

# 노인성질환 치료를 위한 최소 침습 수술 기술

이 글에서는 노인의 대표적인 질환인 심혈관계 질환, 관절계 질환, 비뇨기계 질환의 치료를 위한 외과적인 수술 기술로 현재 의료기관에서 널리 사용되고 있는 최소 침습수술 기술을 소개한다.

글 • 최귀원 / 한국과학기술연구원 의과학연구센터, 센터장  
e-mail • choi@kist.re.kr

최소 침습 수술(minimally invasive surgery)은 내시경시스템 및 증재적 시술 시스템을 이용한 수술로 수술시 환부의 절개 길이나 면적을 최소화하여 흉터, 고통을 감소시켜 감염 및 수술 부위의 유착을 방지하는 최신 수술기법이다. 또한 최소 침습 수술로 인한 입원 기간의 감소는 병원 운영의 효율성을 증대시키고 환자의 사회 복귀를 빠르게 하여 질환에 대한 사회적 비용의 감소를 가져온다. 그리하여 현재 거의 모든 임상에서 최소 침습 수술이 사용되고 있으며, 이는 과학기술의 발달과 함께 점점 더 소형화, 다기능화의 추세로 진행되고 있다.

외과에서 복강경을 이용한 담낭절제술, 맹장수술, 비장절제술 등 거의 모든 개복 수술을 내시경 수술로 대체하는 추세이며, 정형외과에서는 관절염 등 관절 질환 관련의 모든 수술, 연골절제술, 인대복원술 등에 내시경시스템을 사용하고 있다. 또한 산부인과에서는 자궁절제술, 불임수술 등 복강경 및 자궁경을 이용한 수술이 내시경 수술로 가능하며, 비뇨기과에서는 전립선 제거술 및 방광수술이 대표적인 내시경시스템을 이용한 수술로 간주된다. 최소 침습 수술의 한 분야인 증재적 시술 시스템은 주로 심혈관계 질환의 수술에 적용되는 수술로 뇌졸중, 뇌혈관 수술, 심장수술 등에 적용

되고 있다.

노인성 질환의 대표적인 질환은 현재 사망원인 1위인 뇌졸중, 혈전으로 인한 심혈관 질환, 노인의 70% 이상이 환자인 전립선 질환 등 비뇨기계 질환, 관절염을 비롯한 근골격계 질환을 꼽을 수 있다. 노화의 과정에서 필연적으로 발생하는 노인성 질환들을 효과적이고 환자에게 고통 및 의료비 부담을 적게 주는 최소 침습 수술기술의 확보 및 보편화는 고령화사회에 진입한 우리나라 의료계의 당면 과제로 대두되고 있다. 현재 국내 병원에서 사용되고 있는 최소 침습 수술시스템은 100% 수입에 의존하고 있으며, 이로 인한 수입액은 2003년에 약 1,000억 원에 달하며 매년 10% 이상의 증가를 예측하고 있다. 급격히 증가하고 있는 노인인구의 의료복지 및 산업 경제적 손실을 줄이기 위해서 국내에서 최소 침습 수술 시스템의 연구개발 및 제품화 개발이 시급한 실정이다.

이 글을 통하여 현재 대표적인 최소 침습 수술시스템인 (1) 뇌졸중 및 심혈관계 치료용 미세도관시스템(micro catheter system), (2) 비뇨기계 질환용 최소 침습 수술시스템, (3) 내시경 수술시스템의 연구개발 실태와 향후 전망을 소개해 보고자 한다.

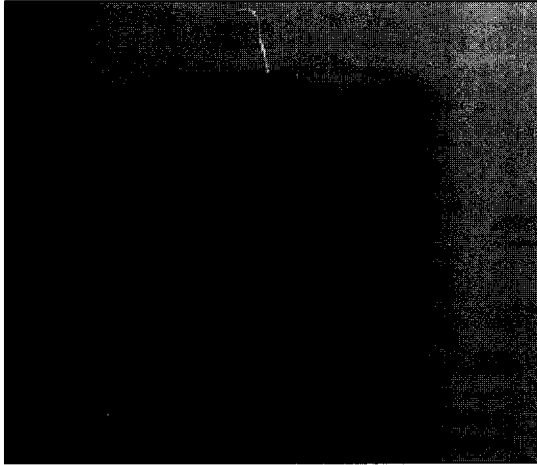


그림 1 복잡한 혈관 내의 미세도관

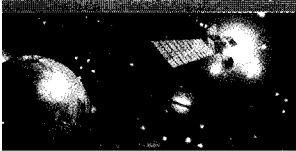
### 미세도관시스템

미세도관시스템(micro catheter system)은 심혈관계 질환인 뇌졸중, 관상동맥 개통 등 혈전 제거술에 주로 이용되는 최소 침습 수술시스템이다. 그림 1은 복잡한 형상의 혈관에서 원하는 부위에 미세도관이 찾아가는 것을 나타내고 있다. 심혈관계 질환의 대표적인 원인은 혈전이다. 혈관을 메워 혈류의 흐름을 막아 고혈압 및 기타 부작용을 야기하는 혈전의 제거술은 다양하다. 미세도관을 이용하여 혈전 주위에 혈전용해제를 주입하여 혈전을 용해하는 기술은 안전하고 효율적이지만 오랜 시간이 소요되고 약물의 과다 주입 시에는 출혈이 발생할 수가 있는 단점이 있다. 기계적으로 혈전을 긁어내는 방법은 단순한 수술이지만, 주변 혈관의 손상이 발생하기 쉬우며 혈전 조각이 발생하여 혈류 내를 돌아다니는 위험이 있다. 섬유화된 딱딱한 혈전 제거를 위해서는 도관 끝단에 회전 블레이드를 장착하여

혈전 부위를 갈아내는 방법을 사용하는 데 유연성 부족 및 주변 혈관 손상이 단점으로 지적되고 있다. 고속의 식염수 제트(jet)를 이용하여 진공부를 생성하여 주변 혈전을 빨아들이는 흡입제거술은 혈액투석용 인조 혈관의 혈전 제거 및 관상동맥 개통술에는 적합하나 만성 혈전에의 적용에는 부적합하다. 현재 널리 사용되는 방법으로는 혈전으로 인해 협착된 혈관 내부에 풍선(baloon) 혹은 스텐트(stent)를 삽입하여 혈관을 확장시키는 혈관성형술이 있다. 효율적인 혈관 개통을 이룰 수 있지만 혈관 손상 및 풍선 파열의 단점도 가지고 있다.

보다 효율적인 혈전 제거를 위하여 약물 주입 및 기계적인 제거 방법이 동시에 수행되며, 또한 혈전 조각으로 인한 색전 위험을 없애는 새로운 기술의 개발이 요구되고 있다. 현재 제안되고 있는 기술로는 미세도관의 끝에서 water-jet 방법에 의한 약물 분사의 방법이 제시되고 있다. 약물의 효과와 동시에 기계적인 혈전 분쇄의 방법을 적용하는 것으로 MEMS 및 micro-jet, micro-pump 등의 기계공학적인 기술의 적용이 요구된다. 또한 현재에는 상용화가 되지 않고 있지만 미세혈관의 내부를 영상화하여 볼 수 있는 시스템의 개발이 요구되고 있다. 혈전의 위치 및 크기를 정확하게 가시화 하는 연구가 진행되고 있다. 초음파를 이용하여 혈관 내부 및 혈관 벽을 가시화 하는 기술의 연구가 국내에서도 시도된 적이 있지만, 아직 상품화 단계에는 미치지 못하고 있다.

미세도관의 적용이 필수적인 또 다른 분야는 뇌졸중의 치료이다. 뇌졸중은 뇌혈관



의 장애로 인한 급격한 의식 장애와 운동마비를 수반하는 질환으로 사망원인 1위인 심각한 질환이다. 뇌졸중은 뇌의 혈관이 막히는 뇌경색 및 뇌의 혈관이 터져 출혈이 발생하는 뇌출혈을 통칭한다. 뇌졸중의 치료는 시간을 다투는 치료로 뇌졸중 발생시 정확한 혈관장애의 위치 및 상태를 파악하여 조속한 시간 내에 시술을 하는 것이 중요하다. 그림 2는 뇌혈관의 벽이 약해져서 혈관이 부풀어 올라 있는 부위가 터지기 전에 미세도관을 이용하여 그 부위를 색전물질(embolic materials: platinum, polymers)을 주입하여 그 부위에 혈류 유동을 차단하여, 뇌출혈을 예방하는 수술방법을 나타내는 그림이다.

이러한 최소 침습 시스템에서 중요한 기술은 뇌혈관과 같은 미세하고, 복잡한 혈관을 어떻게 미세도관을 신속하게 정확한 위치로 보내는 가하는 점이다. 미세도관의 기계적인 기능은 혈관 내에서 이동할 수 있도

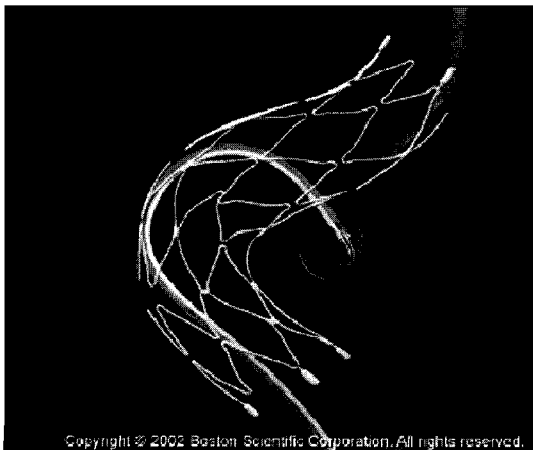


그림 2 뇌혈관이 부풀어 있는 부위에 스텐트를 이용하여 혈관을 확장한 다음 미세도관을 이용하여 색전물질을 주입하는 모식도

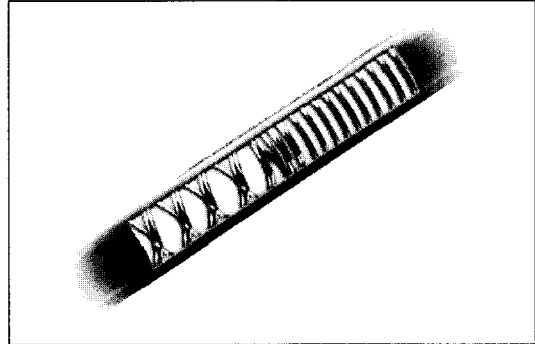


그림 3 뇌혈관용 미세도관의 내부구조(mid-shaft)

록 충분히 작아야 하며, 이동시 도관의 굽힘이나 파괴가 발생하지 않도록 강도 및 탄성이 유지되어야 하며 동시에 복잡하게 굽은 혈관을 항해할 수 있도록 충분한 유연성이 요구된다. 그리하여 도관의 끝부분은 유연성과 탄력성이 우수한 고분자 재료로 구성되어 있고 중간부위는 도관 벽 내에 금속성 망이 내재되어 있다(braiding). 그림 3은 이러한 도관의 구성도를 보여준다. 현재 수 많은 미세도관이 상품화 되어 있지만, 기존 상용 도관의 성능(물성, 기계적 성능: 유연성, 탄성, navigation 성능)의 표준화가 되어있지 않다. 요구되는 성능에 대한 표준화 기술의 개발은 최적의 미세도관의 설계 및 제작에 있어 근거를 확립하는 기초가 될 것이다.

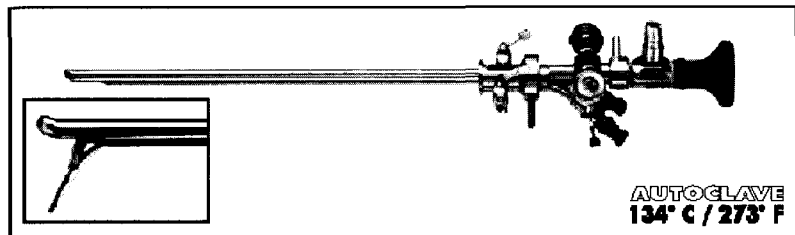
미세도관을 이용한 최소 침습 수술에 있어 가장 큰 기술상의 문제점은 미세도관의 항해성능(navigation)이다. 미세도관의 항해는 의사가 환자의 몸 밖에서 대 정맥을 통해 삽입된 도관의 반대편 끝을 잡은 손의 조작에 의해 행해진다. 수시로 혈관조영을 통해서 미세도관의 위치를 확인하면서 혈관을 따라서 도관이 항해할 수 있도록 조작한

다. 기존 도관의 조작은 도관의 끝단의 유연성을 이용하여 의사가 경험에 의해서 도관을 밀어 넣는 방법으로 수행되며, 이는 복잡한 혈관 형태에서는 많은 시간을 소요하며, 또한 수술의 실패로 귀결되기도 한다. 만약 도관의 끝단의 굽힘을 의사가 능동적으로 용이하게 조절할 수 있다면 혈관의 형태에 따라 도관을 좌우로 90도 정도 구부려 항해를 용이하게 할 수 있을 것이다. 이러한 기능을 가진 미세도관을 steerable 미세도관이라 칭한다. 현재 형상기억 합금을 이용한 steering 방법이 제시되고, 연구가 진행되고 있다. 전류를 흘려보내 도관의 끝단의 형상기억 합금의 구부림을 조절하는 방법으로 steering의 효과가 있지만, 도관의 크기가 일정 수준 이상이 되어야 한다는 한계가 있어 미세 혈관에 적용하기는 어려운 상태이다. 이를 극복하는 방법으로 전기·온도 감응성 고분자를 이용한 steering 기술이 연구 중이다. 이 방법은 전기 전도성 고분자에 고체 전해질을 혼합하여 도관을 제작하는 방법으로 미세도관의 직경을 감소시킬 수 있지만, 사용 중 인체 내로 독성의 고체 전해질이 방출되어 생체 적합성 문제를 야기한다. 그리하여 현재 사용되지는 못하고 있다. 체내 독성의 유출이 없는 재료의 사용으로 고분자

steering mechanism의 연구가 필요하다.

### 비뇨기계 질환용 최소 침습 수술시스템

비뇨기계의 대표적인 노인성 질환은 전립선 비대증이다. 남성 노인 인구의 70% 이상이 겪고 있는 질환이다. 전립선 비대증의 치료는 전립선의 제거술로 치료가 가능하며 이는 방광경을 이용해 기계적인 수술 방법으로 전립선을 떼어낸다. 하지만 방광경의 사용은 수술시 환자에 큰 고통을 주고 있으며, 수술시 고통을 없애기 위해 마취제의 사용과 더불어 morphin제 같은 마약성분의 약물을 사용해야 하므로 개인 병원에서 시술을 꺼리고 있는 실정이다. 시술에 있어 고통의 원인은 단순히 기존 방광경이 너무 크다는데 있다. 외경이 약 8mm 정도의 금속성 요도·방광경이 작은 요도 내에 삽입되어야 한다는 데 문제가 있으며, 또한





optiken Telescopes		Standard-Version Standard		mit gesteigerter Bildgröße und Objektfeld with enlarged image and objective field		Steck-Okularrichter Snap-on connector	
mit festem Okular With fixed eyepiece		4mm	70°	8650,435	8650,405		
mit snap-on Verschluss With snap-on Connector		4mm	70°		8650,407	8885,901 oder drehbar or rotatable	8885,902

그림 4 Rigid type 금속 방광경

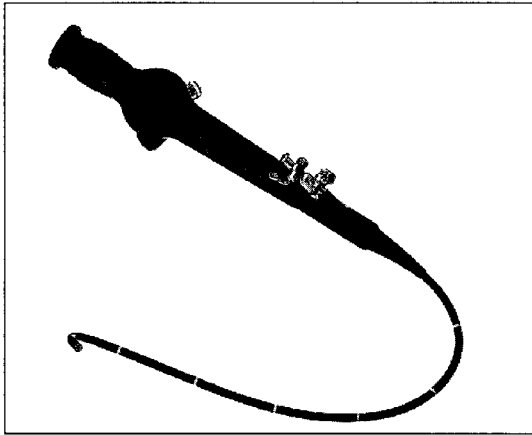
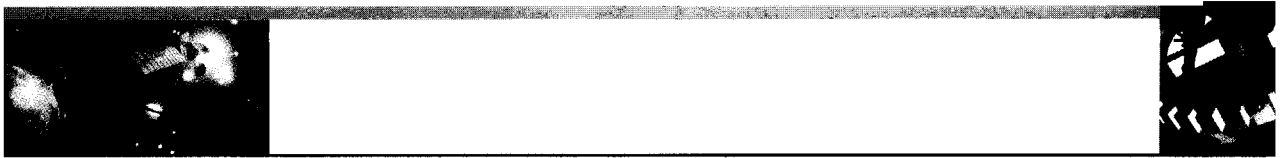


그림 5 flexible 방광경

방광 내로 삽입될 경우에는 방광경을 좌우 상하로 크게 움직여야 하므로 고통이 더욱 증가된다. 그림 4는 현재 사용되고 있는 방광경의 그림이다.

이러한 방광경의 외경의 문제점 및 경직성을 해결하기 위한 방법으로 최근에 flexible 방광경이 개발되어 소개되고 있다. 금속관 대신에 plastic 관을 사용하여 유연성을 증대시키고, 요도 및 방광의 내부를 보기 위한 방법으로 glass optical fiber를 사용한다. 외경 또한 4~5mm 정도로 감소시켜 환자에 고통을 줄여 시술을

용이하게 하였다. 그림 5는 flexible 방광경의 그림이다. 제품의 성능은 개선되었으나, 반복적인 굽힘에 의한 glass optical fiber의 사용은 내구수명이 1년 정도로 짧고, 제품이 고가이어서 국내에서는 널리 사용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 내구수명을 높이고 저렴한 가격대의 방광경 개발이 요구되고 있으며, 최근 국내 연구진에 의해 개발된 plastic optical fiber의 적용이 이를 가능하게 할 것으로 사료된다.

### 내시경 수술시스템

내시경 수술시스템을 이용한 최소 침습 수술은 전술한 바와 같이 임상적 전 분야에서 널리 사용되고 있다. 질환에 따른 다양한 내시경 시스템이 존재하지만 공통적으로 필요한 장비는 인체의 내부를 보기 위한 Telescope(적용 분야에 따라 굵기, 길이, 굽힘 기능 유무가 다름), 이를 모니터 상에 가시화를 위한 CCD 카메라, 어두운 인체 내부를 밝히기 위한 냉광원장치가 있다. 그림 6은 이러한 공통 장치의 구성도이다.

그 외에 내시경 수술시스템에 필요한 장

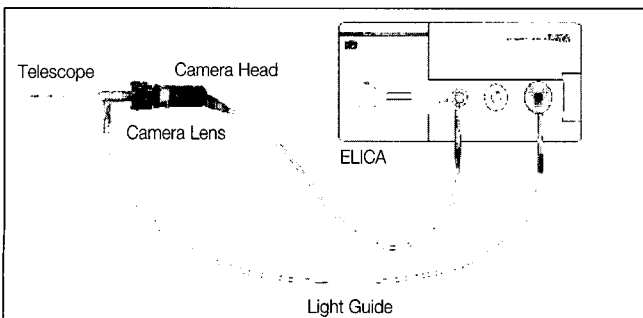
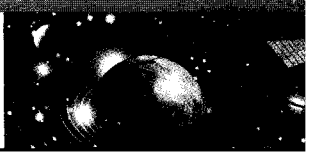
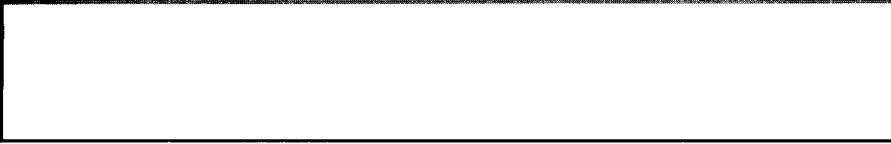


그림 6 Telescope, CCD Camera, 냉광원 장치의 구성도



그림 7 관절경을 이용한 관절수술



비는 다음과 같은 것들이 있다. 진단 및 수술을 하기 위한 공간을 확보하기 위한 장비로, 복강경의 경우는 복부 복압을 형성하는 기복기(gas insufflator), 관절경 및 방광경의 경우는 액체의 압력을 높여 주는 Fluid pump가 있다. 또한 환부를 갈아내거나 절제하는 Auto shaver, 그리고 인체 내에서 지혈을 위한 전기수술기 등이 요구된다. 그림 7은 관절경을 이용한 관절수술을 나타낸다.

이러한 내시경 수술시스템에 대한 임상적 요구는 첫째, 보다 넓은 시야 확보 및 신속한 지혈을 가능하게 하는 기능이 향상이 있다. 둘째로는 복잡한 제어장치가 급박한 수술실 환경에서 신속하고 쉬운 제어가 가능해야 하며, 마지막으로 이러한 수술의 보편화를 위해서는 보다 낮은 가격의 시스템 개발이 요구된다.

최근 초소형의 CCD 카메라가 생산되면서 Telescope 내부에 Rod Lenz를 사용하지 않고 Telescope 끝단의 대물렌즈 바로 뒤에 CCD 카메라를 장착시킴으로써 화질을 높이고 제품의 가격을 내리는 시도가 진행되고 있다. 10mm 외경을 사용하는 복강경 수술에는 일부 시제품이 독일, 일본 회사에 의해 발표되었으나 아직은 시스템이 고온 증기 소독에 견디지 못하는 기능적 한계로 인해 확산되지 않고 있다. 이러한 단점을 보완한 향상된 Video 내시경의 개발이 요구되고 있으며, 차세대 내시경 시스템은 Auto focus, 1/6인치 CCD를 사용한 4mm Telescope 적용, Digital image output, Autoclavable 기능 등이 기본 사양으로 갖춰져야 할 것이다. 또한 관절경

시스템의 경우 시스템을 구성하는 각 요소 부품들이 각기 따로 구입되고 있다. 이들 개별 요소부품을 유기적으로 통합시킨 시스템이 요구되며, 기능상으로는 고해상도 CCD 카메라, 고휘도 냉광원, 고속의 Autosaver, 그리고 Digital Recording Device가 통합되어야 할 것이다. 통합시스템은 조작의 편의성을 제공할 것이며, 시스템의 원가를 절감하고 수술실에서의 공간을 절약하는 차세대 시스템이 될 것이다.

### 맺음말

최소 침습 수술은 현재 그리고 미래의 의료기술의 주류를 형성할 것이다. 이는 환자를 위한 수술시스템이며, 또한 임상의사 그리고 병원을 위한 수술시스템이기 때문이다. 특히 노인 인구의 급증과 더불어 야기되는 노인성 질환의 치료에 있어 최소 침습 수술은 필수적인 기술로 대두되고 있다. 노인 인구의 대부분이 하나쯤은 겪고 있는 질환의 효율적인 치료는 의료복지 구현에 있어 가장 중요한 부분을 차지할 것이다.

최소 침습 수술시스템은 각 분야의 기술이 유기적으로 적용되어 구현되는 시스템이다. 기계공학 분야를 비롯하여 전자공학, 재료공학, 제어공학 나아가 로봇기술의 적절한 적용이 향후 최소 침습 수술시스템의 소형화, 다기능화에 핵심적인 역할을 할 것으로 사료된다. 현재 국내 연구개발 및 산업계 수준은 선진국에 미치지 못하고 있다. 기술개발 및 세계적 수준의 제품개발을 위해서는 장기적이고 규모 있는 투자가 필수적이다.