

## Recommend the best Shoes according to patient's foot conditions

예수병원 재활의학과

윤용순

같은 발 사이즈라고 하더라도 발의 모양은 사람마다 다르다. 발볼이 좁거나 넓고, 발등이 높거나 낮다. 오른발과 왼발도 똑같지 않다. 그래서 시중에 판매되는 신발 중에서 자기 발에 딱 맞는 신발을 찾는 것은 쉽지 않다. 인공지능(AI) 기술로 발 사이즈에 맞춘 운동화를 추천하는 서비스를 개발한 스타트업도 등장했다. 발 사이즈를 재기위해 우편으로 받은 종이 키트 위에 발을 올리고 앱을 이용해 사진만 찍으면 발 길이, 발볼 너비, 발등 높이를 측정해준다. 이렇게 얻은 14만건의 발 사이즈 측정 데이터, 2만 건의 신발 데이터를 결합해내는 AI 머신러닝 기술로 고객에게 최적의 신발 사이즈를 추천한다.

또한 연령별로 발의 형태도 변하며, 나이에 따라 잘 생기는 발 질환도 다르다. 성장기의 아이들은 뒷굽이 없고, 바닥이 쿠션이 있으며, 신었을 때 발이 편한 신발이 좋다. 젊은 층은 활동량이 많으므로 굽이 높거나 딱딱한 신발은 피하고 볼이 넉넉한 신발을 신는 것이 좋다. 중년 층은 발바닥에 전달되는 충격을 완화할 수 있는 쿠션이 있는 신발이 좋다.

이와같이 다양한 발의 조건에 따라 신발을 선택하는 것은 중요하다.

### 발의 각 관절과 생체역학

발의 기능중 중요한 부분인 보행은 100여개의 골격근이 상지와 하지의 여러 관절과 협응을 통하여 이루어지며 체중은 모두 발에 전달된다. 발은 보행에서 평균 약 65kg의 몸무게를 항상 지지해야 한다. 보통 도시인의 하루 걷는 양은 자가운전자가 약 3,000 보 정도, 버스나 지하철을 이용하면 7,000보 정도를 자기 몸무게를 발에 의지하고 다니게 된다. 그러므로 발에 맞는 신발의 선택은 매우 중요하다.

#### 1) 발목관절(Ankle joint)

발목관절의 축은 앞이나 뒤에서 볼 때(transverse plane에서) 약 8도, 위에서 볼 때(sagittal plane) 20-30도 기울어져 있다. 발목관절의 축은 족저 방향으로 기울어져 있으며 발목관절의 움직임은 족저굴곡과 족배굴곡이다.

#### 2) 거골하관절

종골의 위쪽에 있는 3개의 관절면과 거골의 아래쪽에 있는 3개의 관절면이 만나서 거골하관절을 이룬다. 기능은 주로 외번과 내번이며 골간인대(interosseous ligament)는 외번을 제한하고 경부인대(cervical ligament)는 내번을 제한한다.

#### 3) 족근골간 관절(Chopart's Joint)

거골-주상골 관절과 종골-입방골 관절로 구성되어 있다. 족근골간 관절은 거골하관절의 회내 및 회외에 따라서 회외시 주상골과 입방골은 거골과 종골에 대해서 각각 내측, 하방으로

움직이고 회내에서 주상골과 입방골이 각각 외측, 상방으로 움직인다.

종축은 고르지 못한 지면을 걸을 때 후족부와 전족부의 상반된 움직임을 가능하게 한다. 사축은 발목관절의 족저굴곡과 배측굴곡을 보상해줄 수 있어서 제 2의 발목관절로 불리기도 한다.

보행에서 입각기 동안에 종축은 접지기에 회외되고 중간 입각기와 진출기에 회내된다. 사축은 접지기와 중간입각기에 회내되고 추진기에 회외된다. 족근골간 관절의 기능은 체중의 흡수, windlass effect, 전족부와 후족부의 분리된 운동을 통한 안정성 제공 등을 수행한다.

#### 4) 족근중족 관절(Lisfranc's Joint)

리스프랑 관절은 중족골(metatarsal bone) 기저부와 설상골(cuneiform bone) 및 입방골(cuboid bone)이 이루는 관절로 골성 구조와 인대 복합체로 안정성이 유지된다. 족근중족관절의 기능은 체중의 분산 및 이동과 불규칙한 지면에서의 안정성을 유지하게 한다.

발목과 발은 몸의 하중을 지탱하고 쿠션 및 균형능력의 제공, 보행을 통한 운동 역할을 하며, 지면 반발력을 이용하기도 하고 신체의 부정렬등의 이상을 보완하는 종합적인 기능을 가지고 있다. 그러므로 발을 보호하고 발의 기능을 유지하거나 증가시키는 신발의 역할은 매우 중요하다. 신발은 개개인의 발조건 뿐만 아니라 신경, 근골격, 정서 기능, 외모에 적합한 신발의 선택으로 일상생활에서 자신감의 상승 및 다양한 통증을 완화하고, 보행에서 충격력을 흡수하여 관절을 보호하며 발의 추가 변형과 기능의 악화를 예방할 수 있다. 또한 신체의 불균형을 보정하고 보행을 개선함으로써 이동 능력의 향상과 아울러 삶의 질 향상에 도움을 준다.

#### 신발의 구조

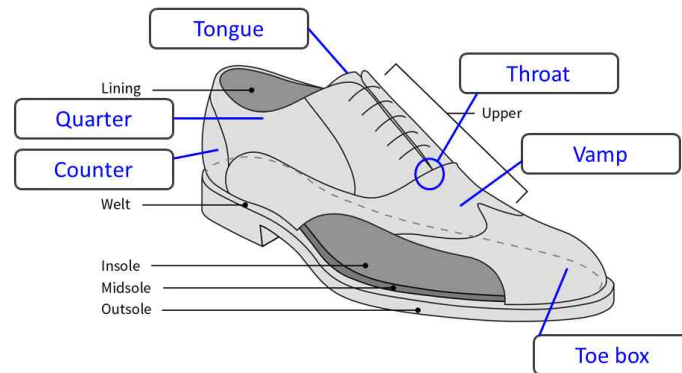
신발은 사용 용도에 따라 디자인, 재료, 제법, 형태를 달리 한다. 신발은 크게 상피 부분인 갑피(Upper), 바닥(bottom)인 창(sole)로 나눌 수 있다.

##### 1) 갑피(upper)

갑피는 발을 둘러 감싸서 신발에 발을 고정하는 역할을 하며 vamp, toe box, throat, quarter로 나누어진다. 갑피는 발의 보호 기능뿐만 아니라, 패션적인 면에서도 중요한 역할을 하므로, 발에 닿는 촉감, 땀의 배출 여부, 통풍성, 경량성, 내구성 등을 극대화하기 위한 소재의 선택과 디자인이 중요하다. 발 질환이 있는 환자의 경우에 적절한 소재를 선택하지 못할 경우 매우 불편한 신발이 될 수 있다.

##### 2) 창(sole)

창은 지면에 접촉하는 신발의 구조이며 outsole, midsole, shank, insole, heel 등으로 구성되어 있다. 창에 대해서 다양한 기능성을 부가시켜 살균, 향균, 탈취 및 충격 완화나 발의 질환 예방이나 치료의 목적으로 깔창(foot orthotics)과 같은 각종 장치들이 추가 된다. 신발의 갑피소재인 피혁과 합성섬유분야와, 밑창과 안창의 소재인 고무와 합성 수지분야에 나노분말을 분산시켜 사용하거나, 소재의 표면에 코팅하여 사용하는 등 다양하게 적용되고 있다



### 발의 크기와 신발의 선택

신발의 선택에서 발의 크기는 ① 발 전체길이, ② 종아치의 길이(뒤꿈치에서 제 1 중족골), ③ 넓이(발 ball의 제일 넓은 부분)를 먼저 측정하여 선택을 하며 종아치의 길이와 높이에 따라 서있거나 보행시 발 길이가 달라지기 때문에 반드시 선 자세에서 발의 길이를 측정하는 것이 좋다. 적절한 신발의 선택을 위해서는

- 체중이 부하된 선 자세에서 신발을 신어본다
- 신발의 가장 넓은 ball size인 제 1에서 제 5 중족지절 관절을 점검한다
- 신발을 신은 상태에서 여유는 1.3 - 1.6cm 정도 공간을 둔다
- 아킬레스건이 부착된 뒤꿈치가 신발의 heel counter와 충돌이나 마찰이 있지 않은지 확인한다.
- 끈이나 velcro등 고정 장치의 작동을 확인한다.
- 바깥 quarter의 top line이 distal malleolus of fibular에 닿지 않은지 확인한다.

### 신발의 선택을 위해 고려할 점

발목과 발의 기능은 크게 두 가지로 나누어지는데 하나는 weight bearing이며 다른 하나는 locomotion이다. 그러므로 여기에 맞는 신발의 적합성(fitting), 적응성(adaptation), 순응성(modification)이 있어야 한다. 좋은 신발은 가볍고 발의 모양에 맞게 제작되어야 하고, 신발의 착탈이 용이해야 하며, 보행에서 체중이 전달되는 발에 충격이 최소화되도록 완충과 분산을 고려해야 제작되어야 한다. 이동시 체중의 적절한 이동과 locomotion이 부드럽게 되도록 설계되어야 한다. 통풍은 잘되고 땀을 잘 흡수할 수 있으면 좋고, 신발의 밑창은 잘 미끄러지지 않게 설계되어야 한다. 발의 변형을 고려해서 제작되어야 하고, 가격이 적당하고 미용성이 있으면 더욱 좋다. 필요시 발의 아치를 조절을 하며, 신발 굽의 높이는 개개인에 따라 다르지만 3cm 이내가 적당하다.

### 맞춤형 신발이 필요한 질환들

맞춤형 신발이 필요한 대표적 질환들은 뇌성마비, 이분척추증, 당뇨합병증 발, 류마치스등 관절 변형 발, 하지길이의 차이, 소아마비, 신경근육 질환, Charcot-Marie-Tooth, 절단, 관절 고정술 및 구축, 외상 등이 있다.

#### 1) 하지길이의 차이

신발을 이용한 하지길이의 차이는 0.5 inch가 넘어서면 중창이나 밑창을 덧대어서 교정하고 일반적으로 60-70%정도 교정한다.

## 2) Charcot-Marie-Tooth(CMT) 질환

대부분 cavus feet and hammer toe가 많고 하지의 마비를 동반하는 경우가 있다. 적절한 신발은 In-depth high top shoe with custom insole을 처방한다.

## 3) 이분척추증(Spina bifida)

손상의 레벨에 따라 하지 마비의 형태가 다르나 발목관절의 운동기능이 떨어진 것을 고려하여 보통 AFO와 shoes(easy to put on, wide width, open laces or velcro, light weight, high or low top)를 사용한다.

## 4) Amputation of foot

‘fill the gap’의 원칙을 고려하여 절단된 발의 형태에 따라 prosthetic filler와 함께 rigid plate inside shoe with rocker bottom을 사용한다.

## 5) Arthrodesis

발의 arthrodesis는 ankle, triple, subtalar, midtarsal, tarsometatarsal, 1<sup>st</sup> MTP joint arthrodesis가 있다. 각각의 발의 형태와 원하는 기능을 고려하여 제작이 되어야 하며 주로 rocker bottom sole with extended steel shank (with or without SACH heel)을 사용한다.

## 6) 당뇨병

당뇨병 환자의 25%는 족부궤양이 발생하고 그중 약 20%는 절단 수술을 받는다. 당뇨가 있는 환자들은 꽉끼는 신발은 피하고 가장 긴 발의 종축에서 최소한 약 1cm 정도 여유가 있어야 한다. 뒤축 높이는 1-2.5cm 정도가 적당하며 그보다 길 경우 발이 앞으로 밀려서 발가락과 앞꿈치가 손상받을 수 있다. 신발을 구입할 때는 발이 부은 상태인 저녁이나 늦은 오후에 구입을 해야 끼지 않은 신발을 선택할 수 있다.

## 기능성 신발

기능성 신발은 신발의 갑피와창에 기능성을 부여함으로써 기능을 추구한다. 신발의 기능성 향상은 운동에서 종목별 전문체력 요인 향상이나 기술발휘에 적합한 신발 개발 등과 같은 특수 목적의 기능성을 강조한 신발 개발로 활발하게 진행되고 있으며, 그러한 신발이 갖는 기능성에 대한 평가 연구도 진행되고 있다.

대형 신발회사들로 2014년 이후에는 다양한 기능성 신발을 적극적으로 제작 판매하고 있다. 경기 트랙과 마찰력을 높이는 징(스터드)이 신발 바닥에 박혀있는 스파이크 운동화는 육상 기록 경신을 이끌고 있다. 이에 육상선수들은 “기능성 운동화를 신지 않는 선수들에겐 점점 불공정한 경기 환경이 되고 있다”고 한다. 실례로 나이키는 열가소성 폴리우레탄(TPU)으로 만든 고탄성 폼을 운동화의 중창(밑창과 깔창 사이 부분) 소재로 썼다. 기존 운동화 중창은 지면을 디딜 때 에너지의 60%를 되돌려서 탄성을 주는데 이 고탄성 폼은 85%까지 반발력을 늘렸다. 또한 창 중간에는 스프링과 같은 역할을 하는 탄소 섬유판을 끼웠다. 그러면서도 무게는 일반 운동화와 크게 다르지 않아 무게는 그대로이면서 탄성이 올라간 것이다. 최근 기능성 신발은 발포 소재 내부에 미세한 발포를 균일하게 만드는 기술이 개발되면서 중창이 두꺼워져도 무게는 늘지 않고 있다.

최근의 우리나라에 소개되거나 시판되고 있는 기능성 신발은 무지외반증 신발, 뒤꿈치에 스프링을 장착한 워라이즈 신발, 고밀도 우레탄 기능을 사용하여 충격을 분산시키는 Shox shoe(Nike), 24개 피아노 강선으로 제작한 스프링으로 하중의 분포를 고르게 하는 엠플렉스,

전족부와 후족부에 진동단자를 삽입하여 근육의 이완 및 고유수용감각을 증진시키는 진동단자 신발, 에어쿠션을 사용해 휴위를 걷는 느낌을 주는 KyBoot, 보행시 체중을 따라 공기의 이동을 유도해 쿠션과 아치를 보행주기에 따라 유도하는 엑스솔신발, 맨발로 걷는 느낌을 주기 위한 Barefoot shoe, 골프에서 체중의 이동을 나타내어 올바른 스윙을 유도하는 Smart shoe 등이 있다.

발은 다양한 질환과 조건을 가지고 있다. 신발을 선택할 때는 이러한 질환이나 각각의 조건에 맞추어서 선택을 해야하나 아직은 이에 대한 많은 연구가 없어서 확정된 가이드라인이 없는 상황이다. 앞으로 이에 대한 추가 연구가 필요하다.