

워블메커니즘을 이용한 인버전 기구의 개발

Development of Inversion Machine Using Wobble Mechanism

김형준
서울산업대학교 공업디자인학과

Hyoung Jun Kim
Seoul National University of Technology

keywords : inversion machine, wobble mechanism, exercise equipment, optimal design

(요 약)

본 논문은 '거꾸리'라고도 불리는 스트레칭 운동에 이용되는 인버전 기구의 사용성을 워블메커니즘을 이용하여 효과적으로 개선시킨 가정용 인버전 기구의 디자인 개발에 관한 것이다.

근래 현대인의 삶에서 건강이 생활의 중심으로 대두되면서 운동을 즐기는 사람들이 늘어났고, 전신 스트레칭이 과다한 업무나 운동의 부작용으로 인한 디스크의 압박 해소에 효과적인 임이 일반인에게 널리 알려지면서 인버전 기구의 사용자가 증가하게 되었다. 그러나 기존의 수동 인버전 기구는 사용자가 테이블의 회전을 위해 무게 중심을 일일이 조정해야 하는 번거로움과 미숙련자들에게는 사용 미숙으로 인해 테이블이 갑자기 회전하는 안전사고 위험 등의 단점이 있었다.

이에 본 연구는 작고 단순한 구조로 큰 감속비를 내며 역전이 방지되는 워블메커니즘을 테이블의 회전 장치와 발목을 고정하는 장치에 도입함으로써 수동 조작 방식에서 자동 방식으로의 개선을 가능하게 하였다. 그 결과, 다양한 신체 조건의 사용자들에게 편리성과 안전성을 높여 주었고, 동력전달 장치 구조의 단순화를 통한 디자인 외부 요소의 단순성을 구현하였다. 이에 가정에서 사용자의 사용이 편리하고 설치 및 보관이 용이한 접이식 가정용 인버전 기구를 개발하였다.

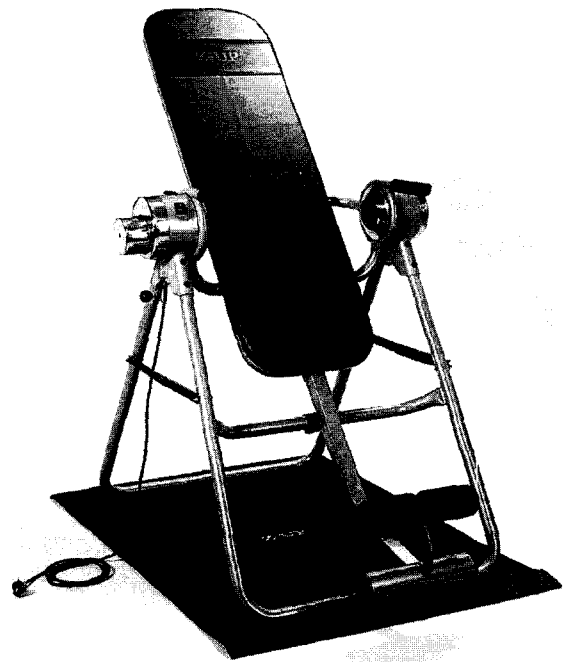
(Summary)

Inversion therapy has been used to relieve backpain, decrease pressure on the discs between vertebrae and stretch muscles as early as 400 BC. Gravity Guidance Inversion Table was introduced in 1960's and has been commercialized mostly for relieving backpain. in United States. But this machine needs to adjusted and possible sudden movement can cause severe injury to the users. In the 1990's, motor assisted inversion crain was introduced in Germany. But this inversion crain is too heavy and inconvenient to be used at home.

In these days, the inversion machine become popular equipment in fitness clubs and health care places for relieving backpain as well as stretching muscles. And there is a growing need for home use version of motorized inversion machine.

In this study, the motorized inversion machine was developed to be used for stretching exercise at home. The design became compact, simple and foldable as the results of adapting the wobble mechanism. And the machines are optimally designed by analyzing the torques applied to the machine by diverse physical size of users.

1. 디자인 배경 및 목적



[그림 1] 전체설명도

중력을 이용한 인버전 스트레칭은 BC400년경부터 허리 통증의 완화, 허리디스크 압박의 감소, 근육의 이완 등의 목적으로 활용되어 왔다. 1960년대에는 미국에서 인버전 스트레칭을 쉽게 할 수 있게 하는 수동식 인버전 기구가 개발 보급되기 시작하였고, 1980년대에는 독일에서 크레인방식의 모터구동 자동 인버전 기구가 개발되었다.

현재의 인버전 기구 시장은 헬스클럽 등의 업소용의 경우 모터 구동의 자동회전형이 주류를 이루고 있고, 가정용의 경우는 수동형이 주류를 이루고 있다. 그러나 수동형 인버전 기구를 사용할 때에 개인의 신체조건에 따라 기구 장치를 일일이 조정해야 하는 사용상의 불편함이 있고 또한 급격한 회전으로 인한 안전성 결여라는 단점으로 인해 가정용에서도 자동회전식 인버전 기구에 대한 요구가 높아져가고 있다.

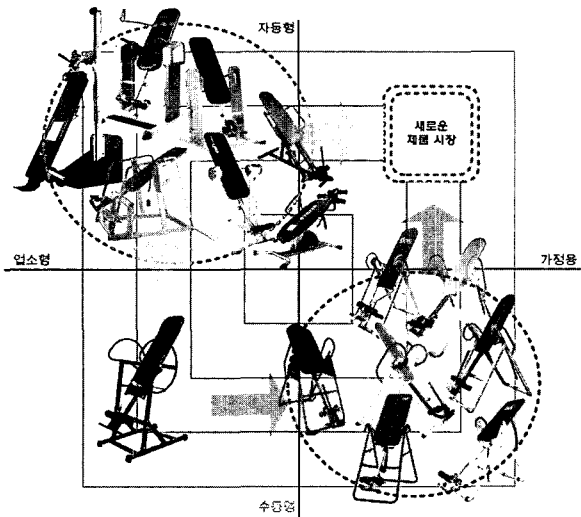
따라서 본 연구는 가정에서 사용할 수 있는 자동회전식 인버전 기구를 개발하기 위한 것으로, 워블메커니즘을 이용하여 구조적으로 단순하고 콤팩트한 디자인 개발, 구조적 안전성을 높이기 위해 회전력 분석을 통한 최적화 설계 개발, 또한 가정에서 설치 및 보관이 용이하도록 접이 가능한 디자인 개발을 목적으로 한다.

2. 제품 조사 및 분석

인버전 기구는 중력과 체중을 이용하여 사람의 몸을 거꾸로 경사지도록 하고 다리로 매달리게 하는 전신 스트레칭 운동 보조기구로 일반적으로 중력에 의한 허리 디스크의 압박을 줄여서 통증을 완화하는데 전문성을 갖고 있다.

이 기구는 수동형과 자동형, 업소용과 가정용으로 크게 나눌 수 있는데, 몸을 기댈 수 있는 등판과 이를 돌려주는 등판 회전 장치, 발목고정 장치, 지지프레임, 손잡이 등으로 구성되어 있다. 자동형의 경우에는 자동회전을 위한 모터 및 기어부와 조정 스위치가 구성에 추가된다.

수동식은 동력 장치 없이 사람이 무게 중심을 기구의 회전축에 일치하게 하여 등판 위에서 사용자 스스로 무게 중심을 변경함으로써 회전되게 하는 방식이다. 이 방식은 기구가 간단하고 동력이 필요 없는 이점이 있으나 사용자의 신장에 따라 기구 장치를 조절하여야 하고, 또한 급격한 회전이 일어날 수 있어 안전성에 위험을 초래할 수 있는 단점이 있다.



[그림 2] 인버전 테이블 제품의 포지셔닝 맵 (positioning map)

그림 2의 인버전 기구 제품의 포지셔닝 맵(positioning map)을 통해 분석한 시장 동향은 다음과 같다.

업소용제품은 최근 몇 년 사이 수동형에서 자동형으로 교체되고 있는 추세에 있다. 이는 다양한 사용자가 있는 휘트니스 클럽 등에서 수동형을 사용할 경우, 개인의 신체 조건에 따른 무게 중심의 조정 방법이 복잡하여 자동형에 비해 사용성이 현저하게 떨어지고 안전사고의 위험이 있어 자동형의 구입 가격이 고가임에도 불구하고 업소용으로는 대부분 자동형을 선호하고 있는 것으로 분석되었다.

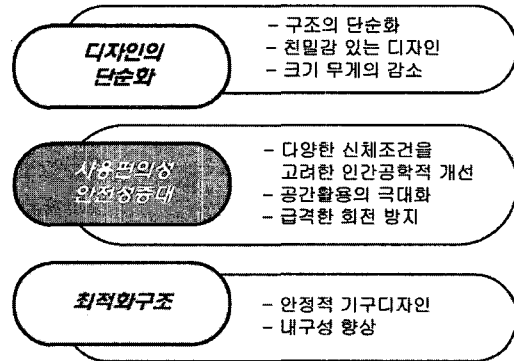
가정용은 여전히 수동형이 많은 비중을 차지하고 있는데 이는 수동형이 자동형에 비해 구매 부담이 적은 이유도 있지만 자동형의 경우 큰 부피와 무게로 인해 가정에서의 설치 보관이 용이하지 않기 때문인 것으로 분석되었다.

업소에서는 인버전 기구가 사용성 개선과 안전성 확보를 위해 자동형으로 교체되고 있고, 다른 한편으로는 가정에서 사용, 보관이 용이한 자동 인버전 기구의 요구가 증대되고 있다.

3. 디자인 컨셉

따라서 본 연구는 가정용 자동형 인버전 기구를 개발하기 위한 것이다.

주요 디자인 컨셉은 워블메카니즘의 콤팩트한 구동 장치의 적용과 외부 디자인 요소로의 연계로 전체 구조의 단순화를 이루고 친밀감 있는 기구의 디자인을 실현한다. 그리고 다양한 신체 조건의 사용자를 고려한 인간공학적 디자인, 가정에서 공간 활용을 극대화할 수 있는 디자인, 최적화 구조의 안정감 있는 기구의 디자인을 컨셉으로 설정하였다.

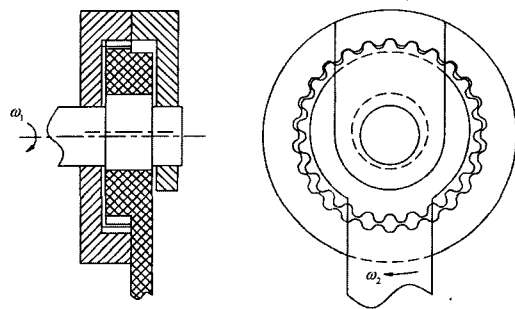


[그림 3] 가정용 전자동 인버전 테이블의 디자인 컨셉

4. 디자인 전개

4-1. 워블메카니즘의 적용

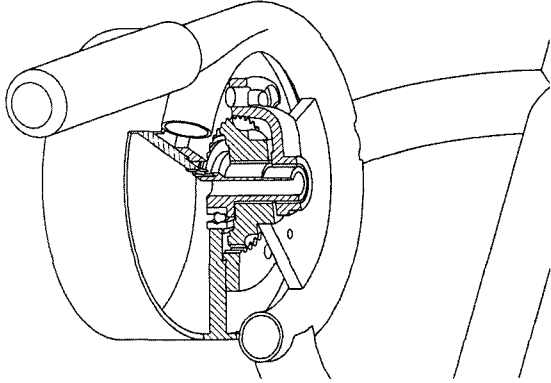
작고 단순한 구조로 큰 감속비를 내며 역전이 방지되는 워블 메카니즘을 등판과 발목고정의 구동장치에 도입함으로써 기존 자동형 인버전기구 제품들에 비해 구동부의 경량화와 소형화를 구현하였고 가정용 제품으로서 수동 조정 방식에서 자동 조정 방식으로의 개선을 가능하게 하였다.



[그림 4] 워블메카니즘(Wobble mechanism) 구조도

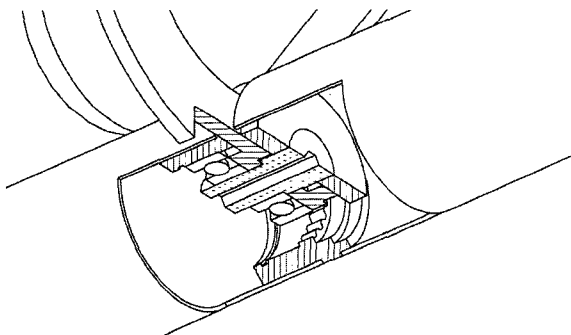
그림 4는 워블메카니즘의 구조도이다. 보다시피 이것은 내측기어,외측기어, 편심축 그리고 편심축지대의 단순한 구조이다. 외측기어는 기구의 프레임에 고정되고 기어의 잇수는 외측기어의 잇수보다 1개 많도록 되어 있다. 편심축이 회전하면 외측기어가 편심량만큼 요동하며 감속되어 회전되는데, 여기서 외측기어의 잇수가 p 일때, 외측기어와 편심축의 감속비

는 $w_2/w_1 = -1/p$ 이 되어 큰 감속비를 얻게 된다. 또한 편심축 회전부의 마찰계수에 따라 역전을 조절할 수 있게 된다. 이러한 메카니즘은 1800년대부터 사용되어 현재에는 주로 자동차 의자의 조절 장치, 비행기의 호이스트 장치 등에 사용되고 있다.



[그림 5] 등판회전을 위한 위블메카니즘의 적용

그림 5는 이러한 위블메카니즘을 인버전 기구의 등판회전에 적용한 것으로 내측기어의 프레임 연결을 스위치 조작 판넬의 외부 디자인 요소로 활용하였고, 외측기어는 등판에 연결되어 등판의 감속회전을 이루게 한다. 이는 가정에서 사용되는 인버전 기구에 있어 구조적 기능 구현과 디자인의 단순화에 핵심적인 역할을 수행한다.



[그림 6] 발목고정 장치의 위블메카니즘 적용

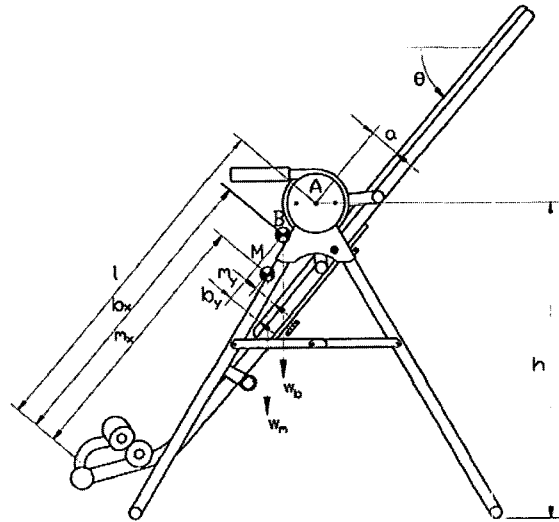
그림 6의 발목고정장치 또한 위블메카니즘을 적용한 방법을 나타내는데, 내측기어의 프레임 연결을 디자인 외부요소인 발판의 역할을 겸하도록 디자인하였고, 외측기어 조합 구조는 발목을 고정하는 역할을 한다.

4.2. 기구의 레이아웃

기구의 레이아웃은 사용시 편의성을 고려하고 최적화 설계를 통해 이루어졌다. 그림 7에서 기구의 등판은 회전축 A를 중심으로 회전하는데, 기구 작동 초기 상태는 사용자의 기구 접근의 용이성을 고려하여 $\theta=50$ 도로 하였고, 최대 회전은 사용자가 완전히 거꾸로 되었을 때 사용자의 등이 기구와 떨어져 오직 발목 고정만으로 거꾸로 매달릴 수 있도록 $\theta=93$ 도로 설정하였다.

그림 7에서 발판에서 회전 중심까지의 거리 l 은 기구의 최

적화 설계에 중요한 치수로 회전력의 분석을 통해 설정되었다.

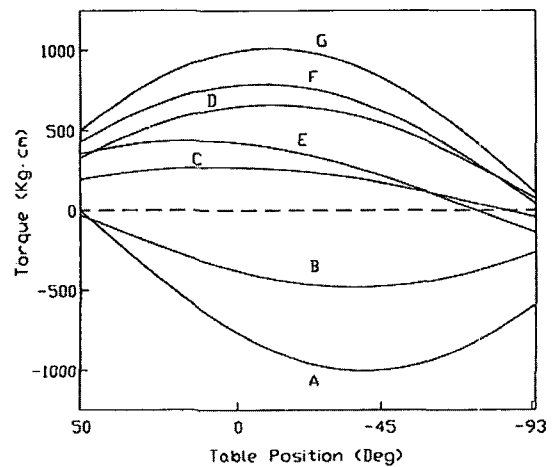


[그림 7] 인버전 기구의 레이아웃

점 B는 사용자의 무게 중심이고, 점 M은 회전하는 기구등판의 무게중심이다. 기구등판의 회전 각도에 따른 회전력 T 는 아래와 같다.

$$T = w_b \{ (l - b_x) \cos \theta - (a - b_y) \sin \theta \} + w_m \{ (l - m_x) \cos \theta - (a - m_y) \sin \theta \}$$

그림 8은 위의 회전력을 계산하는 식에 기구등판의 무게 w_m 을 17kg, 무게중심 위치 치수 m_x, m_y 를 각각 81cm, 1cm를 적용하고 표3의 인체측정치수를 적용하여 회전력 계산 결과 나타난 것이다. 여기서 발판에서 회전 중심까지의 거리 l 은 시행착오의 방법을 이용하여 시계 방향의 최대회전력과 반시계 방향의 최대회전력이 같도록 정하였다.



[그림 8] 회전력 분석

그림 8에서 l 의 길이가 97cm 일때 여자 5퍼센타일 신체의

[표 1] 인체측정치수

	신장 (cm)	무게 (w_b , kg)	무게중심 높이 (b_x , cm)	무게중심 폭 (b_y , cm)
기구사용 한계(A)	190.0	130.0	105.0	15.0
남 자	97.5%(B)	189.0	94.8	103.9
	50%(C)	175.5	73.4	97.0
	2.5%(D)	163.6	57.9	90.4
여 자	97.5%(E)	172.7	88.5	95.3
	50%(F)	160.5	61.1	88.6
	2.5%(G)	145.3	43.1	80.2

경우 시계방향의 최대회전력 1010kgcm이 되고, 신장 190cm 체중 130kg인 기구의 설정 사용한계인 경우 반시계방향의 최대회전력 1000kgcm이 되어 사용자의 여러 신체조건에서 최적의 기구 조건을 갖게 된다.

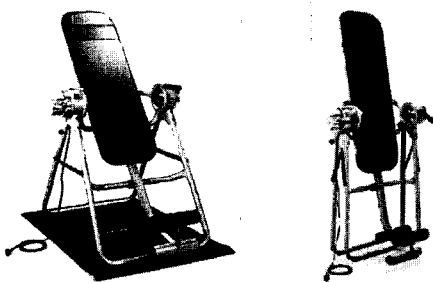
기구 사용 시 기구의 지면에서 발판까지의 최대 높이는 발판에서 회전 중심까지의 거리 l과 지면에서 회전 중심까지의 거리 h의 합으로 되어 사용자 신장의 최대한계값이 되는데, 기구의 사용 한계와 여유 공간을 고려하여 h의 길이를 95cm로 설정하였다.

4.3. 기구의 디자인

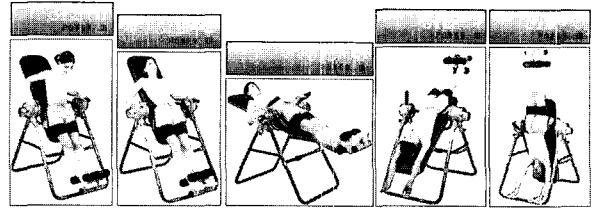
가정에서 사용하게 되는 기구로서 친밀감 있고 부드러운 느낌이 나도록 그림 9와 같이 원형의 파이프 재료를 전체적으로 사용하였으며, 제품 개발비용을 고려하여 디자인 하였다. 특히 등편 구동장치의 지지 구조를 원형 파이프를 사용하여 스위치 조작 판넬의 역할을 겸하도록 하였고, 발목고정 구동장치의 지지 구조도 원형파이프를 사용하여 발판의 역할을 겸하도록 하여 디자인의 단순화를 이루었다. 그리고 기구의 지지대를 원형 파이프를 사용하여 사다리꼴 형태로 디자인함으로써 안정감 있는 디자인과 무게 감소를 실현하였다.

인버전 기구를 사용하지 않을 때는 그림 9과 같이 사용자가 간단히 접어서 보관할 수 있도록 하였으며, 특히 보관 시, 자체적으로 직립하는 디자인을 함으로써 벽 등에 기대지 않고 독립된 공간에도 세울 수 있도록 하여 공간 활용의 극대화를 이루었다.

그림 10에서 디자인된 인버전 기구가 편리하고 안전하게 사용되는 상태를 나타내었고, 그림 11에는 가정의 거실에 설치 적용된 모습을 나타내었다.



[그림 9] 인버전 기구의 디자인



[그림 10] 인버전 기구의 사용



[그림 11] 가정용 인버전 기구의 설치 적용 예

5. 디자인 개발의 의의

현대인에게 있어 건강은 삶의 중요한 가치로 인식되었고, 이러한 인식은 삶을 더 풍요롭고 건강하게 유지할 수 있게 도와주는 기구의 디자인 활동과 연구에 많은 기회를 제공한다. 그에 따라 건강을 유지하고 증진시킬 수 있는 다양한 기구들이 개발되어 이용자들에게 도움을 주고 있다.

많은 건강 기구들 중에서 인버전 기구는 중력과 체중을 이용한 전신 스트레칭 운동 기구로서 과도한 업무나 운동의 부작용으로 인한 디스크의 압박, 통증, 스트레스 해소 등에 효과적임이 밝혀졌고, 따라서 사용자가 증가하고 있다.

업소용 자동형 제품이 가지는 장점을 살리고 수동형 기구의 단점을 극복하고 가정에서 안전하고 편리하게 사용할 수 있게 개발된 자동형 가정용 인버전 기구 디자인 개발의 의의는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 워블메카니즘을 등판회전과 발목고정방식에 도입함으로써 자동형이 갖는 사용상의 편리함과 안전성을 확보함과 동시에 경량화와 디자인의 단순화를 이룰 수 있었다. 이는 새로운 메카니즘의 적절한 도입이 디자인의 문제 해결에 결정적인 기여를 할 수 있음을 보여준 것이라 할 수 있다.

둘째, 기구 레이아웃의 최적화 설정으로 기구의 안정성과 내구성을 높인 디자인 개발을 하였다.

셋째, 가정용 기구가 추구하는 친밀감을 충족시켜 주며, 접어서 보관 가능한 편의성을 높인 디자인 개발을 하였다.

참고문헌

- Franklin D. Jones, "Ingenious Mechanisms for Designers and Inventors", Vol. 1, Industrial Press, 13th printing, 1988.
- 박경수, "인간공학", 영지문화사, 2003.
- 우홍룡, "디자인 사고와 방법", 창미출판사, 1996.