

심폐바이패스시 대동맥캐놀라에 대한 M-NUMBER의 임상 적용

김원곤* · 박성식*

=Abstract=

Clinical Application of M-number for Aortic Cannulas During Cardiopulmonary Bypass

Won-Gon Kim, M.D.*, Seong-Sik Park, M.D.*

Cardiopulmonary bypass cannulas are usually characterized by the French number. However this description provides only the external diameter of the cannula, which gives no information about the pressure-flow characteristics of the cannula itself. A standardized system to describe the pressure-flow characteristics of a given cannula has recently been proposed and has been termed the M-number. It is reported that the pressure-flow characteristics of a particular cannula can be determined from a nomogram or chart, if the experimentally derived M-number of the cannula is known.

In this regard, we conducted an investigation to analyze correlation between experimentally and clinically derived M-numbers using three different sizes of pediatric aortic cannulas in fifty cardiac patients on cardiopulmonary bypass. The clinical and experimental M-numbers showed a strong correlation. The clinical M-numbers were typically 0.35 to 0.55 greater than the experimental M-numbers. The clinical M-numbers also showed an inverse relationship to the temperature change of the patient, most probably due to an increase in blood viscosity from hypothermia. This inverse clinical M-numbers/temperature relationship was more marked in higher M-number cannulas. The clinical data obtained in this study suggest that the experimentally derived M-numbers correlated strongly with the clinical performance of the cannula with the significant influence of the temperature.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1996;29:510-6)

Key words: 1. cardiopulmonary bypass
2. cannula

서 론

심폐바이패스를 운용함에 있어 적절한 크기의 캐놀라를 선택하는 것은 압력차의 허용치 내에서 바람직한 관류

량을 확보한다는 측면에서 성공적인 심폐바이패스 운용의 중요한 요소가 된다. 현재 심폐바이패스 회로에 사용되는 동맥캐놀라 및 정맥캐놀라들은 모두 전통적인 캐놀라 크기 표시법인 FRENCH SCALE 즉 FRENCH NUMBER

* 서울대학교병원 흉부외과, 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

논문접수일: 96년 2월 8일 심사통과일: 96년 3월 8일

공지사항: 이 논문은 1994년도 서울대학교병원 임상연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

통신저자: 김원곤, (110-744) 서울시 종로구 연건동 28 서울대학교병원 흉부외과, 서울의대 흉부외과학교실 Tel. (02)760-2346, Fax. (02)764-3664

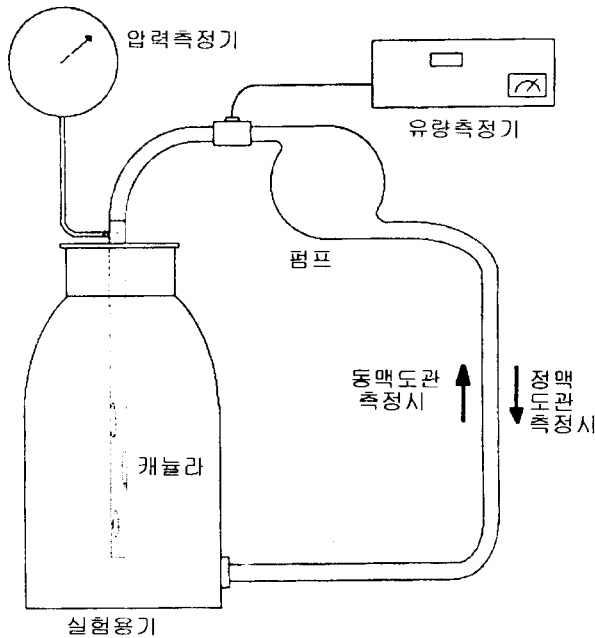


Fig. 1. M-number 측정에 사용된 실험장치. (출전 : Sinard JM, Merz SI, Hatcher MD, Montoya JP, Bartlett RH. Evaluation of extracorporeal perfusion catheters using a standardized measurement technique -The M-Number. Trans Am Soc Artif Intern organs 1991; 37:60-64.)

로 표시되고 있다. 그러나 이 표시법은 단순히 캐놀라의 외경 (external diameter)만을 나타내는 방법으로서 캐놀라의 진정한 성능 즉 압력-유량 (pressure-flow)관계의 특성을 나타내는데에는 한계가 있다. 예를 들어 어떤 두 캐놀라가 설사 똑 같은 FRENCH NUMBER를 가지고 있다고 하더라도 캐놀라의 길이, 옆구멍 (side hole) 들의 존재, 꾸버러짐 (bends)의 여부, 끝이 가늘어지는 정도 (tapering), 그리고 내경의 차이 등으로 서로 다른 압력-유량 특성을 가질 수 있는 것이다. 다시 말하자면 같은 외경을 가진 캐놀라들 중에서도 내경 및 기하학적 모양의 차이에 따라 어떤 캐놀라는 압력차를 크게 만들지 않으면서 많은 유량을 내 보낼 수 있는 반면 다른 캐놀라는 동일한 유량을 내 보내는데에 큰 압력차가 생길 수 있는 것이다. 이러한 점은 특히 혈관의 크기 때문에 종종 충분한 크기의 캐놀라를 삽입하기가 어려운 소아 환자들에서 더욱 중요한 의미를 지니게 된다.

FRENCH NUMBER에 의한 캐놀라 크기 표시의 이러한 단점을 개선하기 위하여 최근 M-NUMBER라는 새로운 캐놀라 표시 방법이 소개되고 있다^{1, 2)}. M-NUMBER는 Reynolds number와 마찰인자 (friction factor)와의 상관 관계로부터 도출되어 나온 수치로 단위가 없는 (unitless) 숫자로 표시된다. M-number는 일정한 내경을 가진 끝은 캐

놀라의 경우에는 계산도표 (nomogram)로 부터 그리고 불규칙한 모양을 가진 캐놀라의 경우에도 간단한 실험 장치를 통해 손쉽게 계산될 수 있다. 어떤 캐놀라의 M-number가 작을 수록 상대적으로 압력-유량 특성이 좋다는 의미가 된다. 다시 말하자면 M-number가 작을 수록 일정한 유속에서 보다 작은 압력을 만들거나 또는 일정한 압력에서는 보다 큰 유속을 나타내는 것을 뜻한다. 실제적으로 M-number, 압력, 유량간의 관계는 계산도표에서 셋중 둘만 알면 나머지 하나는 자동적으로 결정될 수 있기 때문에 어떤 특정 캐놀라의 M-number만 알면 사용하고자 하는 유량에서 어느 정도의 압력차가 생길 것인지를 미리 예측할 수 있는 것으로 보고되고 있다^{1, 2)}. 그러나 이러한 M-number의 이론적인 유용성에도 불구하고 실제 임상 적용시에 실험적으로 측정된 M-number가 어느 정도의 신뢰도를 가지고 사용될 수 있는지에 대해서는 아직까지 간단한 연구 결과 이외에는 문헌에 드물게 보고되고 있다³⁾. 따라서 본 연구는 서울대학병원 소아병원에서 심폐바이패스시에 실제 사용하고 있는 대동맥캐놀라를 대상으로 이들의 실험 M-number (experimentally derived M-number)와 임상 적용시의 M-number (clinically derived M-number)를 비교 연구함으로써 이들간의 상관 관계를 분석하고 그 결과에 따라 M-NUMBER의 임상적 유용성을 구체적으로 파악하는데 그 목적이 있다.

대상 및 방법

1. 대상 캐놀라

서울대학병원 소아병원에서 사용하고 있는 Argyle 대동맥캐놀라 (Argyle, Division of Sherwood Medical, St. Louis, Mo, USA)를 대상으로 조사하였다. 캐놀라의 크기는 French number로 10 Fr, 12 Fr, 16 Fr의 3가지 종류였는데 이들의 실험적 M-number는 각각 4.15, 3.90, 3.20 이었다. 이들 캐놀라들의 실험적 M-number 계산은 기존의 문헌에서 실험적으로 측정하여 제시한 값을 그대로 사용하였다²⁾. 이를 간단히 설명하면 압력 및 유량 측정장치가 부착된 실험장치를 설치한뒤 조사 대상 캐놀라를 통해 펌프로 일정한 유량을 보내면서 그때의 압력을 측정한다 (Fig. 1). 그런 뒤에 측정된 유량 및 압력을 가지고 계산도표로부터 M-number를 구하는 것이다 (Fig. 2).

2. 대상 환자

1995년 10월 1일 부터 12월 31일 사이에 서울대학병원 소아병원에서 수술 받은 개심술 환자들 중에서 임의로 추

출된 50명의 환자들을 대상으로 하였다. 총 50명의 환자중 남자가 30명 여자는 20명이었으며 평균 연령은 23.1개월(7일~104개월)이었다. 대상 환자들의 병명은 모두 선천성 심기형으로 이중 26명의 환자가 비청색성 심기형, 그리고 나머지 24명의 환자는 청색성 심기형이었다. 조사 대상 캐놀라 별로는 10 Fr 캐놀라의 경우 조사 환자 17명의 평균 연령은 4.2개월(7일~11개월)이었고 남녀 비는 10:7이었다. 비청색성 및 청색성 심기형의 비는 7:10 이었다. 12 Fr 캐놀라는 조사 환자 18명의 평균 연령이 14개월(2~36개월) 이었고 남녀 비는 10:8이었다. 비청색성 심기형과 청색성 심기형의 비는 5:13으로 비교적 청색성 심기형이 많았다. 조사 대상 캐놀라 중 가장 큰 16 Fr 캐놀라의 경우는 조사 환자 15명의 평균 연령이 60.6개월(24~104개월) 이었고 남녀 비는 10:5였다. 비청색성 및 청색성 심기형의 비는 5:10이었다.

3. 임상 M-number 의 측정

모든 조사 환자에서 심폐바이패스 시작 5분, 10분, 15분 후에 각각 3차례씩 대동맥라인 압력과 요골동맥압(radial artery pressure)을 함께 측정하여 캐놀라를 통한 압력차를 구하였다. 대동맥라인 압력은 동맥펌프 상부의 대동맥라인에 압력측정 장치를 설치하여 측정하였다. 이와 동시에 펌프를 통한 혈류량을 구하여 계산도표에서 M-number를 구하였다. 심폐바이패스시 사용된 펌프는 5-head Stöckert-Shiley 롤러 펌프였다. 그리고 M-number에 대한 체온 하강의 영향을 조사하기 위해 M-number 측정 시기와 동시에 환자의 직장 체온을 동시에 측정하였다.

결 과

심폐바이패스후 5분, 10분, 15분의 3차례 측정 결과 임상 M-number는 세가지 크기의 대동맥캐놀라 모두에서 일정한 범주내(0.35~0.55)에서 실험 M-number 보다 높게 측정되었다(그림 3,4,5). 각 캐놀라 별로 살펴 보면 10 Fr 캐놀라(M=4.15)의 경우 임상 M-number는 실험 M-number 보다 17명의 환자에서 평균 0.45~0.55 높게 측정되었으며, 12 Fr 캐놀라(M=3.9)에서는 18명의 환자에서 평균 0.35~0.50 이 높게 임상 M-number가 측정되었다. 그리고 16 Fr 캐놀라(M=3.2)의 경우는 임상 M-number가 15명의 환자에서 평균 0.50~0.55 높게 측정되었다. 심폐바이패스 시작후 체온 하강에 따른 혈액 점도의 증가가 M-number에 미치는 영향을 분석하기 위하여 각 환자들의 체온 변화에 따른 M-number의 변화를 캐놀라 별로 분석하였다(Fig.

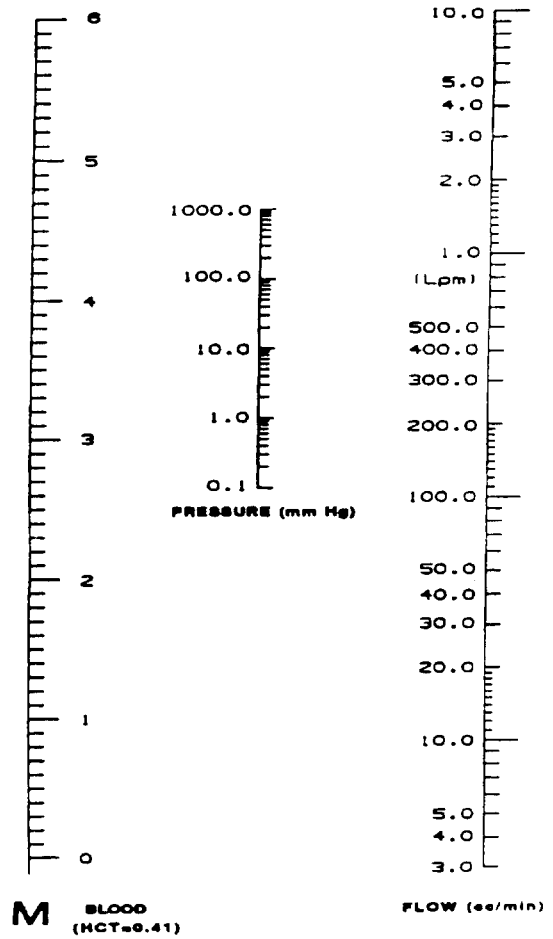


Fig. 2. M-Number 측정에 사용되는 nomogram. 위 그래프에서 pressure, flow, M-number 세 수치 중 두개를 알면 나머지 하나를 결정할 수 있다.(출전 : Sinar JM, Merz SI, hatcher MD, Montoya JP, Bartlett RH. Evaluation of extracorporeal perfusion catheters using a standardized measurement technique -The M-Number. Trans Am Soc Artif Intern Organs 1991; 37:60-64.)

6,7,8). 상관 분석 결과 임상 M-number와 체온 사이에는 음의 상관 관계가 있는 것이 입증되었으며 이는 특히 M-number가 큰 즉 압력-유량 특성이 상대적으로 좋지 않은 캐놀라에서 더욱 현저하였다.

고 찰

심폐바이패스시 캐놀라를 삽입하기 전에 미리 해당 캐놀라의 압력-유량 특성을 파악할 수 있으면 안전하고 효율적인 심폐바이패스 운용에 중요한 요인이 될 수 있다. 예를 들어 대동맥 캐놀라를 통한 압력차가 100mmHg 이상이 되면 일반적으로 심폐바이패스시 캐놀라 파열 및 용혈

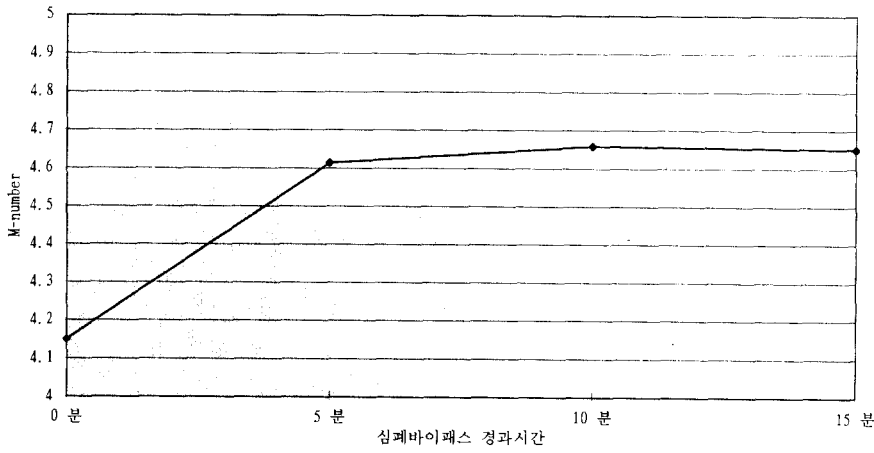


Fig. 3. Argyle 10 Fr 대동맥 캐놀라(M=4.15)의 임상 M-number

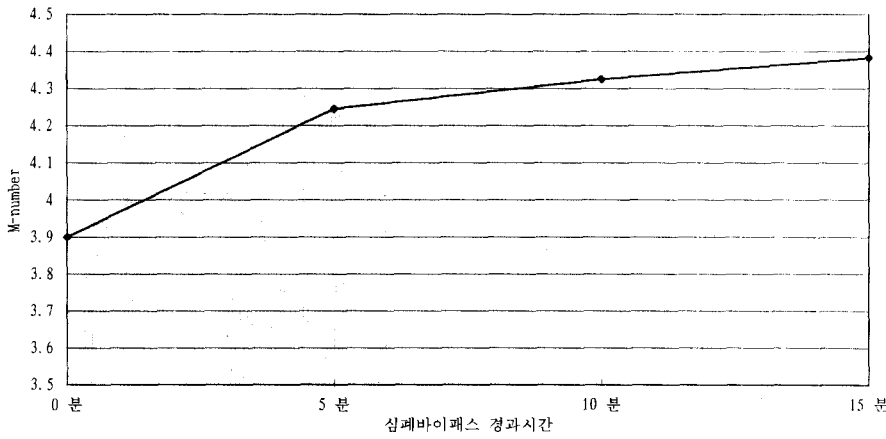


Fig. 4. Argyle 12 Fr 대동맥 캐놀라(M=3.9)의 임상 M-number

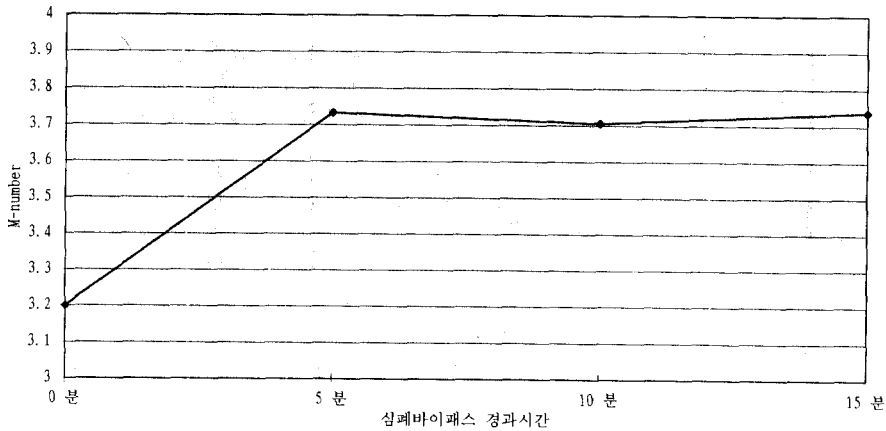


Fig. 5. Argyle 16 Fr 대동맥 캐놀라(M=3.2)의 임상 M-number

(hemolysis)의 위험성이 커지는 것으로 보고되고 있다⁴⁾. 이때 만일 삽입할 대동맥 캐놀라의 압력-유량 특성을 미리 알 수 있으면 계획된 유량하에서 어느 정도의 압력차가 생길 것인가를 손쉽게 예측할 수있기 때문에 100

mmHg 이상의 압력차를 만들지 않는 안전한 크기의 대동맥 캐놀라를 선택할 수 있을 것이다. 그러나 French number로 표시된 현행 캐놀라 표시법으로는 캐놀라의 이러한 압력-유량 특성을 정확하게 파악할 수 없기 때문에 현재

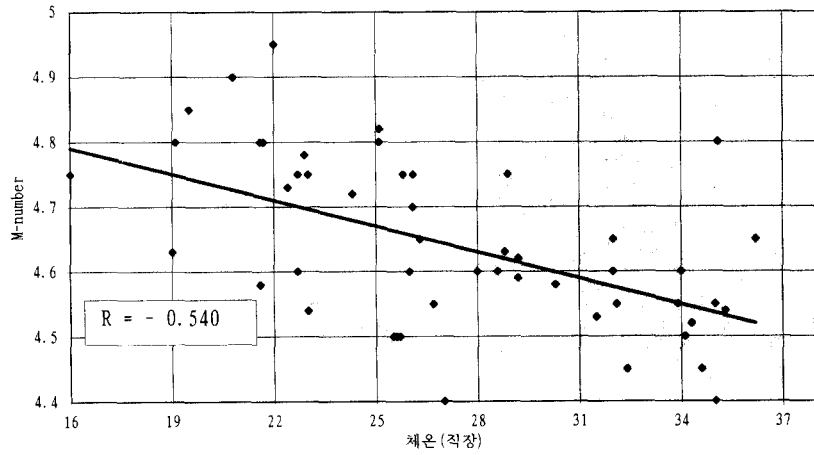


Fig. 6. 체온에 따른 M-number의 변화(Argyle 10 Fr 캐놀라)

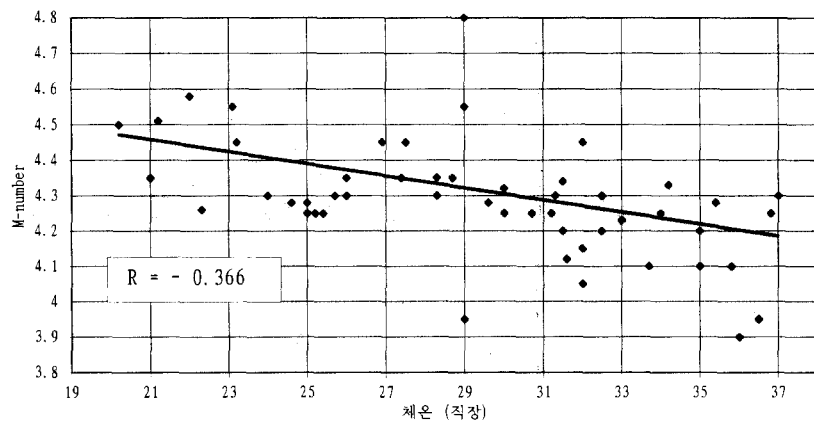


Fig. 7. 체온에 따른 M-number의 변화 (Argyle 12 Fr 캐놀라)

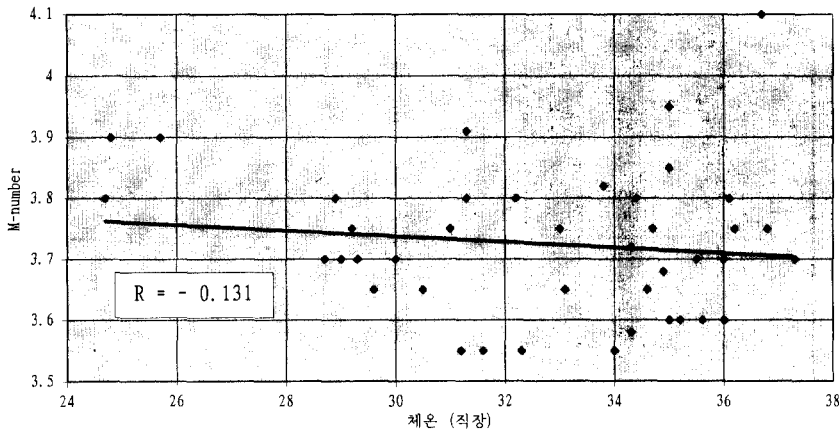


Fig. 8. 체온에 따른 M-number의 변화 (Argyle 16 Fr 캐놀라)

임상적으로는 압력차를 적게 하면서 충분한 유량을 확보할 목적으로 가능한 한 큰 크기의 캐놀라를 삽입하는 것이 관행으로 되어 있다. 그러나 신생아와 같은 작은 크기의 환자에서는 충분히 큰 크기의 캐놀라를 삽입하는 것이

항상 가능하지 않기 때문에 외경에 관계없이 좋은 압력-유량 특성을 보이는 캐놀라를 미리 파악하여 선택할 수 있으면 큰 도움이 될 수 있다. 이와 관련하여 과거에도 심폐바이페이스시에 사용되는 동정맥 캐놀라들의 유량 특성을 분

석한 몇몇 논문들이 발표된 바 있지만 체계적이고도 객관적인 새로운 캐놀라 표시방법의 제시는 없었다^{4,5,6)}.

M-number 는 이런 관점에서 최근 제안된 캐놀라 표시법으로 비단 심폐바이패스 캐놀라에서 뿐만 아니라 혈관에 삽입되는 각종 캐놀라, 카테타 등에서 폭넓게 이용될 수 있다. 본 연구는 이러한 M-number가 실제 임상에 적용되었을 때의 신뢰성을 구체적으로 파악하기 위해 진행되었다. 세가지 크기의 소아용 대동맥 캐놀라를 대상으로 조사한 결과 모든 캐놀라에서 임상 M-number는 실험적으로 측정된 M-number와 높은 상관 관계를 보였는데, 임상 M-number가 실험 M-number 보다 0.35~0.55 정도 높게 측정되었다. 이는 심폐바이패스 시작후 저체온법에 따른 체온하강의 영향으로 혈액 점도가 높아져 나타날 수 있는 현상으로 다른 연구 보고와 일치하는 소견이었다²⁾. 또 실험 상황과는 달리 실제 생체 삽입시에는 캐놀라에 가해지는 부분적인 변화들에 따라 M-number가 0.05 정도는 차이가 날 수 있다는 보고와도 관련이 있을 수 있는 소견이었다²⁾. 이에 따라 각 캐놀라 별로 체온 변화에 따른 M-number 변화의 상관 관계를 보다 구체적으로 조사하였다. 조사 결과 세 종류 크기의 캐놀라 모두에서 체온 하강에 따라 M-number가 유의한 상관 관계를 가지면서 증가하는 것을 알 수 있었다. 이러한 상관 관계는 특히 M-number가 큰 다시 말하자면 압력-유량 특성이 비교적 좋지 않은 캐놀라에서 더욱 현저하게 나타났다. 이는 신생아 등에서와 같이 작은 크기의 캐놀라를 사용할 수밖에 없는 환자들에서는 가능한한 보다 낮은 M-number를 가진 캐놀라를 삽입하는 것이 더욱 중요하다는 의미가 된다.

본 연구 결과들을 토대로 다음과 같은 두가지 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 심폐바이패스에 사용되는 대동맥캐놀라에 대해 실험적으로 측정된 M-number 는 임상에서 실제 측정된

M-number와 일정한 범주의 차이를 보이면서 유의한 상관 관계를 보였다.

(2) 임상 M-number는 체온 하강에 따라 음의 상관 관계를 보이면서 증가하게 되고 이런 현상은 M-number가 큰 즉 압력-유량 특성이 상대적으로 좋지 않은 캐놀라에서 더욱 현저하였다.

감사의 말

본 논문 내용 중의 통계 및 도표 작성에 서울대학교 의과대학 예방의학교실 주영수 선생과 서울대병원 흉부외과 임청 선생의 도움이 컸습니다. 또 심폐바이패스 자료 수집을 도와준 서울대병원 흉부외과 심폐기실의 백인혁 기사장에게도 감사드립니다.

참고 문헌

1. Montoya JP, Merz SI, Bartlett. *A standardized system for describing flow/pressure relationships in vascular access devices.* Trans Am Soc Artif Intern Organs 1991;37:4-8.
2. Sinard JM, Merz SI, Hatcher MD, Montoya JP, Bartlett RH. *Evaluation of extracorporeal perfusion catheters using a standardized measurement technique - The M-NumBer.* Trans Am Soc Artif Intern Organs 1991;37:60-4.
3. Delius RE, Montoya P, Merz SI, et al. *New method for describing the performance of cardiac surgery cannulas.* Ann Thorac Surg 1992;53:278-81
4. Brodman RB, et al. *A comparison of flow gradients across disposable arterial perfusion cannulas.* Ann Thorac Surg 1985;39:225-33.
5. Bennett EV, et al. *Comparison of flow differences among venous cannulas.* Ann Thorac Surg 1983;36:59-65.
6. Arom KV, et al. *Objective evaluation of the efficacy of various venous cannulas.* J Thorac Cardiovasc Surg 1981;81:464-9.

= 국문초록 =

심폐바이패스시 사용되는 캐놀라의 크기는 전통적으로 French Number로 표시되어 왔다. 그러나 이 표시법은 단순히 캐놀라의 외경만을 나타낼 뿐이지 캐놀라의 중요한 특성인 압력-유량 관계를 나타내지는 못한다. 최근 캐놀라의 압력-유량 특성을 잘 나타낼 수 있는 M-number라는 새로운 표시법이 개발되었다. 이 방법에 의하면 어떤 캐놀라의 M-number를 실험적으로 측정하여 알게 되면 그 캐놀라의 압력-유량 관계를 손쉽게 파악할 수 있는 것으로 보고되고 있다.

이런 관점에서 과연 실험적으로 측정된 M-number가 실제 임상적으로 심폐바이패스에 적용될 때 어떤 상관 관계를 가지는가를 분석하기 위해 모두 50명의 소아 심장환자에서 심폐바이패스시 사용되는 3가지 크기의 대동맥 캐놀라(Argyle 10 Fr, 14 Fr, 16 Fr)를 대상으로 조사하였다. 조사 결과 실험적으로 산출된 M-number와 임상 M-number 간에는 강한 상관 관계가 있었으며 전체적으로 임상 M-number가 실험 M-number에 비해 0.35~0.55 정도 높은 수치를 보였다. 임상 M-number는 또한 체온이 하강할수록 그 수치가 증가하는 즉 체온과는 역의 상관 관계를 보였는데 이는 저체온으로 인한 혈액 점도의 상승 때문으로 판단되었다. 체온 하강에 따른 M-number의 이러한 변화는 높은 M-number를 가진 캐놀라에서 더 현저하게 관찰되었다. 결론적으로 실험적으로 측정된 M-number는 심폐바이패스시 대동맥캐놀라에 임상 적용될 때의 M-number와 강한 상관 관계를 보였으며 또한 체온 하강에 따라 유의한 영향을 보였다.

중심단어: 1. 심폐바이패스
2. 캐놀라