

아동용 러닝화의 완충성능 디자인 비교 연구

A Comparative Study on Cushioning Performance Design of Children's Running Shoes

주 저 자 : 이 곁 (Li, Jie)

동의대학교 디자인조형학과 박사과정

교 신 저 자 : 강재철 (Kang, Jae Cheol)

동의대학교 예술디자인체육대학 디자인조형학과 교수
ykoh@deu.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kids.2023.2.248>

접수일 2023. 5. 17. / 심사완료일 2023. 5. 23. / 게재확정일 2023. 6. 13. / 게재일 2023. 6. 30.

Abstract

In recent years, running, which can help children's physical strength in terms of healthy growth, has attracted attention as the most important sport for children. Therefore, the children's running shoe industry is concerned. The main purpose of children's running shoes is to provide effective shock absorption for the feet. This study takes children aged 8-12 as the research object and finds that the cushioning of children's running shoes can be divided into material cushioning and structural cushioning. Aiming at the above two cushioning characteristics, and the performance analysis of running shoes with two kinds of cushioning performance at the same time, based on subjective preferences Cushioning performance test of children's running shoes by degree analysis and instrument test method. The research results show that, different cushioning materials of children's running shoes can produce different cushioning performance, and the thickness and hardness of the sole will also affect children's cushioning performance.

Keyword

Children's running shoes(아동용 러닝화), Cushioning(완충), Comfort(쾌적성)

요약

최근 몇년 동안, 아동이 건강하게 성장하는데 있어 체력적으로 도움을 줄 수 있는 달리기는 어린이들에게 가장 중요한 스포츠로 주목받고 있다. 이에 따라 아동용 러닝화 산업이 주목받고 있는데 이 러닝화 산업에서 가장 중요한 경쟁요소에는 발 피로도를 낮춰주는 데에 있다. 따라서 본 연구는 8~12세 아동들을 대상으로 하여 연구하였는데 아동용 러닝화의 완충작용을 재료적 완충작용과 구조적 완충작용으로 구분한다. 상기 두 가지 유형의 완충특성을 바탕으로 두 가지 유형의 완충성능을 모두 갖춘 러닝화의 성능분석을 진행하고 아동용 러닝화의 완충성능은 주관적 선호도 분석 및 기구검사 방법을 이용하여 테스트하였다. 연구 결과에 따르면 아동용 러닝화에 사용되는 완충재에 따라 완충성능이 달라지며 신발창의 두께와 경도도 아동용 러닝화의 완충성능에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구의 배경 및 목적
- 1-2. 연구의 범위 및 방법

2. 이론적 고찰

- 2-1. 아동용 러닝화
- 2-2. 완충성능의 특징

3. 실험환경 설정

- 3-1. 연구 대상 (8-12세 아동)

3-2. 러닝화 테스트 분석

3-3. 실험 과정

4. 실험 평가 및 분석

- 4-1. 선호도 평가
- 4-2. 완충성
- 4-3. 안정성
- 4-4. 소절

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

아동용 러닝화의 등장 이후, 에어쿠션, 완충 신발창 등의 완충성능 기술이 쏟아져 나왔고, 이런 기술과 관련된 특허 출원 건수가 1만 건을 초과하면서 “러닝화는 첨단기술이 집약된 제품이다.”라는 인식이 널리 퍼졌다. 그러나, 아쉽게도 이러한 기술은 가능성과 겉으로 드러난 외관을 과장하는 것에만 너무 치우쳐져 있고, 제품 자체의 완충성과 포장 및 아동의 건강과 안전을 소홀히 하는 경향이 짙다는 단점이 있다. 또한, 아동용 러닝화는 성인 러닝화에 비해 소홀히되어 왔는데 나이키, 아디다스 등 글로벌 브랜드 및 기업들은 기본적으로 아동용 러닝화와 관련된 디자인 연구를 이어가고 있으나, 아동 발달을 위한 완충성능을 갖춘 러닝화 디자인에 대한 연구는 보편화 되어 있지 않아, 운동 중 여러 부상과 질환이 잇따르고 있다.

1-2. 연구의 범위 및 방법

1-2-1 연구 범위

류흥화(刘钦华)가 2021년에 발표한 논문을 살펴보면, 과거 신발창의 완충성능에 대한 평가는 대부분 단일 신발창과 경도를 실험 변수로 채택하였지만, 경도가 다른 신발창의 완충성능 평가 연구는 상대적으로 적었다. 1) 본 연구에서는 미드솔의 재료가 신발의 완충성능에서 중요한 역할을 한다는 점을 전제로 한 상태에서, 시중에서 판매되는 비교적 우수한 아동용 러닝화 7종류를 선정하여, 아동용 러닝화의 완충성능을 분석하기 위해, 미드솔에 사용되는 재료의 경도와 두께를 비교 분석하고, 재료적 완충 및 구조적 완충 사이의 균형 디자인을 비교 분석하였다. 또한, 4가지 경도의 미드솔과 재료적 완충 조합 구조의 완충성능을 테스트를 진행하였다. 충격 테스트기를 사용하고 SATRA PM142 표준 평가 방법을 참고하여, 경도와 두께가 다른 재료를 사용한 신발창과 두 가지 속성의 완충성능, 다양한 충격 정도에서의 완충성능에 미치는 영향을 연구한다. 본 논문의 연구 범위는 “완충성능”을 통해 아동용 러닝화의 디자인과 합리성을 탐구하고 과학적으로 아동의 발을 보호하며 아동용 러닝화를 디자인하는 것이며, 아동용 러닝화 신발창의 완충에 대한 종합적인

분석은, 아동의 건강한 발달과 아동화 디자인 및 가공 분야의 발전에 대한 참고 자료를 제공하는 것이다.

1-2-2 연구 방법

범설(范雪)은 2017년 발표한 논문에서 3~6세 유아의 달리기 동작에 대한 발달 특징으로 두 발에 가해지는 충격력은 체중의 3배에 달할 수 있다는 것을 이야기하였다. 2) 따라서, 부상의 위험을 줄이기 위해 러닝화는 적절한 완충성능을 갖추고 있어야 한다.

류흥화(刘钦华)가 2021년에 발표한 논문에서는, 성인을 위해 디자인된 운동화는 발의 모양과 걸음걸이에 명확한 차이가 있기 때문에 아동에게는 적용되지 않을 수 있다고 하였다. 3) 한경곤(韩瑾琨)은 아동용 러닝화의 완충 문제를 해결하기 위하여, 2019년에 발표한 논문에서 아동용 러닝화의 완충성능 중 한 가지 특징은 신발 뒤꿈치와 앞발바닥의 쿠션 부분에서 찾을 수 있다는 결론을 내렸다. 4) 또 다른 특징은 폼완충재로, 신발의 미드솔에 주로 사용된다. 그러나 아동용 러닝화에 가장 적합한 완충재 유형에 대한 연구는 아직 제한적이다.

연구 목적을 달성하기 위해 본 연구의 진행 과정은 크게 이론적 고찰과 실증적 분석으로 구분되며, 본 연구의 진행 과정 및 방법은 다음과 같다.

우선, 문헌 연구를 통하여 운동화의 완충성능을 평가하는 방법은 주로 발바닥 압력 테스트와 재료적 완충 테스트 두 가지가 있다. 이 두 가지 방법을 사용함으로써, 운동화의 완충성능의 우열을 측정하고 판단할 수 있다. 재료적 완충 테스트 법칙은 설정된 충격 에너지 하에서 운동화에 대한 충격 테스트를 수행하는 것이다. 5) 당진화(唐振华)(2010) 등은 낙하식 중력충격법을 사용하여, 운동화의 완충성능을 테스트하고 이 방법의 정확성을 확인하였다. 실험에 사용된 샘플 신발은 신발창에 특정 완충성능이 있는 운동화이며 갑피와 바닥 부분을 분리한다. 충격 테스트 부위는 앞바닥과 뒤꿈치로 표준치수에 따라 정

1) 刘钦华, 儿童鞋中后底硬度对跑步过程中下肢生物力学影响, 皮革科学与工程, 2021, pp.53-58.

2) 范雪, 3~6岁幼儿跑步动作发展特征及教学策略分析, 体育科学, 2017, pp.40-47.

3) 刘钦华, Op. cit., pp.53-58.

4) 韩瑾琨, 弓太生, 儿童足底压力、功能鞋垫及童鞋舒适性相关研究进展, 皮革科学与工程, 2019, pp.36-41.

5) 汤运后, 测试方法对评价运动鞋底减震性能的对比研究 中国皮革, 2021, pp.34-36.

확한 충격 위치를 결정한다.⁶⁾ 본 논문의 목적은 완충 테스트 방법을 참고하여, 8~12세 중대아동에 대한 실험환경 설정(사람, 실험과정)을 목적으로 한다. 그리고 비교 테스트 및 실험 과정에 대한 자세한 소개를 위해 시중에 판매되는 7종류 전문 아동용 러닝화를 선택하였다. 완충재료의 높이에서 경도 및 물리적 완충과 구조적 완충의 디자인 평형성을 테스트하고, 데이터 분석 방법을 통해 결과를 검증하였다.

2. 이론적 고찰

2-1. 아동용 러닝화

2-1-1. 아동용 러닝화 정의

아동용 러닝화는 일반적으로 신발창, 갑피, 깔창, 신발끈으로 구성된다. 신발창은 일반적으로 미드솔과 아웃솔로 구분되며, 신발 표면은 일반적으로 [그림 1]과 같이 토캡, 레이스 루프, 설포, 탑라인, 뒤축으로 구분된다.⁷⁾ 아동용 러닝화의 일반적인 성능은 통기성, 미끄럼 방지성, 완충성능이다. 생체 역학의 필요에 따라, 아동용 러닝화는 완충성 러닝화와 안정성 러닝화의 두 가지 범주로 나눌 수 있다. 완충성 러닝화의 밑창은 일반적으로 부드러운 겹층 구조로 되어 있어, 운동 중 발이 힘을 균일하게 받을 수 있도록 돕고 발에 가해지는 충격이 완화될 수 있도록 도움을 준다. 신발은 일반적으로 가볍고 안정성이 상대적으로 떨어진다. 안정성 러닝화는, 일반적으로 바닥이 균일한 힘을 받는 TPU 플라스틱 시트 또는 내부에 고밀도 재료 구조로 구성되어 있다. 이러한 특수 디자인은 경미한 발 접지음 현상을 예방하고, 발 안쪽 가장자리에 좋은 지지력과 내구력을 제공한다.⁸⁾



[그림 1] 아동용 러닝화 구조 전개도(자작)

2-1-2. 아동용 러닝화 특징(sole, opper)

아동에게는, 신발창이 부드러우면서도 경도가 있는 것이 관건이다. 신발창이 너무 부드러우면(경도 <40C) 아동의 발이 운동 과정에서 지지되지 않아 족궁통, 복사뼈, 무릎 등의 부위의 힘이 부족하여 여러 문제를 일으키기 쉽고, 신발창이 너무 딱딱하면(경도 >55C) 착지 과정에서 완충이 잘 되지 않아 발 관절이 마모되기 쉽다.

성인 러닝화와 달리 아동용 러닝화는 발목과 발 뒤꿈치를 보호하고 접질리는 것을 방지하며, 신발창의 중간 바닥 부분은 운동 시 발바닥이 받는 충격을 완화하고 전반적인 운동 안정성을 확보하는 중요한 부분인데, 완충성능과 탄력성은 접질림 방지 기능이 뛰어나 성인 러닝화와 달리 아동화의 미드솔 재료의 구조는 디자인이 더 단순하고 완충 구조는 일반적으로 뒤꿈치 쪽을 따라 디자인되고, 재료의 경도에 더 중점을 두며, 아웃 솔은 일반적으로 충분한 미끄럼 방지 및 내마모성을 가지며 동시에 아동이 운동 중 미끄러짐을 방지하기 위해 일정한 지지력이 있어야 한다.

또한 신발창의 겹은 앞면의 겹이 운동화의 바닥을 더욱 견고하게 잡아주는 데 도움을 주고, 신발 밑창 뒷부분의 겹은 운동 능력을 향상시키고 걸음에 도움을 주는 역할을 한다. 옆면의 겹은 옆으로 미끄러지는 것을 방지하고, 운동의 안정성을 증가시킬 수 있으며, 성인 러닝화와 달리 아동용 러닝화는 바닥이 더 많이 접혀 있고 마모에 강한 입자가 더 많다.

6) 唐振华, 运动鞋减震性能试验方法的研究, 皮革科学与工程, 2010, pp.62-66.

7) KONG P W, CANDELARIA N G, SMITH D R. Running in new and worn shoes: a comparison of three types of cushioning footwear, Br J Sports Med, 2009, Vol.43, No.10, pp.04-05.

8) 张伟娟, 张骁, 陈谌, 鞋结构设计对儿童足部发育的影响, 中国皮革, 2015, pp.33-35.

[표 1] 아동용 러닝화 신발창의 기능적 특징

	Nike Air Zoom Arcadia 2	Nike Air Zoom Pegasus 40	Nike Run Flow
완충방식	구조적 완충+재료적 완충	재료적 완충	재료적 완충+뒤꿈치 TPU 지지
미드솔 지지 완충 표시			
신발창 고무 재질 분산			

신발 표면은 주로 레이스 루프, 설피, 탑라인, 뒤축, 토캡을 포함하며, 아동용 러닝화의 신발 표면은 발을 더 잘 감싸고 발을 안정시키며, 발이 신발 구멍 내에서 크게 이동하여 마찰에 의해 손상되는 것을 방지할 수 있다. 아동의 발은 계속 발달 중이기 때문에, 아동용 러닝화와 성인용 러닝화의 가장 큰 차이점은 아동용 러닝화의 겉면은 반드시 아동 발 보호에 중점을 두어 아동의 발의 옆 부분의 사고를 방지해야 한다는 것이다. 따라서 아동용 러닝화 표면의 가장 큰 특징은 지지성이며, 성인용 러닝화의 복잡한 지지 디자인에 비해, 아동용 러닝화의 신발 표면 디자인은 번잡하고 단순하며 주요 부위의 지지 성능에 중점을 두고, 일반적인 지지 성능의 디자인은 TPU 소재의 추가이며, 신발 표면 지지 디자인은 주로 중턱과 뒤꿈치에 중점을 두고 있으며, 경량 러닝화는 아이 커버 디자인에 거의 중점을 두지 않는다.

[표 2] 아동용 러닝화의 신발 표면 특징

	Nike Air Zoom Pegasus 39 아이 커버 지지	Nike Run Flow 뒤꿈치 지지	Anta-Zhuifeng 3.0중턱 지지
지지			
모델			

2-2. 완충성능의 특징

아동용 러닝화의 완충기능은 달리기를 할 때, 발과 다리에 가해지는 다량의 과부하가 걸린 낙하충격력을 말하는 것으로, 이 과정에서 신발창은 충격 흡수재 내부 구조의 변화나 신발창 설계의 특수 구조의 물리적 변형을 통해 낙하충격력에 대한 일정한 저항을 발생시킬 수 있으며, 충격 흡수 및 완충 역할을 하여, 운동 중 인체가 받는 충격을 줄여주고 부상을 방지해주는 역할을 한다. 간단히 말해서, 신발창의 충격 흡수 기능은 바닥이 진동파를 흡수하거나 감소시키는 기능을 의미한다. 아동용 러닝화의 완충은 비교적 간단하며⁹⁾ 일반적으로 물리적 완충과 구조적 완충으로 나뉜다. 시중에 판매되는 아동용 러닝화는 주로 재료적 완충과 구조적 완충을 기반으로 한다.

2-2-1. 재료적 완충

중간 바닥 생산 공정에서 가장 일반적으로 EVA, TPU, TPE, PEBAX 등의 재료를 주성분으로 사용하거나, 그중에서 2가지 재료를 혼합 및 발포한다. 가장 흔한 러닝화의 바닥 소재는 EVA로, 실제로는 E+VA 두 가지 소재라고 할 수 있으며, 각각의 함량을 달리하면 러닝화의 성능에도 영향을 미칠 수 있다. 그중에서 E는 에틸렌이고 VA는 초산비닐이다. 가장 널리 사용되는 러닝화의 미드솔 소재로 EVA 소재를 적용한 과학기술로는 나이키의 루나와 클라우드 폼, 리닝의 라이트 폼, ANTA의 플래시 폼이 있다. EVA의 미드솔 소재는 신발의 발에 큰 차이가 있으며, 이는 모두가 개발한 가장 극단적인 소재이며, EVA의 다양한 첨가 비율, 발포 방법 및 정도는 운동화 미드솔의 성능에 영향을 미친다. EVA 소재의 장점은 상대적으로 저렴한 비용과 신었을 때 매우 부드럽고 편안한 감각을 느낄 수 있게 한다는 것이다. 단점은 탄성력이 PEBA 정도로 비교적 약하며, 특히 발포 정도가 높을 경우 신발의 수명과 한계에 영향을 미친다.

ETPU의 혁명은 열가소성 폴리우레탄 엘라스토머(고무)이다. 팝콘을 닮아 업계에서 팝콘 소재가 되었으며 대표작은 아디다스의 부스트가 있다. 물론 리닝의 드라이브 폼, NB의 프레시 폼X, 소코니의 에브룬도 있다. 여기서 E는 발포라는 뜻이고 TPU는 재료 이름이며 줄여서 TPU라고 한다. 아디와 같은

9) 赵闯, 慢跑鞋减震鞋垫的设计与研究, 西安陕西科技大学, 硕士学位论文, 2013, pp.44-57.

ETPU는 폴리에테르 TPU를 사용하며 장기간 사용하면 노란색으로 변하지만 완충 효과에는 영향을 미치지 않는다. ETPU의 장점은 EVA의 전체 탄성력보다 우수하며, 원형으로 만든다는 점에서 일정한 재료 완충 역할을 할 수 있다는 것이다. 단점은 발포도가 높지 않으면 무게가 많이 나가지만 상대적으로 부드럽다.

PEBA는 나일론 엘라스토머라고도 하는 열가소성 폴리아미드 엘라스토머이다. 우리가 가장 잘 아는 나이키의 Zoom X는 사실 PEBA라는 소재를 사용하고 있고, PEBA X는 PEBA 소재를 사용하는 브랜드이다. PEBA 재료는 열가소성 재료를 의미하는 ETPA 범주에 포함된다. ZoomX 외에도 미드솔 제작에 PEBA 재료를 사용하는 브랜드는 PVRUN PB 등이 있다.

P4U/D30는 초연탄 소재이며, 이 소재를 사용한 가장 유명한 것은 픽(PEAK)사의 태극(太極)의 과학기술이다. 장점은 상체 감각이 부드럽지만, 단점은 너무 부드러워서 달릴 때 불안정하다는 것이다.

[표 3] 재료적 완충 구분

소재	EVA	ETPU	P4U/D30	PEBA
특징	성분이 적으며 편한하고 부드러움	탄성력이 좋으며 미립자를 활용한 완충성능을 포함함	걸을 때 매우 부드럽다	부드럽고 신축성이 적절함
시장에 유통되는 디자인				
브랜드/과학기술 명칭	Nike X Lunar	Adidas X Boost	Pike X Taichi	Nike X Zoom

2-2-2. 구조적 완충

완충성능의 구조적 디자인은 전문적인 완충 효과를 실현하는 데 중점을 둔다. 러닝화 완충성능의 완충 효과 및 성능 안정성을 보장하기 위해서는 인체의 발바닥에 압력이 가해지는 부분과 결합하여 러닝화의 완충성능의 다른 부분을 다르게 디자인해야 한다. 한편, 러닝을 할 때, 인체의 앞발바닥의 척골은 지면을 밟을 때 인체의 안정적인 진행을 위해 강하

게 땅을 밟아야 하므로, 신발 디자인할 때 이 점을 감안하여 탄력성을 더해 러닝하는 사람의 운동 효율을 높여야 한다. 다른 한편으로는, 인체의 발뒤꿈치에 가해지는 충격이 크기 때문에, 이 부분을 디자인할 때는 부상 확률을 최소화하기 위해 독립적인 뒤꿈치 완충 장치를 디자인해야 한다.¹⁰⁾

기계적 완충이라고도 하는 구조적 완충은, 러닝화의 전체 구조 디자인을 사용하여 물리적(예: 탄성력 기동 구조) 완충성능을 작동하게 한다. 구조적 완충을 접목시킨 대표적인 신발에는 미즈노, NIKE SHOX 등이 있으며, 재료적 완충에 대응하여 단단한 재료가 일정한 모양을 통해 힘을 받아 변형된 후 그에 대한 탄성을 통하여 완충 및 반동을 제공하는 것을 말한다. 이에 대응하여 대부분의 러닝화는 부드러운 발포 미드솔 재료를 사용하여 압축 및 반발 중에 완충 및 탄성력을 제공한다. 일반적인 구조적 완충의 위치도 아동용 러닝화의 완충 효과에 큰 영향을 미치며, 현재 시중에 판매되는 구조적 완충은 미드솔, 뒤꿈치, 뒷 발바닥, 앞 발바닥 완충으로 구분된다. 그림과 같이 미즈노 웨이브 프로페시 시리즈는 전체 에어쿠션 완충구조를 거의 채택하지 않은 러닝화 중 하나이다. 웨이브 프로페시 7의 발 뒤의 직접적인 감촉은 웨이브의 기계적 구조의 물리적 속성으로 인해 조성된다. 그러나 굴곡진 웨이브는 여전히 단단한 바탕 위에서 상대적으로 뛰어난 완충성능을 선사한다. 그러나 전제는 두 발에 가해지는 충격력이 웨이브 구조에 일정한 압력을 가하기 위해서는 충분한 체중이 있어야 한다는 것이다. 웨이브 깔창 뒷 발바닥의 위아래 두 부분에는 충격의 작용에 의해 구부러져 충격 완화와 반발력을 제공한다. 또한, 상부 및 하부 플레이트를 연결하는 완충재료 기동도 특정 보조 역할을 할 수 있다.

10) 卓俊杰, 运动鞋减震回弹性能测试方法及专用检测设备的研发, 计量与测试技术, 2018, pp. 6-7.

[표 4] 아동용 완충 구조의 위치 특징

Anta 아동 러닝화	Nike Air Zoom Pegasus 39	Anta Kids	Wave Prophecy 7
미드솔 완충	뒤꿈치 완충	뒤발바닥 완충	앞발바닥 완충
			
편칭 구조	에어쿠션구조	3/4 에어쿠션 구조	전체 쿠션 구조
			
고무의 균일한 분포	고무의 균일한 분포	일체형고무	일체형고무
			

3. 실험환경 설정

3-1. 연구 대상 (8-12세 아동)

[표 5] 아동용 완충 구조의 위치 특징

변수	항목	인원
성별	남·여(15:15)	30
성	8-12세(중동)	30
연령	35	30
사이즈	156± 3.17cm	30
신장	50.10 ± 5.55kg	30

본 논문의 연구 대상은 8~12세 중대아동에 대상으로 한다. 이 연령대의 아이는 이해력과 자제력이 강하고 기기 테스트에 적합하다. 그리고 이 단계에서 아이들의 주요 운동 장면은 체육 시간, 농구,

축구, 줄넘기, 달리기, 수영, 등산 등이며, 그중 달리는 모든 운동 중에서 가장 인기 있고 쉬운 운동 중 하나이다. 따라서 달리는 아이의 가장 중요한 테스트 운동으로 선택된다. 대상은 모두 초등학생이며, 연구의 모든 피실험자는 30명(연령 8-12세, 신장 156.10±3.17cm, 체중 50.10±5.55kg)이며, 신발 사이즈 35(한국 사이즈 225mm)의 오른발잡이이다. 모든 피실험자는 신체 상태와 운동 능력이 양호하고 실험 전 반년 동안 하체에 손상이 없었으며 실험 전 24시간 동안 격렬한 활동을 하지 않았다. 실험 전에 피실험자는 이 실험의 연구 목적, 실험 요구 사항, 절차 및 관련 단계를 이해하고 실험 정보에 대한 동의서에 서명했으며 모두 자발적으로 테스트에 참여하였다. 아동용 러닝화의 완충성능 디자인을 비교하기 위하여, 피실험자들은 에어쿠션 또는 폼 쿠션 신발을 착용하도록 무작위로 배정되었다. 피실험자들은 러닝머신에서 10분 동안 8km/h의 일정한 속도로 달리는 실험을 진행하였고, 러닝머신에는 양발의 충격력을 측정할 수 있는 파워플레이트가 장착되어 있으며, 파워플레이트에 수집된 데이터는 어떤 유형의 신발이 완충성능 효과가 우수한지 분석하기 위해 사용된다.

3-2. 러닝화 테스트 분석

[표 6] 완충구조 신발모델의 실험적 비교

모델	A : Nike Air Zoom Arcadia 2	B : Nike Air Zoom Pegasus 40	C : Nike Air Zoom Alphafly NEXT% 2	D: Cloudsurfe
	재료적 완충+구조적 완충	재료적 완충	재료적 완충+구조적 완충	재료적 완충에 구조적 완충을 결합한 구조
레이스 루프				
밑창				
완충 성능				

아동용 러닝화의 우수한 성능을 보장하기 위해서는, 아동용 러닝화의 완충성능에 영향을 미치는 주요 요인에 대한 분석이 필요하다. 러닝화의 완충성능에 영향을 미치는 주요 요인은 아동용 러닝화의 주요 재료 및 구조이다. 현재 시장에서 단순히 구조적 완충과 재료적 완충을 구별하는 디자인이 아니라, 스위스의 러닝화 브랜드 온(On) D 모델과 같은 두 가지 완충 방법을 결합하고, 독특한 디자인 개념, 지속적인 혁신 및 연구개발, 새롭고 지속 가능한 환경 보호 인식을 중점으로 한다. 스위스의 러닝화 브랜드 온(On)에서 가장 유명한 D 모델 Cloudsurfer, Cloudsurfer는 매우 변식성(辨識度)이 뛰어난 Cloud Tec의 신발 밑창 기술 특허로, 이러한 투조(레이스) 방식의 Cloud 모듈이 온 러닝화 한 켤레에 나타나 완충 및 반동 역할을 한다. 이렇게 하면 재료를 사용하여 보호 역할을 할 수 있을 뿐만 아니라, 구조적 완충을 사용하여 이중 완충을 가져올 수 있다.

[표 7] 재료적 완충 신발 모델 실험 비교

모델	①B : Nike Air Zoomegasus 40	②E : Saucony Kinvara 13	③F : Piko Taichi	④G : Adidas Boost 3.0
재료	PEBA	EVA	P4U/D30	ETPU
레이스 루프				
① 완충성능	Nike ZoomX는 전례 없는 가벼움과 부드러움, 호응력을 겸비하여 더욱 우수한 에너지 피드백을 제공하여 신속한 움직임과 다음 동작을 수행할 수 있도록 도움을 준다. ZoomX는 우주산업 혁신에 자주 사용되는 EPE소재에서 파생되어 처음으로 신발의 성능 개발에 적용되어 Nike Zoom Vaporfly Elite 4%를 제작하였다.			
② 완충성능	미드솔은 고전 EVA 이중 기술을 채택하여, 모든 선수에게 상대적으로 균형 잡힌 완충성능 및 탄성력 수요를 제공한다. XT-900 러버솔은 접지력과 강한 내마모성을 제공하여, 고무바닥은 물론 젖은 노면에서도 쉽게 대응할 수 있으며, 4mm의 낙차도 장시간 적응 없이 쉽게 발로 뒹 수 있다.			

③ 완충성능	스마트 고분자 소재인 P4U 또한 혁신적인 기술을 통해 복합적으로 발표되어 기존 소재에는 없는 '적응' 특성을 가지고 있어, 지속 운동 상태에서 부드럽고 편안한 착용 경험을 제공한다. 착용자의 운동 속도가 빨라짐에 따라 미드솔의 탄성 계수가 증가하고 '형태 변화'는 적절한 호흡, 탄성 및 지지를 제공하는 고탄성 상태에 이른다.
④ 완충성능	한 Boost의 미드솔에는 약 3,000개의 Boost 입자가 들어있으며, 각각의 Boost 입자는 매우 탄성적이며, 새로운 Ultra Boost 미드솔에는 EVA의 패키지가 제거되어 새로운 공경과정을 통하여 Ultra Boost의 미드솔의 안정성과 탄력성이 향상된다.

신발의 완충성능은 주로 신발창과 깔창에 집중되어 있으며, 신발창의 재질과 구조에 따라 완충성능이 다르며, 신발 미드솔의 경도는 러닝화의 완충성능에 영향을 미치는 핵심 요소이다. 경도가 다른 재료의 조합을 통해 완충성능을 향상시킬 수 있으며 재료 경도의 조합에 따라 다른 완충 효과를 얻을 수 있으며, 재료와 구조의 조합을 통해 재료의 완충성능을 효과적으로 향상시킬 수 있다.¹¹⁾ 과거 신발창과 신발 깔창에 대한 완충성능 평가는 대부분 단일 신발의 신발창 또는 깔창 재료의 경도를 실험 변수로 선택하였으며, 경도가 다른 신발창 조합에 대한 완충성능 평가 연구는 상대적으로 적었으며, 미드솔 재료가 신발 충격 흡수에서 중요한 역할을 한다는 점을 고려하였다. 이번에 선정된 러닝화 A, B, C, D: ZoomX 미솔(Pebax 판재)을 동시에 선택하여 A, B, C가 동일한 재질 대비 완충 위치가 아동의 완충성능에 미치는 영향을 분석 및 비교하였다. 그리고 어떠한 신발창의 높이가 아동용 러닝화에 적합한지, B, D, E, F의 4종류 러닝화의 소재의 완충성능 특성을 비교하고, 7종류 러닝화의 전반적인 성능 데이터를 테스트하여, 아동용 러닝화의 성능과 어떤 소재의 완충 결합 구조의 완충 방식이 아동용 러닝화 디자인에 부합하는지 평가한다.

3-3. 실험 과정

(1) 주관적 선호도 테스트: 피실험자는 러닝화 4종류에 대해 무작위로 5분간 신어보고 달리기 테스트를 진행하였으며, 평지와 놀이공원, 언덕에서 5분간 신어보고 달리기 테스트에서 피실험자는 4종류의

11) 이용구, 김윤혁, 달리기 중 신발 중저의 경도가 인체를 따라 흡수되는 충격에 미치는 영향, 의공학회지, 2010, pp.11-30.

러닝화를 신고 각각 50m 직선도로와 50m 커브길에서 달리기 테스트를 실시하였고, 피실험자의 주관적인 느낌을 수집하고 아동의 주관적인 느낌의 러닝화를 선택하였다. 첫 번째 주관적 감각에 따라 다음과 같은 성능에 가장 적합하다고 생각하는 아동 러닝화를 선정, 30명의 아동 선호도에 따라 아동용 러닝화 선호도 테스트 데이터를 도출하였다.

(2) 안정성 테스트: 3차원 동력계 AMTI를 통해 지상 지지 과정에서 지면으로부터 수직방향으로 작용하는 반작용 최고 수치를 VGRF, 수직 충격 로딩 속도 VALR 및 기타 매개 변수 변화를 수집하여 아동용 러닝화의 완충 및 충격 완화 성능을 평가한다. 달리기 속도는 러닝화의 안정성 테스트와 동시에 3m/s로 설정하고 동력계를 이용하여 피실험자의 발바닥 압력 데이터를 측정 후, 발바닥에 힘이 가해지는 각 주요 부위 내외측 압력의 차이에 따라 발평형 매개 변수, 앞바닥 회전, 뒤꿈치 회전 상황을 도출하고, 운동 중 발목 회전 안전구역의 범위 값에 따라 앞서 언급한 세 가지 매개 변수를 분석하여 피실험자의 운동 안정성을 얻고 Novel Pedar-X 발바닥 압력 깔창 테스트 시스템을 사용하여 얻은 운동 중 시간에 따른 발바닥 압력 중심의 궤적을 기록하고 궤적선의 길이, 모양 및 위치를 분석하여 운동 안정성을 특성화하였다.



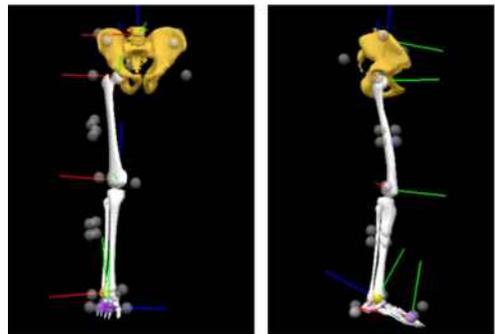
[그림 2] 러닝 안정성 테스트 과정

(3) 완충성능 테스트: 3차원 동력측정시스템 (Stand, surface electromyography, kinetic energy capture). AMTI를 통해 달리기 중 수직방향으로 작용하는 반작용 최고 수치를 VGRF, 수직충격부하율 VALR 등의 매개 변수의 변화를 수집하여 (그림 3), 러닝화의 완충 및 완충성능을 평가하고 러닝화의 안정성능시험과 동시에 3m/s로 설정하였다.



[그림 3] 러닝 안정성능 테스트 과정

(4) 탄력성 테스트: Visual 3D 3차원 보행 분석 시스템을 통해 상기 러닝화의 안정성능, 완충성능 테스트 및 착지 지지 과정에서 3개의 평면 하지 무릎, 발목 및 발바닥 발가락 관절의 관절 모멘트와 관절 출력 등의 매개 변수 변화를 계산하여 러닝화의 탄력성을 평가한다.



[그림 4] Visual 3D 3차원 보행 분석 시스템

4. 실험의 성과 및 분석

4-1. 선호도 평가

아래 표와 같이, C 모델의 심미성은 13명이 투표하여 전체의 43%를, 착용감은 12명으로 전체의 40%, 스포티함은 10명으로 전체의 33%, 발의 감각은 14명으로 전체의 47%로 전체 수치가 40%를 넘었으며, 이 중 남성의 수치는 가격을 제외한 나머지 4개 항목 모두 50%를 초과하여 남성이 이 기능성 완충성능 러닝화를 인정했음을 알 수 있다. 여성의 D 모델에 대한 전반적인 선호도는 비교적 높았으며, 가격을 제외한 나머지 4개 항목은 모두 33%를 초과하여 여학생은 구조적 완충에 재료적 완충을 더한 러닝화를 더 선호하지만 이형 완충은 보통 수준임을 알 수 있다. 동시에 2위를 차지한 A 모델은 전체적으로 좋은 가격으로 높은 선호도를 차지하고 있다. 가격 면에서 A 모델은 모두에게 인기가 있고 나머지 세 모델은 거의 동일하며 아동은 빠르게 발달하

기 때문에 부모들은 낭비를 피하기 위해 신발에 많은 돈을 쓰는 것을 꺼린다. 착용감 측면에서 구조적 완충이 있는 A, C, D 모델이 B 모델보다 훨씬 우수하여, 아동이 구조적 완충능력이 있는 러닝화를 선호함을 알 수 있다.

[표 8] 선호도 분석표(남)

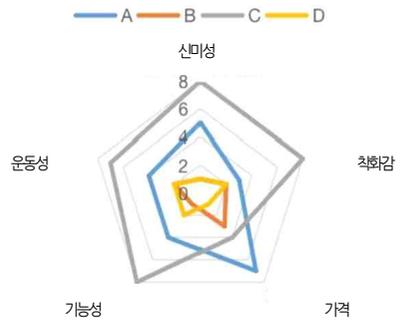
명칭		A : Nike Air Zoom Arcadia 2 가격 89000	B : Nike Air Zoom Pegasus 40 가격 109000	C : Nike Air Zoom Alphafly NEXT% 2 가격 189000	D : Cloud surfe 가격 14900
성능	요소				
1. 심미성	조형 디자인	5인 16%	1인 3%	8인 27%	1인 4%
2. 착용감	편안함 가벼움	3인 10%	2인 6%	8인 27%	2인 7%
3. 가격	가성비	7인 24%	3인 11%	4인 13%	1인 4%
4. 기능성	발 감각	4인 13%	1인 4%	8인 27%	2인 6%
5. 운동성	스포츠함	4인 14%	2인 6%	7인 23%	2인 7%

[표 9] 선호도 분석표(여)

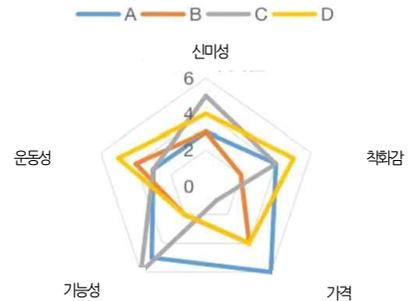
명칭		A : Nike Air Zoom Arcadia 2 가격 89000	B : Nike Air Zoom Pegasus 40 가격 109000	C : Nike Air Zoom Alphafly NEXT% 2 가격 189000	D : Cloud surfe 가격 14900
성능	요소				
1. 심미성	조형 디자인	3인 11%	3인 10%	5인 16%	4인 13%
2. 착용감	편안함 가벼움	4인 14%	2인 6%	4인 13%	5인 17%

3. 가격	가성비	6인 20%	4인 13%	1인 4%	4인 13%
4. 기능성	발 감각	5인 17%	2인 6%	6인 20%	2인 7%
5. 운동성	스포츠함	3인 10%	4인 14%	3인 10%	5인 17%

남자 데이터 분석



여자 데이터 분석



[그림 5] 선호도 데이터 분석도

4-2. 완충성

러닝하는 사람은 운동하는 과정에서 발이 받는 압력이 자신이 견딜 수 있는 최대 하중을 초과하게 되면 큰 낙하 충격을 받게 되는데, 이때 완충성 러닝화는 완충 재료 내부 구조의 변화와 낙하 충격력에 효과적으로 저항하여 완충작용을 하여 인체의 발 바닥이 받는 충격을 최소화할 수 있다.¹²⁾

12) NIGG B M, MORLOCK M. The influence of lateral heel flare of running shoes on pronation and impact 6. Med Sci Sports Exerc , 1987, pp.294-302.

[표 10] 완충성능 시험표

테스트 항목	테스트 방법	부위	구조적 완충				재료적 완충 (갈창 미포함)				
			A	B	C	D	B	E	F	G	
완충성	완충 mm	DS I	뒤꿈치	35.4	49.1	37	40.1	37.1	70.6	38.7	41.4
		DS I	앞꿈치	69.8	85	48.7	72.5	53.7	145.8	95.1	77.8
		DS II	뒤꿈치	176.9	118.2	140.5	157.9	152.3	222.3	258.3	142.6
		DS II	앞꿈치	206.4	166	154.2	175	158.4	248.8	339.4	170.9
		에너지회귀율	뒤꿈치	83.3	77.2	81.8	80.5	83.1	67.4	81.8	86.4
		에너지회귀율	앞꿈치	82	81	84.2	83.1	85.6	71.8	86.5	89.1
	운동 후 완충 mm (10 W)	DS I	뒤꿈치	40.7	50	37.8	43.9	38.6	74.5	62	36.6
		DS II	뒤꿈치	185.8	149.5	165.3	176.6	175.8	288	428.2	173.9
		에너지회귀율	뒤꿈치	86	80.6	84.8	82.8	86.8	68.1	85.3	87.6
		최대 변형	뒤꿈치	23.1	22.4	23.5	21.7	22.8	19.5	26.8	23.5
완충성능 G값	J400 4	뒤꿈치	8.3	8.9	8.5	8.7	8.8	11	9	8.5	
	J400 4	앞꿈치	9.9	10.4	8.8	11.3	10.2	13.4	13	9.2	

(1) 구조적 완충성능 측면에서 B 모델의 DS I와 DS II B의 수치는 나머지 3개 모델보다 현저히 높았으나, 충격 후 완충에 대한 에너지 회귀율은 80.6에 불과하였다. 이는 B 모델의 완충성능은 나머지 3개 모델보다 전반적으로 낮음을 의미하며, 앞, 뒤꿈치 위치에서의 완충성능을 비교하였을 때, A 모델의 완충성능은 176.9, 에너지회귀율은 83.3으로 나머지 3개 모델보다 높았고, 전체 완충성능 값을 비교하였을 때, C 모델의 완충성능 중 앞꿈치의 완충성능은 84.2로, 나머지 3개 모델보다 월등히 우수하였다. 특히 D 모델의 국부적인 완충성능은 최고가 아니지만, 전반적인 완충성능은 매우 우수하여 이 표현이 바람직함을 알 수 있다.

(2) 재료적 완충성능중의 에너지 회귀율에서 B(139.2)<F(168.3)<G(168.7)<E(175.5), 완충성능 G값 : B(24.5)<F(22)<G(19)<E(17.7), PEBA 완충성능은 P4U 및 ETPU보다 약간 높으며, E 모

델의 EVA 재료의 에너지 회귀율은 67.4, 앞꿈치는 71.8로 나머지 세 모델보다 현저히 낮으며, 최대 변형 : F(26.8)>G(23.5)>B(22.8)>E(19.5)>E(19.5)이다. F 모델은 변형이 가장 크고 E 모델은 가장 낮았으며, 이는 경도와 완충성능이 필연적으로 관련되어 있음을 나타낸다. EVA는 단단하고 완충이 좋지 않으며, 전체 재료의 완충성능과 결합하면 ETPU > PEBAP4U/D3O > EVA로, 아동용 러닝화 디자인에 ETPU 사용을 늘릴 수 있다.

4-3. 안정성

러닝화 완충 신발은 또한 제어라고 할 수 있는 우수한 안정성을 가져야 한다. 러닝화를 신고 달리는 과정에서 운동선수의 달리기 자세와 표준 동작의 차이로 인해 단계별 발바닥 내외측 압력차가 정상 범위를 초과하여 결국 인체의 발이 과도한 힘을 받아 부상을 당할 수 있다.¹³⁾

(1) 구조적 완충성능의 안정성에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 동일한 재료를 사용한 A, B, C, D, 4 모델의 러닝화의, 밀창과 미드솔의 경도는 A(48)>D(43)>C(41)>B(35), 밀도 또한 A(0.15)>D(0.12)>C(0.09)>B(0.08)로 나타났으며, 안정적인 탄력성은 C(13.5)>A(132.1)>D(131.8)>B(125.3)이며, A 모델은 뒤꿈치의 탄력성이 67.3, C 모델은 69.8에 달하였으며, 전체 신발 두께는 C(72.6)>A(67.09)>D(60.03)>B(52.63)이다. 전체 신발의 두께는 평균 굽이 30.57mm, 앞꿈치의 평균 두께는 20.71mm로, 완충구조의 디자인이 특히 중요함을 나타내며 완충구조의 국부적 증가는 완충성능을 향상시킬 수 있다.

(2) 재료적 완충 및 안정 성능에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 전체 신발의 경도는 B(35)<F(42)<G(44)<E(52)이며, 탄력성으로는 E(120.8)<F(124.8)<B(125.3)<G(133.3)로, 경도가 클수록 탄력성이 낮음을 충분히 나타낸다. 위의 데이터를 종합하여 F, G의 중저경도 42-44가 아동용 러닝화의 완충성능에 더 적합하다는 결론을 내렸다. 재료적 완충성능의 안정성 측면에서 ETPU는 아동에게 가장 적합한 재료이다.

13) 韩理琨, 弓太生, 儿童足底压力、功能鞋垫及童鞋舒适性 相关研究进展. 皮革科学与工程, 2019, pp.36-41.

[표 11] 안정성능 시험표

차원	시험 항목	시험 방법	부위	A	B	C	D	E	F	G
밀창	경도/도	J56 C	미드솔	48	35	41	43	52	42	44
		J56 A	아웃솔	71	52	54	59	67	56	60
	밀도g/cm ³	J60 A 방법	미드솔	0.15	0.08	0.09	0.12	0.19	0.13	0.1
			아웃솔	1.06	1.15	0.56	1.16	1.34	1.13	1.14
	DIN 내마모성 mm ³	J62	아웃솔	67.6	56	88.3	121.8	99.4	94.5	90.3
	전체 두께 mm	J67	뒤꿈치	37.42	31.24	36.2	32.98	30.68	31.69	29.8
		J67	앞꿈치	29.67	21.39	36.4	27.05	21.02	21.43	19.72
	깔창 두께 mm	J67뒤꿈치	뒤꿈치	5.43	3.07	2.18	3.63	4.6	5	6.06
		J67앞꿈치	앞꿈치	5.13	3.07	2.16	3.3	4.6	5	5.13
	앞뒤 낙차	J67	/	9.9	6.9	-0.2	5.9	9.7	10.3	10.1
	압축 변형	J59	미드솔	35	37	37	34	36	38	32
	탄력 성%	J400 4	뒤꿈치	67.3	61	62.7	66	60	64.6	65.4
		J400 4	앞꿈치	64.8	64.3	69.8	65.8	60.8	60.2	67.9

4-4. 소결

(1) 선호도 분석을 보면 남성 중 C 모델은 과장된 시각적 충격력, 심미성, 착용감, 기능성, 운동성 모두 다른 3가지 모델보다 월등히 우수하고, 가격 면에서는 A 모델이 다른 3가지 모델보다 우수하기 때문에 남성의 취향을 사로잡을 수 없으며, 남성은 과장된 스타일의 러닝화 디자인을 선호하고 완충성은 반드시 외관화되어야 한다. 여성과 남성의 차이는 매우 크며, 여성 중 D 모델은 심플한 디자인과 스포츠 속성으로 나머지 3가지 모델을 모두 앞섰고, A 모델은 여성이 가장 선호하고, C 모델은 발끝이 가장 좋으나 여성의 양극화가 뚜렷하지 않아 여성의 러닝화에 대한 시각적 감각과 완충성능의 디자인이 불분명함을 알 수 있다.

(2) 구조적 완충 데이터에서 특별한 구조적 완충에 대한 지탱이 없기 때문에, B 모델은 전체 완충성능이 나머지 3개 모델보다 낮고, D 모델은 종합 데이터가 비교적 균일하고, A 모델은 뒤꿈치 성능이 좋으며 C 모델은 앞꿈치의 성능이 좋았다. 구조적

완충 러닝화 4종 중, D 모델은 가장 강한 것은 아니지만, 종합적인 탄력성이 1위이고 경도도 적당하다.

(3) 재료적 완충성능 측면에서, 재료마다 경도가 다르며 종합 데이터를 통해 중저 경도 42-44가 가장 적합하다는 결론을 내릴 수 있으며, E 모델은 나머지 3개 모델보다 완충성능이 더 커서, EVA의 전반적인 완충성능이 좋지 않고 나머지 3개 모델은 E 모델과 F 모델은 균일하다. 러닝화는 탄력성이 더 좋으나, EVA는 탄력성이 좋지 않아 디자인에서 사용을 줄였다.

(4) 재료적 완충과 구조적 완충성능을 결합하여, 아동용 신발의 완충성능을 디자인 할 때, 구조적 완충 디자인을 적절히 배합하여 EVA 소재 사용을 줄인다. 디자인함에 있어서 D 모델과 같이 구조와 재료를 교묘하게 사용하였는데, 이 재료적 완충과 구조적 완충이 결합된 방식으로 디자인하면 아동의 성능 요구에 더 부합한다. 신발 밀창의 경도의 관점에서 볼 때 7종류 러닝화는 B, F, G 모델 재료의 경도와 밀도가 더 작고 구조적 완충이 결합될 때 경도가 더 크며, 신발 두께는 C 모델이 가장 두껍고 경도가 가장 낮다.

5. 결론

아동의 발은 지속적으로 성장하고 발달하므로, 적절한 신발을 제공하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 아동 러닝화의 완충성능 디자인에 대한 비교 연구를 소개한다. 많은 학자들의 연구 결과와 문헌 자료를 통하여, 아동 러닝화의 완충성의 두 가지 특징을 요약하였다. 이러한 요약 및 분석을 바탕으로, 본 논문에서는 시중에 판매되는 비교적 좋은 러닝화 7종류를 니열하고 8-12세 아동을 대상으로 30명의 아동을 니열하여 선호도 분석을 수행하고 재료적 완충 및 구조적 완충 측면에서 완충성능 실험을 수행하였다. 아동 러닝화 소재의 완충성능 수치를 보면 ETPU > PEBAP4U/D3O > EVA이고, 구조적 완충 측면에서 A 모델은 뒤꿈치, C 모델은 뒷 발바닥에 완충 구조를 재설계한 것이 완충성능이 더욱 좋다. 완충성능에 따라 아동 러닝화의 두께는 32+5mm, 앞꿈치 두께는 23.38mm일 때 완충성능이 가장 우수하며, D 모델의 완충성능이 종합적으로 가장 뛰어나다. 완충성능 테스트를 통해 아동의 러닝화를 디자인할 때 구조적 완충을 추가하는 등 국부적인 완

충성능으로 디자인할 수 있다. 그러나, 아동의 특수성을 고려하여 D 모델 방식을 채택할 수 있으며, 재료적 완충에 구조적 완충을 통합하면 가벼울 뿐만 아니라 완충도 가능하다는 결과를 도출해낼 수 있다. 앞으로 아동 러닝화 완충성능 디자인함에 있어서, 아동의 발 건강을 잘 유지하고 아동의 발달을 촉진하며, 운동에 대한 아동의 관심과 자신감을 높일 수 있기를 희망한다.

참고문헌

1. 이용구, 김윤혁, 달리기 중 신발 중저의 경도가 인체를 따라 흡수되는 충격에 미치는 영향, 의공학회지, 2010. Vol.31, No.1, 7호.
2. KONG P W, CANDELARIA N G, SMITH D R. Running in new and worn shoes: a comparison of three types of cushioning footwear, *Br J Sports Med*, 2009, Vol.43, No.10.
3. NIGG B M, MORLOCK M. The influence of lateral heel flare of running shoes on pronation and impact. *Med Sci Sports Exerc*, 1987, Vol.19, No.3.
4. 卓俊杰, 运动鞋减震回弹性测试方法及专用检测设备的研发, *计量与测试技术*, 2018, Vol.45, No.10, 6号.
5. 彭飘林, 不同硬度的鞋底 - 鞋垫组合对运动鞋减震性能的影响, *皮革科学与工程*, 2023, Vol.18, No.4, 40号.
6. 韩琨琨, 弓太生, 儿童足底压力、功能鞋垫及童鞋舒适性 相关研究进展. *皮革科学与工程*, 2019, Vol.29, No.03, 10号.
7. 唐振华, 运动鞋减震性能试验方法的研究, *皮革科学与工程*, 2010, Vol.33, No.1, 12号.
8. 刘欣华, 儿童鞋中后底硬度对跑步过程中下肢生物力学影响, *皮革科学与工程*, 2021, Vol.31, No.6, 15号.
9. 范雪, 3~6岁幼儿跑步动作发展特征及教学策略分析, *体育科学*, 2017, Vol.37, No.11, 12号.
10. 张伟娟, 张骁, 陈谌, 鞋结构设计对儿童足部发育的影响, *中国皮革*, 2015, Vol.44, No.16, 33号.
11. 汤运后, 测试方法对评价运动鞋底减震性能的对比研究, *中国皮革*, 2021, Vol.45, No.1, 09号.
12. 韩琨琨, 弓太生, 儿童足底压力、功能鞋垫及童鞋舒适性相关研究进展, *皮革科学与工程*, 2019, Vol.29, No.10, 03号.
13. 赵闯, 慢跑鞋减震鞋垫的设计与研究, *西安陕西科技大学 硕士论文*, 2013.