

5 첨단 휠체어

장애인 · 노인 마음까지 일으키는 든든한 다리

글 | 류제청 _ 산재의료관리원 재활공학연구소 책임연구원 jcryu@iris.korec.re.kr

보행이 불가능한 장애인이나 고령자가 사용하는 바퀴가 달린 이동기기 중 대표적인 것은 휠체어다. 우리 나라에서는 산재보험과 건강보험에서 환자들에게 일반적으로 수동휠체어를 널리 지급하고 있다. 수동휠체어는 주로 공공시설의 비치용이나 병원에서 일시적으로 사용하는 용도로 주로 지급되고 있으며, 장기간 사용되는 용도로는 적합하지 않다. 이 휠체어의 장점은 가격이 매우 싸다는 것이다. 그리고 소재는 주로 철제로 되어 있지만, 최근 중국산으로 알루미늄제로 만들어지는 것도 있다.

경량휠체어는 활동이 많은 지체장애인을 위해 산재보험에서만 지급하고 있는데, 필요에 따라 의사나 소비자에게 사용자에게 맞추어 휠체어를 조정하고 선택할 수 있는 능력이 있다. 초경량 수동휠체

어는 사용자 개인에 맞추어 사용하계끔 적당하게 조정과 선택을 한다. 성능은 일반 수동휠체어에 비하여 월등하며, 강화알루미늄과 티타늄을 사용하여 제작된다. 가격도 90만~300만원대까지 다양하다. 모든 수동휠체어는 질과 성능에 차이가 있다. 처방의사는 휠체어를 처방할 때 환자의 편안함과 이동의 욕구뿐만 아니라 수리를 최소화하는 휠체어의 질에도 관심을 가져야 한다.

전동휠체어는 후륜구동형이 가장 안정적

전동휠체어는 몇 가지 분류로 나눌 수 있다. 가장 일반적인 분류는 휠체어에 주어진 기능과 사용 환경에 따라 나누어진다. 사용 환경에 따른 분류는 우선적으로 실내, 실내외, 그리고 활동적인 실내



일반수동휠체어



초경량 수동휠체어

외 환경이다. 실내용 휠체어는 타이어 자국이 적어야 하고 제한된 공간에서 조종이 가능해야 한다. 그러나 외부환경에서 장애물을 극복하고 나아가는 힘과 안정성을 갖기가 어렵다. 실내의 전동휠체어는 주로 집, 학교, 직장, 그리고 사회생활을 하고자하는 사람들이 사용하며, 보도, 차길, 건물의 바닥 등 다니기 좋은 환경의 길에서 사용한다. 실내용이나 실내외용 휠체어는 용량이 보다 작은 배터리를 사용하여 휠체어 무게를 줄이기도 하지만 그렇게 하면 행동반경



후륜구동형 전동휠체어



전동스쿠터

도 좁아지게 된다.

활동형 실내외 휠체어는 험한 환경, 장거리여행, 고속의 주행을 할 때 적합하며, 충격감소용 서스펜션과 파워구동 설계를 기본으로 한다. 구조는 모터, 구동바퀴, 캐스터, 제어기, 배터리, 차체 등으로 구성되어 있으며, 좌석, 등받이, 팔걸이, 다리받이, 발받이 등 좌석 시스템은 통일된 단위로 나누어져 있다.

전동휠체어는 휠체어의 무게중심과 비교하여 구동바퀴의 위치에 따라 후륜구동형, 중륜구동형, 전륜구동형으로 분류한다. 구동바퀴의 위치는 전동휠체어의 기초적인 핸들링 특성을 결정한다. 후륜구동형은 구동바퀴가 사용자무게중심의 뒤에 있으며, 캐스터는 앞에 있다. 이것은 가장 일반적인 구조로서 다른 구조에 비해 효율성이 입증되었다. 후륜구동의 주요 장점은 예측가능한 운전특성과 안정성에 있다. 그에 비해 약점은 다른 것보다 큰 회전반경을 가지고 있어 조종할 수 있는 공간이 적다는 점이다.

중륜구동형은 사용자의 체 중심에 직접적으로 구동바퀴가 위치해 있으며, 전후방에는 캐스터나 전도방지장치가 붙어있다. 중륜구동형의 장점은 협소한 공간에서 보다 작은 회전반경을 구현할 수 있다. 약점은 갑작스런 정지나 빠른 회전시에는 걸려 넘어지려는 경향이 있다. 급경사로부터 평평한 표면까지 상황이 바뀔 때 전후방 캐스터는 중간의 구동륜상의 견인력이 없어지므로 매달린 채로 남아있다.

전륜구동형은 사용자의 체중심 앞 쪽에 구동바퀴가 위치해 있다. 아주 안정되고 적은 회전반경을 가지고 있다. 또한 전륜이 크므로 장애물과 보도의 연석을 쉽게 올라갈 수 있다. 불리한 점은 후방에 체중심이 위치해 있어 후방이 흔들리거나 울퉁불퉁한 직선주로를 달리기 어렵다.



리크라이닝 휠체어(휠로피아제공)

스쿠터는 제한된 보행능력을 가진 사람이나 실질적인 신체를 움직이는데 제한을 가진 사람들을 대상으로 설계되었다. 스쿠터의 구조는 시트와 스티어링 조종장치를 구비한 전동시스템이다. 의자는 잔디 깎는 트랙터나 고기 잡는 배에 사용하는 것과 유사한 속을 넣은 천으로 씌워져 있다.

대부분의 스쿠터 의자는 나가고 들어오기 쉽게 회전할 수 있다. 공학적이고 임상적인 관점에서 보면 스쿠터의 가장 중요한 차이점은 전기적으로 속도를 제어할 수 있고 방향은 수동으로 제어한다는 것이다. 대부분의 스쿠터는 승용차로 운반이 용이하게 하기 위하여 조종대를 도구 없이 제거하거나 접을 수 있다.

자세조절 가능한 '리크라이닝 휠체어'로 욕창 예방

욕창이나 척추질환, 나쁜 자세는 휠체어를 사용하는 사람들에게는 공통된 문제다. 이러한 조건에는 공간을 경사지게 하거나 기대게 하는 것이 매우 좋다. 경사기능은 정적시트압력을 줄여주는 데 아주 중요하며, 욕창예방의 중요한 인자다. 어떤 연구자는 여러 가지 앉은 자세에 대하여 연구했는데, 120도 기울어진 자세에서 가장 압력이 경감되는 것으로 나타났다. 휠체어 공간에서 기울어지거나 경사를 주는 것은 안락감을 증진시킨다. 이에 대한 연구보고에 따르면 척추가 80도로부터 130도까지 기울어지는 것이 추간판 압력을 경감시킨다고 한다. 기울어짐과 경사기능의 또 다른 이점은 연하기능을 증진시키고 다리부종을 줄인다.

리크라이닝 휠체어는 단순한 인터페이스를 사용해 앉은 자세를 쉽게 바꿀 수 있다. 앉은 자세에 변화를 줄 수 있다는 것은 피부에 욕창이 생기거나 자세의 피로도를 없앨 수 있음을 알려준다. 즉, 리크라이닝 휠체어는 욕창예방을 보조할 수 있다. 앉은 자세의 변화는 체중지지면상에 압력을 잘 분포시켜 신체자세의 근육구조에 작용하는 하중을 바꾸며, 혈류의 순환을 돕는다. 자세의 변화는 또한 호흡작용을 돕는다. 상체가 아래가 되도록 다리의 위치를 높이면 동맥류의 흐름이 증진되고 하지의 울혈을 경감시킨다.

틸트 인 스페이스 시스템은 사용자의 앉은 자세에 변화 없이 중력에 대하여 위치만을 변화시킨다. 틸트 인 스페이스 휠체어는 몇 가지 단점이 있는데 기존의 표준휠체어보다 무겁고 덜 안정적이며, 기울어졌을 때보다 큰 회전반경을 요구한다. 틸트 인 스페이스와 리크라이닝 휠체어의 내재된 문제는 신체가 몇 가지 앉은 방향으로 바뀐 후 안정된 자세를 유지하지 못한다는 점이다.

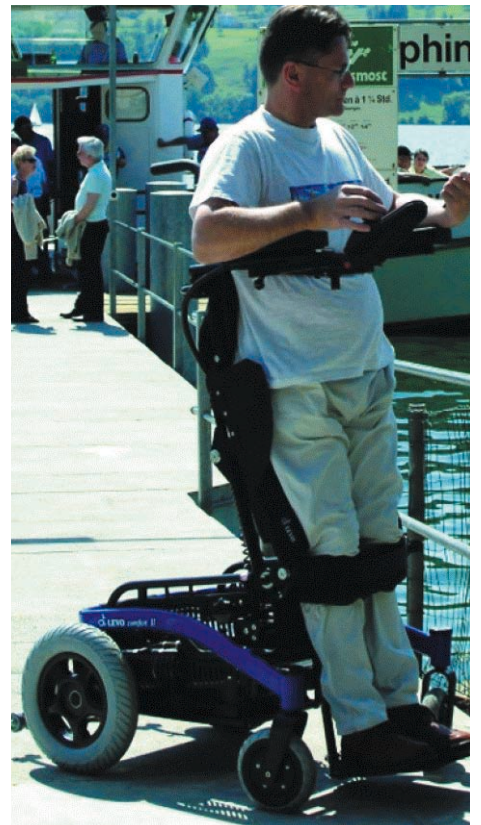
의자의 높이를 조절할 수 있는 휠체어는 일상생활에 많이 사용하게 되는데 높은 선반위의 물건을 집거나, 낮은 탁자를 사용할 경우 매우 필요한 기능이다. 특히, 의자가 바닥까지 접근할 수 있는 것은 일상생활에 매우 유용하다. 몇몇 휠체어는 시트를 낮추는 메커니즘을 지면에 더 가까이하기 위하여 다리받이 각을 조절할 수 있게 했다. 시트를 낮추게 되면 책상이나 테이블에 더 쉽게 접근할 수 있다. 시트를 올리는 기능은 여러 가지 장점이 있다. 높은 선반이나 캐비닛의 물건을 의자의 높이를 높여서 취할 수 있다. 의자높이를 높이는 기능은 보통사람과 대화할 때 같은 눈높이에서 보도록 도와준다. 요리를 하거나 청소를 하는 것은 의자의 높이를 맞추어



틸트인스페이스 기능을 가진 전동휠체어



높이조절 전동휠체어



스탠드 업 휠체어 (LEVO사 제공)

단순하게 할 수 있다. 대부분의 전동휠체어 컨트롤러는 시트의 높이가 올라가 있을 때 주행속도를 자동으로 경감시키도록 되어 있다. 시트높이의 증가는 휠체어 안정성을 감소시킨다. 대부분의 휠체어 제조사들은 경사로나 평탄하지 않은 도로에서 의자의 높이를 높이지 않도록 권고한다.

스탠드 업 휠체어, 사회적 장애물 극복에 효율적

스탠드 업 휠체어는 가볍고 잘 이동할 수 있기 때문에 표준휠체어에 비하여 여러 가지 장점이 있다. 특히, 캐비닛, 선반, 싱크대, 식당의 계산대, 창문 등에 쉽게 접근 가능하다. 집 주위에서 일어나는 여러 가지 활동은 스탠드 업 휠체어에 의해 간단하게 해결된다. 스탠드 업 휠체어는 사무실과 같은 작업장에서는 더욱 장점이 많다. 예를 들면, 화이트보드에 발표를 도와준다거나, 복사기를 이용할 때, 동료들과 상호 업무 대화를 할 때 사용된다. 이외에도 카센터나 기계가공작업장 등에서는 일어나서 해야 할 일을 자연스럽게 할 수 있다. 물리치료사나 수술의사 등도 환자에 쉽게 접근해서 진료할 수 있고 모든 업무를 안전하고 효율적으로 수행한다.

사회에서 장애에 대한 더 큰 차별은 특별한 기술에 의한 새로운 수단을 만들어낸다. 스탠드 업 휠체어 제조사들은 여기에 착안해서 장애인들이 학교, 집, 직장, 사회 공동체에서 활동할 수 있는 기기를 개발하여 많은 이익을 얻었다. 장애인들은 스탠드 업 휠체어를 이용하여 고용, 교육, 공공서비스에 더욱 쉽게 접근할 수 있어 육체

적이고 사회적인 장애물을 극복하는데 큰 도움을 받고 있다. 예를 들면, 학교선생님은 전체 학급구조를 리모델링 없이도 표준 실험대를 이용하여 과학실험을 지도할 수 있다. 그렇다고 해서 사회가 건축구조와 사회적 장애물을 제거하는 의무를 가지지 않는다는 의미로 해석할 수는 없다. 그러나 특별한 기술은 개개인의 편의시설을 만들 때보다 많은 신축성을 제공한다.

스탠드 업 휠체어는 대부분의 수동휠체어나 전동휠체어보다 구조가 훨씬 복잡하다. 스탠드 업 휠체어를 선택하거나 맞추기 전에 몇 가지 결정을 해야 한다. 재활팀은 전동 스탠드업 휠체어인지 또는 수동 스탠드업 휠체어인지 반드시 개인의 상황에 맞게 결정을 해야 한다. 스탠드업의 구조는 몇몇 전동휠체어 안에 최소의 타협점을 찾아 집적되어 있다.

수동 스탠드업 휠체어는 경량 수동휠체어보다는 무겁다. 현재 수동 스탠드업 휠체어의 무게는 13.6kg에서 27.3kg 사이다. 스탠드업 기능을 가진 모든 전동 휠체어들은 스탠드업 매커니즘을 작동시키기 위해 따로 전기구동장치를 가지고 있다. 수동 스탠드업 휠체어들은 수동으로 추진되는 리프팅 시스템 또는 전동으로 움직이는 리프팅 시스템을 선택해서 사용할 수 있다.

IBOT, '보팅 프로세스' 시스템 채택

수전동 겸용휠체어는 수동휠체어와 전동휠체어의 장점을 결합한 하이브리드형 휠체어다. 이 수전동 휠체어는 후륜구동바퀴내에



수전동겸용휠체어



근력보조휠체어(e-motion사 제공)



균형기능을 가진 새로운 이동체 I-bot(존슨앤존슨사 제공)

허브형태를 한 팬 케이크형 고성능 모터가 달려 있다. 이것은 경량 수동휠체어처럼 릴리즈 윈터치 보턴에 의해 바퀴가 차체로부터 자유로이 분리될 수 있어 전동휠체어임에도 불구하고 사용자가 스스로 간병인의 도움없이 사용할 수 있다. 또한 경사로나 험로에서도 수전동 기능을 필요에 따라 선택해서 사용할 수 있으므로 사용자는 환경에 따른 활동의 제약을 거의 받지 않는다.

근력보조휠체어는 추진과 멈춤 동안 한쪽 또는 양쪽 푸시림을 사용자가 작동하면서 필요한 동력은 모터와 배터리를 사용한다. 푸시림에 토크가 작용하면서 휠체어가 움직인다. 푸시림에 작용하는 토크는 모터와 기어트레인에 의해 증폭된다. 마이크로 컨트롤러는 후륜을 제어한다. 구동 소프트웨어는 예를 들면 주행 스트로크 사이의 활주바퀴를 허용하는 관성을 시뮬레이션하고, 지면과 바퀴의 마찰에 따른 두 바퀴 사이의 주행상태 불일치를 보상하고, 푸시림에 역토크가 발생하면 작동하는 자동 브레이킹 시스템이 달려있다.

동력보조휠체어는 보통 동력보조휠체어 바퀴를 초경량 수동휠체어에 조립해서 사용한다. 대부분의 동력보조바퀴는 도구 없이 바퀴를 휠체어 차체로부터 분리할 수 있게 되어 있다. 그래서 일반 수동휠체어의 바퀴 대신에 사용할 수 있게끔 개발돼 있다.

근력보조휠체어나 수전동휠체어는 새로운 개념의 휠체어다. 이 휠체어는 통증, 심폐기능의 저하, 수동휠체어를 작동하기에 부족한 팔의 힘, 효율적인 자세로 휠체어를 밀기 어려운 사람들이 사용할 수 있다.

현재 전동휠체어는 혁신적인 설계의 변화를 겪고 있다. 근력보조휠체어와 같은 기기는 수동휠체어와 전동휠체어 사이의 사람들을 위해 중요한 기술적 진보가 있었다. 더 많은 사람들이 전동휠체어의 진화에 많은 이익을 보게 될 것이다. 실제로 장애인과 고령자들은 독립성과 이동성을 유지하고 증진시키고자 한다. 이것은 울퉁불퉁한 길, 계단, 장애물 등을 극복하기 위해 기술연구개발을 활성화한다.

IBOT는 아마도 대부분의 사용자의 요구를 수용한 휠체어 모델일 것이다. IBOT는 기기의 동적안정화를 위한 다양한 센서와 액츄에이터, 속도제어, 자가진단, 동작기능의 변화 등을 모아놓았다. 이들 액츄에이터와 센서는 기기에 대한 사용자의 체중심 이탈의 원인이 되는 지면의 변화를 적절하게 대응하게 하였다. 3개의 컴퓨터는 안정성을 유지하는데 필요하고, 안전한 작동을 확실하게 한다. IBOT의 컴퓨터는 '보팅프로세스'란 특별한 알고리즘을 사용한다.

'보팅프로세스'란 3개의 컴퓨터 중 두 개가 사용자의 조작에 동의하고, 작동을 위한 센서의 상태를 체크하고 그렇지 않으면 오류로 처리하는 시스템이다. 이것은 기기상태의 변화 또는 사용자가 요구하는 대로 기기의 작동을 결정한다. 또한 IBOT의 소프트웨어는 기기의 동작을 기록하고 동작논리를 유지하는데, 이것은 유지보수를 하는데 사용된다. IBOT의 중요한 점은 제조자와 원격통신을 할 수 있는 통신모뎀을 장착하고 있다는 것이다. 이것은 주기적인 유지보수가 필요할 때 소프트웨어를 다운로드하거나 업로드 소프트웨어를 변경하는데 필요하다.

IBOT는 바퀴가 달린 링크구조에 의자가 얹힌 구조를 하고 있다. IBOT의 구동시스템은 각각 따로 제어되는 구동모터가 달린 4개의 구동바퀴와 두 개의 캐스터가 달려있다. 의자의 양측에 두 개의 구동바퀴세트는 클러스터를 형성하고 있다. 각 클러스터는 바퀴가 그들의 허브에 대하여 회전하는 동안 바퀴의 중심축에 대하여 회전한다. 이러한 주행구조의 신축성은 IBOT가 험로를 가로지르거나 경사로 주행, 둔턱을 넘을 수 있게 해준다.

사용자는 위치감지 조이스틱과 팔걸이에 달려있는 몇 가지 버튼을 포함하는 사용자 컨트롤 패널로서 IBOT를 작동한다. IBOT를 타본 사람들은 두 바퀴의 균형으로 같은 눈높이에서 동료와의 대화, 쇼핑이 가능하고, 가파른 램프를 올라가거나 내려갈 수 있고, 잔디밭이나 더러운 도로 등을 다닐 수 있고, 문턱을 손쉽게 넘는 것과 같은 여러 가지 활동을 할 수 있었다고 말한다. 그러나 IBOT에도 약점은 있다. 시트의 높이가 대부분의 테이블이나 책상에 비해 너무 높다는 점이다. 욕실에서 IBOT를 사용하는 것은 도전에 가깝다. 기능적인 이동기기인 IBOT의 강점은 외부환경과 균형기능을 사용하는 공간환경이다.

향후 사용자의 끊임없는 요구에 따라 재활이동기기의 진화는 계속될 것이고, 시장은 더욱 확대될 것이다. 시장의 요구에 부응하기 위한 기술의 진보는 더욱 눈부시게 발전할 것이다. 기술개발은 기술의 혁신성도 있지만 낮은 가격으로 고성능제품을 만드는 것도 새로운 부가가치의 창출이다. 우리는 이 모든 것을 고려하여 이동기기에 관한 한 기술선진국을 만들어야 한다. ㉓



글쓴이는 중앙대학교 기계공학과에서 박사학위를 받았다.