타나는 깊이의 정도가 중요하기 보다는 2번의 진맥(가볍게 눌렀을 때와 세게 눌렀을 때)에서의 맥압 강도 변화를 더 중요하게 생각하므로 논리적 문제점이 발생할 수 있다. 특히, CFS 방법은 보간법을 사용하므로 오류가 발생할 수 있고 복잡한 계산 수행으로 실용적이지 못한 단점이 있다. 이에, 이 논문에서는 부맥과 침맥을 판단하기 위해 맥위(脈位)의 천심(淺深) 정도가 아니라 2번의 진맥에서의 맥압 강도 변화를 새로운 부침계수로 설정하고 부침맥 판단 방법을 제안하였다. 이를 검증하기 위해서 한의사 2명의 부침맥 판단이 일치한 181명을 대상으로 3-D MAC 맥진기를 이용하여 그림 7의 흐름도를 따라 부침맥을 판단해 본 결과, 55.3%의 판단율과 73.0%의 정확률을 나타내었다. 이는 기존방법보다 판단율과 정확률이 각각 3%, 6% 정도 증가했을 뿐 아니라 선행 연구에서 제시한 판별 기준의 논리적인 문제점을 보완했다. 또한 제안한 방법은 보간법을 사용하지 않아 간단한 사칙연산만으로도 부침 판별이 되어 실용적가치가 높다.

판단율과 정확률을 더 높이기 위해서는 한의사의 맥진을 그대로 모사하는 2단계 가압 기능, 맥 위치 자동 탐지 기능, 촌, 관, 척 3부위를 동시에 측정할 수 있는 기능을 가진 맥진기 개발 등과 같은 방법으로 맥진 측정시의 오류를 줄이거나 새로운 부침맥 판단 규칙을 찾아 적용할 수 있을 것이다. 또한, 한의사 진맥시의 오진을 줄이기 위해, 부침맥의 판단 기준을 더욱 엄격히 적용해서 부맥과 침맥을 판단하는 판단율을 더 줄이는 방법도 제안해 볼 수 있다.

기존 CFS 방법은 부침계수를 단일 잣대위에서 연속성을 갖는 계수로 나타낼 수 있고, 본 연구에서 제안한 새로운 CFS 방법은 한의사의 부침맥의 진단 방법을 잘 모사해서, 기존 방법에서

나타날 수 있는 오류를 피할 수 있다. 따라서, 두 방법의 이점을 동시에 사용하면 현재보다 더 신뢰성 높은 부침맥의 정량화를 구현할 수 있다. 이번 연구를 통해 기존의 부침맥 정량화 방법보다 더 안정화 된 부침맥 정량화 방법을 제안하여 맥진의 정량화에 이바지하고 한의학 진단의 객관성을 확보함으로써, 한방 의료 기기의 신뢰성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 한국한의학연구원의 지원을 받아 기관 고유사업의 일환으로 수행된 연구임(K09012).

참고문헌

1. 박영배. 맥진기의 현황과 전망. 대한한의학진단학회지 1(1):86-94, 1997.
2. 김경철, 신순식, 강희정, 차철용. 맥진의 현대적인 객관화 연구를 위한 기반조사 - I. 기계적 측정법에 대한 비교연구 -. 동의생리병리학회지 17(5):1147-1150, 2003.
3. 陸小左, 付娟, 那淑麗, 趙松雪. 脉圖의簡單判別. 天津中醫學院學報, 22(3):4-5, 2003.
4. 徐元景. 牛欣, 中醫脈診位數形勢屬性的檢測方法探討. 中國中西醫結合雜誌, 23(6):467-470, 2003.
5. Young Zoon Yoon, Myeong Hwa Lee, Kwang Sup Soh. Pulse type classification by varying contact pressure. IEEE Engineering in Medicine and Biology 19(6):106-110, 2000.
6. 이시우, 이유정, 이혜정, 강희정, 김종열. 압저항 센서와 가압 조절 로봇을 이용한 부침맥 검출에 관한 임상연구. 동의생리병리학회지 19(6):1673-1675, 2005.
7. 편작, 난경교주, 인민위생출판사, 1991.
8. 이시진, 박경 편역. 국역 빈호맥학, 대성문화사, 1992.
9. 김종열, 김경요, 고기덕. 맥진기의 문제점과 개선방안에 관한 연구. 대한한의학진단학회지 3(1):28-36, 1998.
10. 비조복, 현대 중의 맥진학. 인민위생출판사, 2003.