

튜브 결찰 및 스텐트 방식에 따른 방수유출장치 내 유동저항의 평가

박형주 · 박기호 · 김석환 · 김태우 · 김동명

서울대학교 의과대학 안과학교실

목적: 방수유출장치에서 다양한 튜브 결찰 방식을 사용함으로써 튜브 내 유동저항의 변화를 정량적으로 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 타입 1: 아메드 튜브를 결찰하지 않은 군, 타입 2: 튜브를 8-0 바이크릴로 결찰한 군, 타입 3: 몰테노 튜브와 1 가닥 6-0 프롤린 내부 스텐트를 8-0 바이크릴로 결찰한 군, 타입 4: 아메드 튜브와 3 가닥 8-0 나일론 외부 스텐트를 8-0 바이크릴로 결찰한 군, 타입 5: 튜브와 6-0 프롤린 외부 스텐트를 8-0 바이크릴로 결찰하고 스텐트를 제거한 군.

결과: 타입 1에서 튜브 내 압력은 평균 0.143 mmHg로, 타입 2에서 압력은 6.688까지 상승한 후 6.384로, 타입 3에서 결찰 후 압력은 5.396에서 스텐트 제거 후 3.572로 유지되었다. 타입 4에서 결찰 후 압력은 5.700, 1 스텐트 제거 후 5.472, 2 스텐트 제거 후 5.016, 3 스텐트 제거 후 4.180로, 타입 5에서 스텐트 제거 후 6.384까지 상승한 후 5.624 mmHg로 유지되었다.

결론: 튜브 결찰 및 외부 스텐트 제거술은 술 후 초기 저안압을 예방하면서 안압을 단계적으로 하강시킬 수 있는 유용한 방법이라 생각한다.

〈대한안과학회지 2011;52(5):610-617〉

이전에 고식적인 여과수술에 실패한 과거력이 있는 경우, 혹은 신생혈관 녹내장, 포도막염에 의한 이차 녹내장 등의 난치성 녹내장의 수술적 치료로 다양한 녹내장 유출장치가 사용되고 있다.¹⁻⁴ 녹내장 방수유출장치에는 방수의 흐름을 제한하지 않는 Molteno 장치, Baerveldt 장치, Schocket tube shunt와 술 후 저안압을 막기 위해 방수의 유출을 제한하는 Krupin Denver 밸브, Joseph 밸브, Ahmed 밸브 등이 있다.⁵⁻¹¹ 이러한 다양한 종류의 녹내장 방수유출장치는 약물 치료에 잘 반응하지 않고, 수술적 치료로서 고식적인 섬유주절제술의 성공률이 다른 녹내장에 비하여 낮은 난치성 녹내장에서 높은 수술 성공률이 보고된 바 있다.¹²⁻¹⁵

이러한 방수유출장치의 술 후 합병증으로는 저안압과 그에 따른 각막접촉, 지속적인 얇은 전방, 맥락막박리, 저안압 황반병증, 전방출혈, 유리체출혈, 맥락막상강출혈, 주변홍채유착, 백내장, 밸브 막힘, 밸브위치이상 이밖에 결막반흔,

사시나 안구운동장애, 각막이식편의 거부반응, 안내염, 안구로 등이 다양하게 보고되고 있으며, 최근 밸브기능을 갖춘 녹내장 방수유출장치를 사용하면서 과여과의 빈도는 줄었으나, 아직도 과여과와 이로 인한 술 후 초기 저안압 등의 합병증이 문제가 되고 있다.^{3,16} 현재 과여과를 방지하기 위하여 콜라겐마개나 점탄물질 사용, 풀립매듭(releasable suture)을 이용한 튜브의 일시적 결찰, 스텐트(stent)를 이용한 튜브의 결찰, 흡수붕합사로 결찰 등의 방법이 부가적으로 사용되고 있다.^{1,11,16-20}

녹내장 방수유출장치의 과여과를 방지하기 위하여 튜브 결찰과 스텐트 방식을 이용한 안압 하강 효과 및 저안압 발생 빈도에 대한 in vivo 연구, 다양한 녹내장 방수유출장치와 Baerveldt 장치의 부분적 튜브 폐쇄에 대한 압력, 흐름(flow), 유동저항(flow resistance)을 측정한 in vitro 연구는 일부 있었으나,¹⁸⁻²² Ahmed 밸브에 대한 결찰 전·후의 압력 변화에 대한 in vitro 연구는 아직까지 보고된 바가 없었다. 저자들은 현재 임상에서 가장 많이 사용되는 Molteno 장치와 Ahmed 밸브에 대해 체내와 유사한 실험적 상황에서 다양한 결찰 방식의 결찰 전과 후의 튜브 내 압력의 변화와 흐름의 유무를 관찰하고자 하였다.

대상과 방법

압력계(manometer: RT-200 Calibration analyzer,

■ 접수 일: 2010년 8월 17일 ■ 심사통과일: 2010년 9월 27일

■ 게재허가일: 2011년 3월 8일

■ 책임저자: 박 기 호

서울시 종로구 대학로 101

서울대학교병원 안과

Tel: 02-2072-2438, Fax: 02-741-3187

E-mail: kihopark@snu.ac.kr

* 이 논문의 요지는 2010 ARVO meeting에서 포스터로 발표되었음.

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0091931).

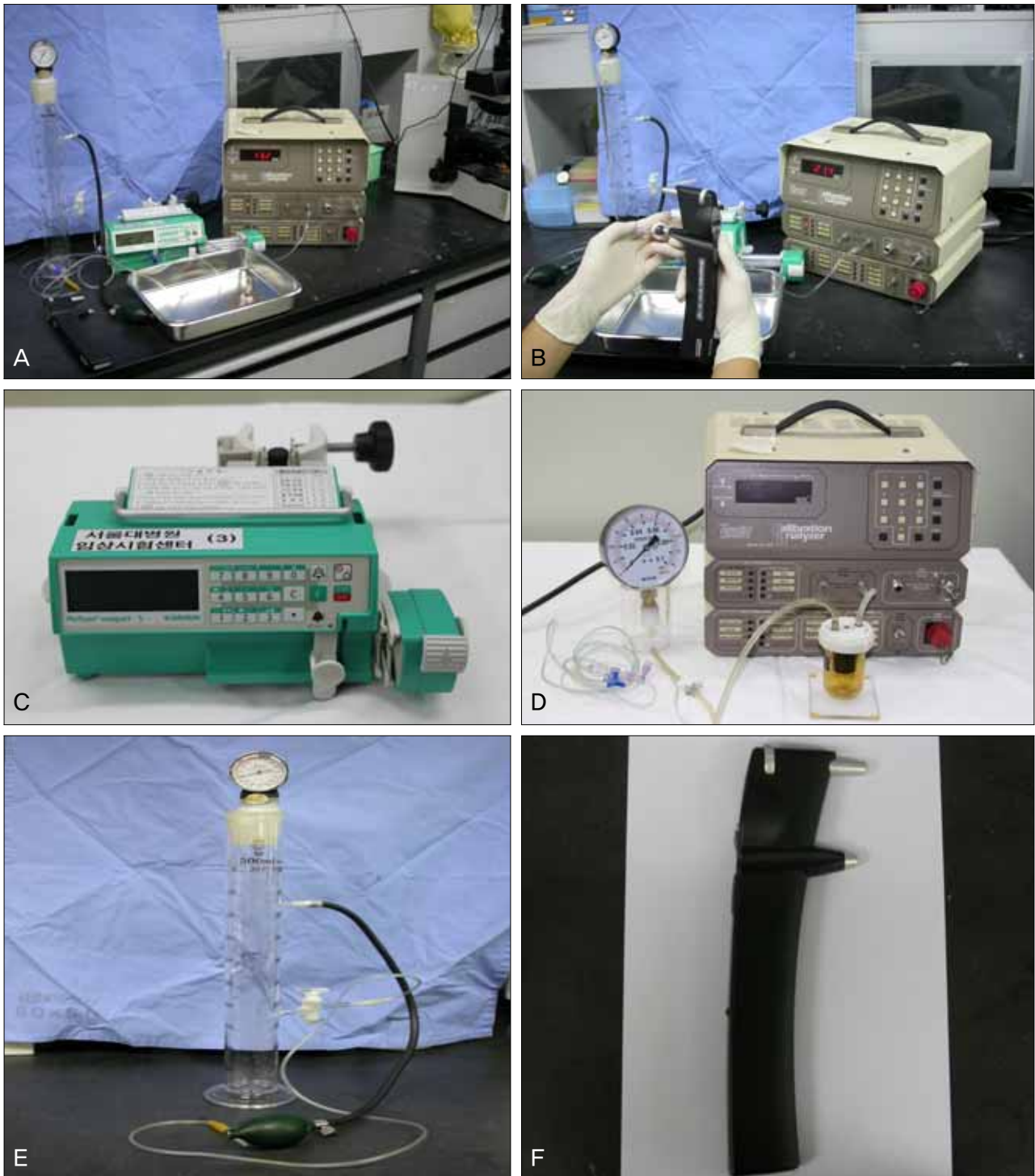


Figure 1. Closed manometric apparatus used in this experiment for the calibration of manometer. Pig eye is connected in series with anterior chamber (A/C) cannulator, infusion pump and manometer. (A) Pig eye is given pressured on by A/C cannulator. BSS solution is flowed into pig eye with infusion pump. (B) A/C cannulator intentionally makes intraocular pressure (IOP) of pig eye the level that we want. Intraocular pressure is internally measured by manometer and external measured by rebound tonopen. Intraocular pressures measured by manometer and rebound Tono-Pen and A/C cannulator-made pressure are compared each other. (C) Infusion pump used in this experiment. (D) Manometer used in this experiment. (E) Anterior chamber (A/C) cannulator used in this experiment. (F) Rebound Tono-Pen used in this experiment.

Strategic Medical Sales, Cleveland, OH, USA)를 보정(calibration)하기 위해 압력계와 전방 캐눌레이터(anterior chamber cannulator)를 돼지 안구에 연결하여 폐쇄회로를 만들었다. 압력계는 높이에 의한 압력 변화를 없애기 위해 돼지 안구와 같은 높이에 설치하였다. 주입 펌프(infusion pump: B.Braun Melsungen AG, Melsungen, Germany)를 통해 평형염액을 인간 방수 생성 속도와 유사한 $2\mu\text{l}/\text{min}$ 의 속도로 힐론 니들(Healon needle)을 통해 돼지 안구의 전방에 주입하였다(Fig. 1). 전방 캐눌레이터로 돼지 안구 전방내 압력을 20 mmHg부터 5 mmHg 단위로 50 mmHg까지 변화시키고, 돼지 안구 전방 내 압력을 압력계와 리바운드 토노펜(rebound tonopen: Colonial Medical Supply, Franconia, NH, USA)으로 측정하여 전방 캐눌레이터로 인위적으로 만든 압력과 비교하였다. 리바운드 토노펜으로 측정한 돼지 안압은 5번 측정한 값을 평균하였다.

통계적 분석은 SPSS 16.0 프로그램을 사용하였으며, 압력계로 측정한 압력과 전방 캐눌레이터와 리바운드 토노펜

으로 측정한 압력과의 관계를 확인하기 위해 Friedman test를 이용하여 분석하였고, p 값이 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의하다고 하였다.

다양한 튜브 결찰(tube ligation) 및 스텐트 방식에 따른 몰테노(Molteno) 장치 튜브(tube)와 아메드(Ahmed) 밸브 튜브 내의 압력 변화와 흐름을 측정하기 위해 압력계, 주입 펌프, 몰테노 장치 튜브 또는 아메드 밸브 튜브와 각각 연결하고, 평형염액을 $2\mu\text{l}/\text{min}$ 의 속도로 주입하였다(Fig. 2).

실험을 5가지 타입(type)으로 나누어 튜브 내의 압력의 변화와 흐름(flow) 유무를 측정하였다(Fig. 3).

첫번째 타입(type 1)은 아메드 밸브 튜브를 결찰하지 않은 상태로 압력계로 튜브 내의 압력을 측정하였다. 두 번째 타입(type 2)은 아메드 밸브 튜브를 8-0 Vicryl로만 결찰한 상태로 결찰 후 튜브 내의 압력을 압력계로 측정하고 아메드 밸브 내 평형염액의 흐름을 관찰하였다. 세 번째 타입(type 3)은 1가닥의 6-0 Vicryl 스텐트를 튜브 안으로 넣은 상태에서 몰테노 장치 튜브와 같이 8-0 Vicryl로 결찰

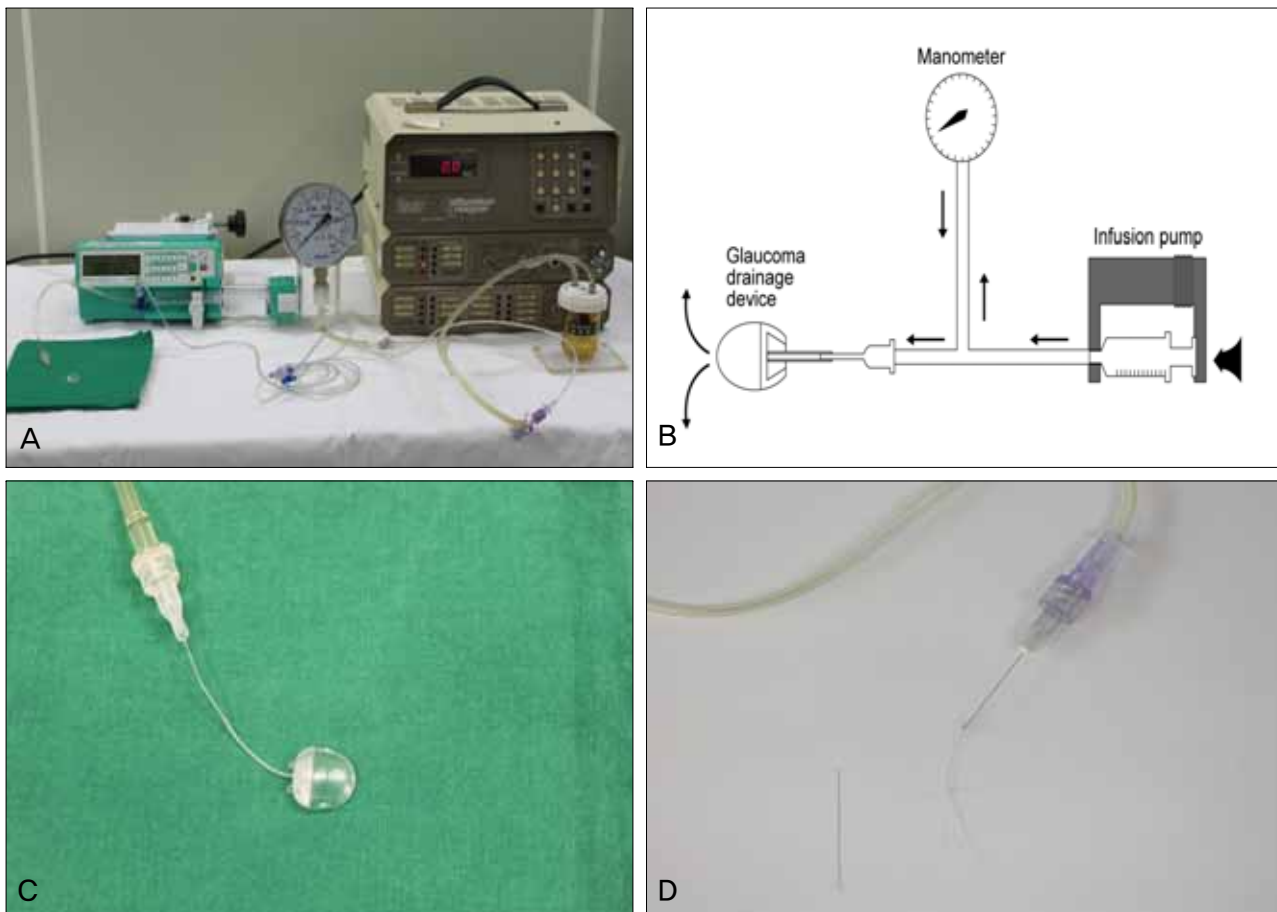


Figure 2. (A) Closed manometric apparatus to measure intraluminal pressure in the tube of glaucoma drainage devices (GDD). (B) Schematic diagram of this apparatus used in this experiment. Tube is connected in series with infusion pump and manometer. (C) Ahmed valve implant is connected with a Healon needle. (D) It is observed that a Molteno tube is connected with a Healon needle. A 6-0 Vicryl stent is found in the left side of the tube.

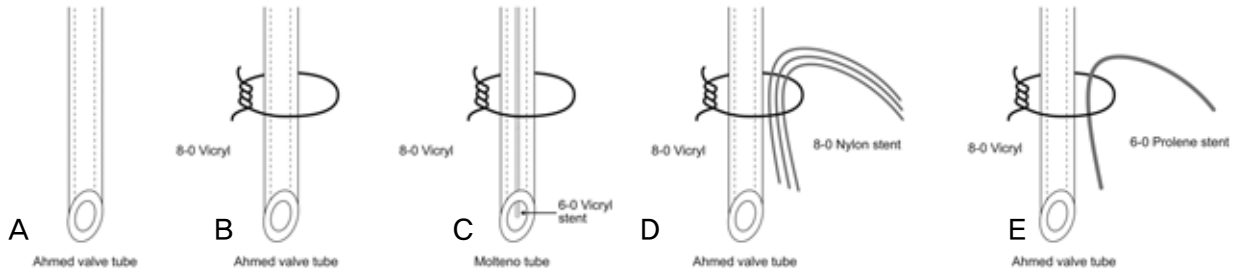


Figure 3. Various tube ligation and stent methods. (A) Type 1, no ligation of Ahmed valve tube. (B) Type 2, ligation of Ahmed valve tube with 8-0 Vicryl. (C) Type 3, ligation of Molteno tube and a 6-0 Vicryl as an intra-luminal stent with 8-0 Vicryl. (D) Type 4, ligation of Ahmed valve tube and three strands of 8-0 nylon as extra-luminal stents with 8-0 Vicryl. (E) Type 5, ligation of Ahmed valve tube and a 6-0 Prolene as an extra-luminal stent with 8-0 Vicryl and then Prolene is removed for partial ligation.

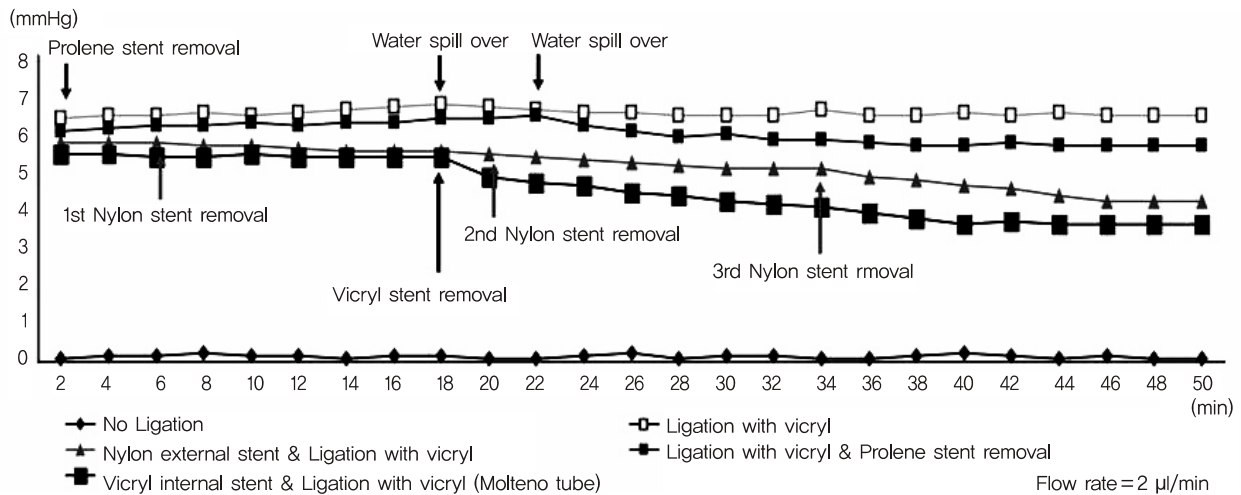


Figure 4. The measurement of flow resistance in Ahmed and Molteno implant using various tube ligation methods.

하여 스텐트 제거 전·후 압력 변화를 압력계로 측정하였다. 네 번째 타입(type 4)은 3가닥의 8-0 Nylon 스텐트를 아메드 밸브 튜브 외부에 위치시킨 후 튜브와 같이 8-0 Vicryl로 결찰한 상태에서 nylon 스텐트를 순차적으로 한 가닥씩 제거할 때마다의 압력 변화를 압력계로 측정하고 아메드 밸브를 통한 평형염액의 흐름을 관찰하였다. 다섯 번째 타입(type 5)은 1가닥의 6-0 Prolene 스텐트를 아메드 밸브 튜브 외부에 위치시킨 후 튜브와 같이 8-0 Vicryl로 결찰한 상태에서 스텐트를 제거 후 압력 변화를 압력계로 측정하였다.

각각의 타입은 5회 실험하여 튜브내 압력은 평균 기록하였으며, 측정 간격은 2분마다 시행하였고, 측정 기간은 스텐트를 제거할 때마다 더 이상의 압력 변화가 없을 때까지 기록하였다(Fig. 4).

결 과

압력계를 보정(calibration)하기 위해 돼지 안구 전방 내

의 압력을 전방 캐눌레이터를 이용하여 20 mmHg로 설정하였을 때 압력계와 리바운드 토노펜(rebound tonopen)으로 5회 측정한 안압은 각각 평균 20.2 mmHg와 20.7 mmHg이었다. 25 mmHg로 설정하였을 때는 24.4 mmHg와 24.7 mmHg, 30 mmHg로 설정하였을 때는 30.2 mmHg와 29.0 mmHg, 35 mmHg로 설정하였을 때는 35.8 mmHg와 34.7 mmHg, 40 mmHg로 설정하였을 때는 41.2 mmHg와 39.8 mmHg, 45 mmHg로 설정하였을 때는 44.4 mmHg와 44.6 mmHg, 50 mmHg로 설정하였을 때는 51.3 mmHg와 49.3 mmHg이었다. 압력계로 측정한 압력과 전방 캐눌레이터와 리바운드 토노펜으로 측정한 압력과의 관계를 확인하기 위해 Friedman test를 이용하여 각각 분석하였고, p -value는 0.368로 통계학적으로 유의한 압력 수치들 간의 차이는 없었다(Table 1).

아메드 밸브 튜브를 결찰하지 않은 첫 번째 타입에서 튜브 내 압력은 0.143 mmHg 이하로 유지되었다. 아메드 밸브 튜브를 6-0 Vicryl로만 결찰한 두 번째 타입에서는 튜브 내 압력은 6.688 mmHg까지 상승한 후 아메드 밸브 튜

Table 1. Intraocular pressure of pig between rebound Tono-Pen and manometer under anterior chamber (A/C) cannulator

A/C cannulator (mmHg)	Rebonud Tono-Pen (mmHg)	Manometer (mmHg)	p-value
20	20.2	20.7	0.368
25	24.4	24.7	
30	30.2	29.0	
35	35.8	34.7	
40	41.2	39.8	
45	44.4	44.6	
50	51.4	49.3	

Tested by Friedman test.

브에서 평형염액의 흐름이 발생하면서 튜브 내 압력은 6.384 mmHg로 유지되었다. 1가닥의 6-0 Vicryl 스텐트를 튜브 안으로 몰테노 장치 튜브와 같이 8-0 Vicryl로 결찰한 세 번째 타입에서 튜브 내 압력은 5.396 mmHg까지 상승하고 튜브 내 스텐트를 제거한 후에는 3.572 mmHg로 떨어졌다. 3가닥의 8-0 Nylon 스텐트를 아메드 밸브 튜브 외부에 위치시킨 후 튜브와 같이 8-0 Vicryl로 결찰한 네 번째 타입에서 결찰 후 튜브 내 압력은 5.700 mmHg이었고, 첫 번째 스텐트 제거 후 5.472 mmHg, 두 번째 스텐트 제거 후 5.016 mmHg, 세 번째 스텐트 제거 후 4.180 mmHg로 유지되었다. 1가닥의 6-0 Prolene 스텐트를 아메드 밸브 튜브 외부에 위치시킨 후 튜브와 같이 8-0 Vicryl로 결찰한 다섯 번째 타입에서 결찰을 제거한 후 튜브 내 압력은 6.384 mmHg까지 상승하고, 평형염액 흐름이 아메드 밸브 튜브에서 발생하면서 튜브 내 압력은 5.624 mmHg로 낮아져 유지되었다(Fig. 4).

고 찰

현재 사용되고 있는 녹내장 방수유출장치들은 난치성 녹내장을 치료하기 위하여 고안되어 사용되어 왔으며, 이 중 1969년 Molteno가 개발한 녹내장 장치가 현재 사용되는 녹내장 장치의 기본이 되었다.⁶ 이들은 전방 내에 삽입된 튜브가 공막절개창의 역할을 하며 방수를 전방으로부터 공막위에 삽입된 장치물로 유도한다. 이러한 튜브는 주변홍채 전유착이 있는 전방 내로도 삽입이 가능하며 섬유화에 의해 공막절개창이 막히는 경우와는 달리 튜브가 섬유화에 의해 잘 막히지 않는다는 장점이 있다. 녹내장 장치는 크게 방수의 흐름에 제한이 없는 장치인 Molteno 장치, Baerveldt 장치, Schocket tube shunt와 막, 밸브, 저항성 물질 등에 의해 방수의 흐름에 제한이 생기는 장치인 Krupin Denver 밸브, Joseph 밸브, Ahmed 밸브, Optimed로 구분된다.⁵⁻¹¹

몰테노 장치는 후방에 위치하는 저장소와 연결된 각공막

윤부를 통한 방수유출장치로 개발된 최초의 장치로, 전방으로부터 테논낭하 저장소로 윤부를 통하여 방수를 배출하는 장치이다. 이는 튜브의 뒤쪽 배출구를 테논낭하로 삽입함으로써 섬유화에 따른 폐쇄를 방지할 수 있고 테논낭하나 결막하공간이 넓기 때문에 더 많은 양의 방수를 배출할 수 있어 안압 강하 효과가 크다. 그러나 방수의 흐름을 제한하는 튜브내 밸브가 없고 공막위 장치물 주위로 섬유화된 여과포가 형성되기 이전에 개방된 튜브를 전방 내에 삽입하게 되면 과다한 방수의 유출에 의해 술 후 초기 저안압과 이로 인한 맥락막박리 등의 합병증이 잘 발생한다.^{1,6}

현재 많이 사용되는 아메드 밸브는 실리콘 튜브가 2장의 얇은 실리콘 탄성중합체 막(silicone elastomer membrane) 사이에 끼워져 몸체에 연결된 구조를 갖는 장치로 185 mm²의 표면적을 갖는다. 전방 내로 삽입된 실리콘 튜브를 통해 유입된 방수가 밸브 역할을 하는 2장의 막 사이를 통과하여 몸체 쪽으로 빠져나가게 되며, 이 때 밸브가 8 mmHg 이상의 압력에서만 열리도록 고안되어 수술 후 저안압증과 관련된 합병증의 발생이 적다고 보고되고 있다.^{11,15,17}

Prata et al²¹의 보고에 의하면 아메드 밸브의 경우 공기 중에서는 밸브가 열리고 닫히는 압력이 존재하였지만 평형염액 안에서의 in vitro 연구에서는 이러한 압력은 존재하지 않았으며, 다른 모든 녹내장 방수유출장치에서 생체 외보다 생체 내에서 높은 압력을 보였는데, 이러한 결과로 보아 밸브 장치는 안압의 변동에 따라 열리고 닫히는 기능을 하지 못하며 단지 방수의 흐름을 제한하는 기능을 하고, 생체 내에서는 실제로 밸브 장치보다는 녹내장 방수유출장치 주위의 결막 조직이 방수의 흐름을 제한한다고 하였다. 그러나 Francis et al²²은 아메드 밸브의 흐름 변화에 대한 압력 변화 연구에서 흐름의 증가에도 불구하고 튜브 내 압력이 일정하게 유지됨을 보여 밸브 장치가 기능함을 보고하였다.

이러한 녹내장 방수유출장치를 이용하여 난치성 녹내장을 치료한 임상 결과와 합병증을 보면, Topouzis et al²³은 76%에서 21 mmHg 이하로 안압을 시킬 수 있었으나, 12%에서는 저안압이 발생하였음을 보고하였고, Huang et al¹⁵은 87%의 성공률과 8%의 저안압을 보고하였다.

아메드 밸브와 같이 밸브가 있는 녹내장 방수유출장치 삽입술 후에도 저안압이 나타날 수 있는 원인으로는 밸브 기전의 실패, 튜브 주위로의 방수누출, 모양체의 기능부전에 따른 방수 생성의 감소 등을 들 수 있으며,^{18,24} Prata et al²¹의 실험에서와 같이 공기중과 액체 속에서의 밸브 기능의 차이나 생체 내에서의 변화 등으로 설명할 수 있다.

최근에는 아메드 밸브와 같은 밸브가 있는 녹내장 방수유출장치 삽입 시에도 삽입술 후 발생할 수 있는 저안압을

예방하기 위해 폴립매듭을 이용한 튜브의 일시적 결찰, 스텐트를 이용한 튜브의 결찰, 흡수봉합사로 결찰 등의 방법이 부가적으로 사용되고 있다. el-Sayyad et al¹은 난치성 녹내장 19안에 대한 몰테노 장치 삽입술 시 폴립매듭을 사용할 경우 최종적으로 12안에서 녹내장 약물 치료 없이 21 mmHg 이하이며, 18안에서 저안압 발생 없이 정상적인 전방 깊이를 형성하였다. Kee¹⁸는 아메드 밸브 삽입 시 6-0 Prolene 스텐트를 사용하여 부분적 튜브 결찰을 시행한 경우 부분적 튜브 결찰을 시행하지 않을 때와 같은 수술성공률 75.0%을 보고하였고, 술 후 초기 합병증인 저안압 발생률은 부분적 튜브 결찰을 시행한 경우와 시행하지 않은 경우 각각 6.3%, 25%로, 높은 수술성공률을 보이면서 수술 직후 저안압의 방지효과를 가져올 수 있음을 입증하였다.²⁵ Lee et al²⁰은 난치성 녹내장에 대한 아메드 밸브 삽입 시 3가닥의 8-0 Nylon 스텐트를 사용하여 튜브 결찰을 시행하고 수술 후 안압의 조절 정도에 따라 스텐트를 제거함으로써 저안압 발생률 3.2%로 단순한 아메드 밸브 삽입 수술보다 저안압의 발생을 현저히 줄일 수 있음을 또한 보고하였다.

본 연구의 실험 결과를 보면, 아메드 밸브 튜브를 결찰하지 않은 첫 번째 타입에서 튜브 내 압력은 0.143 mmHg 이하로 유지되었다. Prata et al²¹은 in vitro 연구에서 2 μ l/min의 흐름에서 아메드 밸브 튜브 내 압력을 2.7 ± 0.8 mmHg로, 우리가 측정한 압력보다 높은 수치를 보고하였다. Prata et al²¹의 연구에서는 튜브와 주입 펌프 실린지(syringe)를 27-게이지 캐놀라(cannula)로 연결하였고, 우리의 연구에서는 힐론 니들을 사용하였다. 이러한 압력의 차이는 캐놀라와 니들이 튜브 내 삽입된 깊이 차이와 튜브 내 삽입으로 인한 튜브 내 직경의 변화 차이에 의한다고 생각한다. 또한 Prata et al²¹의 연구에서는 압력을 일정한 시간 간격을 두고 측정하였으나 우리의 연구에서는 연속적으로 압력을 측정하여 보다 압력의 변화를 잘 나타낼 수 있지 않았나 생각한다.²² 아메드 밸브 튜브를 6-0 Vicryl로만 결찰한 두 번째 타입에서는 튜브 내 압력은 6.688 mmHg까지 상승한 후 아메드 밸브에서 평형염액의 흐름이 발생하면서 튜브 내 압력은 6.384 mmHg로 유지되었다. 이것은 결찰 후 튜브 내경이 폐쇄되었다가 지속적인 튜브 내 평형염액의 주입으로 튜브 내 압력이 증가되고, 6.688 mmHg까지 상승한 후 튜브의 탄력으로 인하여 튜브 내경이 약간 열리고 흐름이 생기면서 이로 인해 튜브 내 압력이 6.384 mmHg로 떨어져 유지되었을 것으로 생각한다. 밸브가 없는 Molteno 튜브와 튜브 내 1 가닥의 8-0 Prolene 스텐트를 사용한 세 번째 타입에서 튜브 내 압력은 5.396 mmHg로까지 상승하고 튜브 내 스텐트를 제거하고 3.572 mmHg로

떨어졌다. Prata et al²¹은 in vivo 연구에서 튜브 내 압력이 밸브가 없는 몰테노 장치에서 밸브가 있는 녹내장 방수유출장치보다 낮음을 보고하였는데, 이는 우리의 실험 결과와 상응한다. 3가닥의 8-0 Nylon 스텐트를 튜브 밖으로 아메드 밸브 튜브와 같이 6-0 Vicryl로 결찰한 네 번째 타입에서 결찰 후 튜브 내 압력은 5.700 mmHg이었고, 첫 번째 스텐트 제거 후 5.472 mmHg, 두 번째 스텐트 제거 후 5.016 mmHg, 세 번째 스텐트 제거 후 4.180 mmHg로 유지되었다. Lee et al²⁰도 난치성 녹내장에서 아메드 밸브 삽입술 시 3가닥의 8-0 Nylon 스텐트와 튜브 결찰을 사용하였으며, 순차적으로 스텐트를 제거한 2예에서 순차적으로 안압이 떨어짐(45→39→7 mmHg와 29→25→12 mmHg)을 보고하여 본 실험과 상응하는 결과를 보였다. 또한 스텐트를 추가로 제거할수록 안압 하강 폭이 더 컸다. el-Sayyad et al¹은 2 폴립매듭을 사용한 경우 첫 번째 매듭 제거보다 두 번째 매듭 제거에서 보다 큰 안압의 감소를 보고하였다. 1가닥의 6-0 Prolene 스텐트를 튜브 밖으로 아메드 밸브 튜브와 같이 6-0 Vicryl로 결찰한 다섯 번째 타입에서 결찰을 제거한 후 튜브 내 압력은 6.384 mmHg까지 상승하고, 평형염액 흐름이 아메드 밸브에서 발생하면서 튜브 내 압력은 5.624 mmHg로 낮아져 유지되었다. Kee¹⁸는 난치성 녹내장에서 아메드 밸브를 삽입할 때 6-0 Prolene 스텐트를 사용한 부분적 튜브 결찰을 사용한 경우 사용하지 않을 때보다 같은 수술성공률과 술 후 초기 저안압과 이로 인한 합병증의 빈도의 감소를 보고하였다.

우리의 연구에서 녹내장 방수유출장치와 함께 사용되는 다양한 튜브 결찰 및 스텐트 방식은 일정한 흐름에서 튜브 내 압력을 조절하는 데 유용하였다. 특히 3가닥 Nylon 스텐트와 결찰 방식은 고식적인 1가닥 스텐트를 이용한 부분적 튜브 결찰술에 비해 시술이 쉽고, 술 후 안압 상태에 따라 스텐트를 단계적으로 제거하여 안압 조절이 보다 용이하다고 알려져 있다.¹⁹ 우리의 연구에서 3가닥 Nylon 스텐트와 결찰 방식은 튜브 내 압력을 단계적으로 하강시켜 생체 내 삽입 시에도 안압을 단계적으로 조절하는 데 효과적이라고 생각한다.

참고문헌

- 1) el-Sayyad F, el-Maghraby A, Helal M, Amayem A. The use of releasable sutures in Molteno glaucoma implant procedures to reduce postoperative hypotony. *Ophthalmic Surg* 1991;22:82-4.
- 2) Lee HJ, Choi KR. Clinical experience with the ahmed glaucoma valve implant in refractory glaucoma. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:933-40.
- 3) Kim DH, Park CK, Ahn MD. Clinical results of ahmed valve implantation in the aspects of complications. *J Korean Ophthalmol*

- Soc 2003;44:888-95.
- 4) Lee SH, Ma KT, Hong YJ. Outcome of ahmed valve implantation in refractory glaucoma. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:83-90.
 - 5) Zorab A. The reduction of tension in chronic glaucoma. Ophthalmoscope 1912;10:258-61.
 - 6) Molteno AC. New implant for drainage in glaucoma. Clinical trial. Br J Ophthalmol 1969;53:606-15.
 - 7) Lloyd MA, Baerveldt G, Heuer DK, et al. Initial clinical experience with the baerveldt implant in complicated glaucomas. Ophthalmology 1994;101:640-50.
 - 8) Schocket SS, Lakhanpal V, Richards RD. Anterior chamber tube shunt to an encircling band in the treatment of neovascular glaucoma. Ophthalmology 1982;89:1188-94.
 - 9) Krupin T, Podos SM, Becker B, Newkirk JB. Valve implants in filtering surgery. Am J Ophthalmol 1976;81:232-5.
 - 10) Joseph NH, Sherwood MB, Trantas G, et al. A one-piece drainage system for glaucoma surgery. Trans Ophthalmol Soc U K 1986; 105:657-64.
 - 11) Coleman AL, Hill R, Wilson MR, et al. Initial clinical experience with the ahmed glaucoma valve implant. Am J Ophthalmol 1995; 120:23-31.
 - 12) Schwartz AL, Anderson DR. Trabecular surgery. Arch Ophthalmol 1974;92:134-8.
 - 13) Allen RC, Bellows AR, Hutchinson BT, Murphy SD. Filtration surgery in the treatment of neovascular glaucoma. Ophthalmology 1982;89:1181-7.
 - 14) Englert JA, Freedman SF, Cox TA. The Ahmed valve in refractory pediatric glaucoma. Am J Ophthalmol 1999;127:34-42.
 - 15) Huang MC, Netland PA, Coleman AL, et al. Intermediate-term clinical experience with the Ahmed Glaucoma Valve implant. Am J Ophthalmol 1999;127:27-33.
 - 16) Ayyala RS, Zurakowski D, Smith JA, et al. A clinical study of the Ahmed glaucoma valve implant in advanced glaucoma. Ophthalmology 1998;105:1968-76.
 - 17) Coleman AL, Smyth RJ, Wilson MR, Tam M. Initial clinical experience with the Ahmed Glaucoma Valve implant in pediatric patients. Arch Ophthalmol 1997;115:186-91.
 - 18) Kee C. Prevention of early postoperative hypotony by partial ligation of silicone tube in Ahmed glaucoma valve implantation. J Glaucoma 2001;10:466-9.
 - 19) Lee J, Kim Y, Kee C. The effect of partial occlusion of silicone tube on opening and closing pressure and flow rate. J Korean Ophthalmol Soc 2000;41:2709-14.
 - 20) Lee JJ, Park KH, Kim DM, Kim TW. Clinical outcomes of ahmed glaucoma valve implantation using tube ligation and removable external stents. Korean J Ophthalmol 2009;23:86-92.
 - 21) Prata JA Jr, Mermoud A, LaBree L, Minckler DS. In vitro and in vivo flow characteristics of glaucoma drainage implants. Ophthalmology 1995;102:894-904.
 - 22) Francis BA, Cortes A, Chen J, Alvarado JA. Characteristics of glaucoma drainage implants during dynamic and steady-state flow conditions. Ophthalmology 1998;105:1708-14.
 - 23) Topouzis F, Coleman AL, Choplin N, et al. Follow-up of the original cohort with the Ahmed glaucoma valve implant. Am J Ophthalmol 1999;128:198-204.
 - 24) Krupin T, Ritch R, Camras CB, et al. A long Krupin-Denver valve implant attached to a 180 degrees scleral explants for glaucoma surgery. Ophthalmology 1988;95:1174-80.
 - 25) Huh KC, Kee CW. A clinical analysis of the ahmed glaucoma valve implant with or without partial ligation of silicone tube. J Korean Ophthalmol Soc 2000;41:2611-7.

=ABSTRACT=

The Measurement of Flow Resistance in Drainage Implants Using Various Tube Ligation Methods

Hyung Ju Park, MD, Ki Ho Park, MD, PhD, Seok Hwan Kim, MD, PhD,
Tae Woo Kim, MD, PhD, Dong Myoung Kim, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the flow resistance through the tube in a glaucoma drainage implant using various tube ligation methods.

Methods: To measure the flow resistance, the following tube ligation methods were designed and tested: Type 1: no ligation of Ahmed valve tube. Type 2: ligation of Ahmed valve tube with 8-0 Vicryl. Type 3: ligation of Molteno tube and a 6-0 Vicryl as an intra-luminal stent with 8-0 Vicryl. Type 4: ligation of Ahmed valve tube and three strands of 8-0 nylon as extra-luminal stents with 8-0 Vicryl. Type 5: ligation of Ahmed valve tube and a 6-0 Prolene as an extra-luminal stent with 8-0 Vicryl followed by removal of the Prolene for partial ligation.

Results: The pressure was maintained under 0.143 mm Hg in type 1. In type 2, the pressure increased to 6.688 mm Hg and dropped to approximately 6.384 mm Hg. In type 3, the pressure was maintained at 5.396 mm Hg which decreased to 3.572 mm Hg after stent removal. In type 4, the pressure was maintained at 5.700 mm Hg which dropped to 5.472 mm Hg after the 1st stent removal, to 5.016 mm Hg after the 2nd stent removal and to 4.180 mm Hg after the 3rd stent removal. In type 5, the pressure increased to 6.384 mm Hg and decreased to 5.624 mm Hg.

Conclusions: The tube ligation along with extra-luminal stents followed by staged removal may provide prevention of hypotony and staged control of intraocular pressure after a glaucoma implant operation.

J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(5):610-617

Key Words: Ahmed valve, Ligation, Molteno implant, Stent

Address reprint requests to **Ki Ho Park, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital
#101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 100-744, Korea
Tel: 82-2-2072-2438, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: kihopark@snu.ac.kr