대한기계학회 주최

제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

설계 최종 보고서

참가부	대학부 (O)				
참가분야	공모주제 ( ) / 자유주제 (O)				
참가팀명	척추 수호자				
설계제목	척추 디스크 환자를 위한 자세 교정 재활 기구				
지도교수/교사	(소속)홍익대학교 (성명) 한인환 (이메일) ihhan@hongik.ac.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	김태후	홍익대학교 기계정보공학과			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	김태후	홍익대학교 기계정보공학과 / 4학년	taehu1015 @naver.com
2	진혜라	홍익대학교 디지털미디어디자인/3학년	tmxlzj9898@gmail.com
3			
4			
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 (　　) / 자유주제 (o)
참가팀명	척추 수호자
설계제목	척추 디스크 환자를 위한 자세 교정 재활 기구
대표자명	김태후
요약문	극심한 부상의 후유증으로 재활치료를 하는 사람은 드물지 않다. 재활치료엔 신체로 오롯이 감내해야 하는 부분이며 병의 종류에 따라 재활 방법도 무수히 많다. 그중 본 설계의 초점은 '디스크'이다. 재활을 스스로 할 수 있으며 재활의 정도를 자신 스스로 조절하며 재활의 부담감을 덜고 환자 스스로 치료법을 터득하는 것이다. 크게 기성 재활 기구보다 차별화된 부분을 언급하자면, 첫 번째 스스로 재활치료를 시도할 수 있는 설계 두 번째 기존 재활 방법이 아닌 신체에 무리를 최소한으로 하는 치료 목적 세 번째 신체 전체적으로 편안히 운신할 수 있는 설계 재활 기구로서 제작하지만 자기 스프링의 개념을 통해 다른 제작품도 설계할 수 있다는 점을 명시하고 싶다.
설계프로젝트의 입상 이력	※ 교외 출품실적이 있는 경우 작성 - 출품작명 : - 출품대회명 : - 수상 내역 : ※ 기 입상 프로젝트의 설계내용 및 차별설에 관한 세부사항은 별지(자유양식)를 사용하여 기술할 것

척추 디스크 환자를 위한 자세 교정 재활 기구

한인환*† · 김태후* · 진혜라*
홍익대학교 기계정보공학과·홍익대학교 디지털미디어디자인과*

Development of Posture Correction Rehabilitation Equipment for Spinal Disc Patients

Inhwan Han*†Tae Hu Kim*, Hye Ra Jin*
* School of Mechanical Engineering, Hongik University
* School of Digital Media Design, Hongik University

(Received April 19, 2020 ; Revised June 21, 2020 ; Accepted September 15, 2020)

Key Words: Rehabilitation Equipment(재활 기구), Spinal Disc (디스크), Magnetic spring(자기 스프링)

초록: 일상에서 흔히 볼 수 있는 스프링을 사용하는 기구는 많다. 스프링의 종류와 쓰임새에 맞게 각 기구에 적합하게 사용하지만, 스프링의 본질이 바뀌진 않는다. 자석의 인력과 척력을 이용하여 기존 스프링과 비슷하게 탄성을 이용할 수 있게 하며 기존 스프링의 단점을 최대한 보완할 수 있는 개발을 진행한다. 사람 신체를 떠받치는 이 기구를 발명함으로써 자기 스프링의 강도나 쓰임새가 다양함을 기대할 수 있다.

Abstract: There are many devices that use springs that are common in everyday life. It is appropriately used for each device according to the type and usage of the spring, but the existing spring does not change. By using the attractive force and repulsive force of the magnet, it is possible to use the elasticity similar to the existing spring, and development is proceeding to complement the shortcomings of the existing spring. By inventing this mechanism that supports the human body, it is expected that the strength and use of the magnetic spring will vary.

1. 서 론

오늘날 스프링은 물체의 탄성변형을 이용해서 에너지를 흡수 · 축적하고 완충 등의 작용을 하기에 기계제조에서 상당히 많이 사용된다. 스프링의 재료로 활용되고 있는 금속은 많은 문제점을 내포하고 있다. 그 문제점은 금속 재료를 사용함에 따라 많은 자원을 소비하게 되고 진동과 소음을 유발해 시스템에 부정적 영향을 끼치며, 또한 사용 빈도수가 증가함에 따라 탄성 계수가 변화되어 사용 수명이 짧아지기도 한다. 이런 단점을 보완하기 위해 영구 자석을 이용한 자기 스프링이나 철심에 코일을 감아 전류를 흐르게 하여 만드는 전자석을 이용한 자기 스프링이 개발되고 있다. 이 기술을 사용하여 재활 기구에 접목하고자 한다.

접목할 병의 재활 기구의 병명은 ‘척추 추간판 탈출증’ 이라 불리는 질병이며 흔히 ‘디스크’로 널리 알려져 있다. 이 병의 가장 큰 원인은

† Corresponding Author, ihhan@hongik.ac.kr
Ⓒ 2020 The Korean Society of Mechanical Engineers

좋지 않은 자세로 오래 앉아 있기 때문이다. 요추 추간판 탈출증의 초기 증상은 허리 통증이 아닌 다리 저림, 목의 뻐근함 등으로 시작하여 점진적 허리 통증으로 넘어가기 때문에 초기 증상만 보고 일반인들은 요추 추간판 탈출증임을 깨닫기 힘들 수 있다. 또한, 질병이 지속하고 악화됨으로서 치료 수단으로 수술을 결정하지만 요추 추간판 탈출증의 완벽한 치료나 예방은 좋은 자세를 상시 유지해주는 것이다. 하지만 인체란 아무리 좋은 자세라도 오래 유지하면 몸이 피로감을 느끼므로 본 재활 기구를 통한 반강제적 자세를 유지함으로써 요추 추간판 탈출증을 치료함을 목적으로 한다.

2. 설계핵심내용

2.1 설계 문제의 정의

스프링을 사용하여 탄성을 얻고자 하는 물체에는 모두 그 목적에 맞게 생김새와 크기, 강도 등 다양한 설정이 필요하다. 판 스프링, 토션 스프링, 인장 스프링, 압축 스프링 등 원하는 목적에 의해 쓰이는 스프링 종류만 해도 다양하지만 상부 계는 자석 사이의 반발력을 이용한 토션 스프링을 본뜬 자기 스프링을 설계에 접목한다.

스프링을 통 성을 사용하는 기존의 재활 기구를 보면, 철로 제작된 스프링의 탄성력을 이용하는 경우가 많다. 앞서 말한 스프링은 사용된 기간과 마모의 정도에 의해 원래의 탄성력을 잃기 쉽다.

그리고 가해지는 물리적인 힘에 탄성이 조절되기 때문에 임의적인 힘을 얻기 어렵다.

이러한 문제 하부 결하기 위해 본 발명에 일반 철 스프링을 대체하여 자기력을 이용한 스프링을 사용해 재활 기구를 다면 여러 문제점을 극복할 수 있다. 문제점 중 첫 번째는 계속된 사용에 마모 발생과 탄성 소모를 억제할 수 있다. 두 번째는 자기력을 조절함으로써 환자의 신체 수준을 고려한 재활이 가능하다. 자석 간의 인력, 척력을 토대로 발명한 기계가 자기부상열차이다. 근본적인 문제, 소음과 진동을 최소화해 환자의 척추와 허리에 부담을 줄여 환자 스스로 자신의 재활을 조절케 하는 것이다. 설계 원리는 Fig. 1 와 같다. 자기 스프링에 적용할 힘을 인력과 척력 두 가지를 표현해보았다. 본 설계는 인력에 해당하는 자기장을 조절하여 설계를 목표한다.

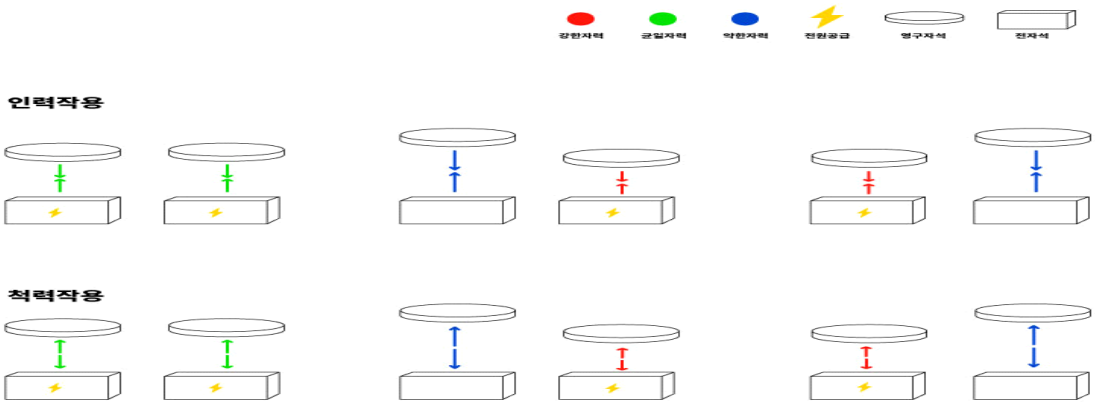


Fig. 1 Design principle

2.2 설계 분석 및 제약

2.2.1 기성 자기 스프링 비교

관련 특허의 출원번호 1020150023111(2015.02.16.)[1] 로서 '철도 차량용 자기력 스프링' 로서 철도 차량용으로 제작됨을 추측해본다. (Fig. 2)[2] 철도차량의 차체부와 대차부의 사이에 위치해 상기 차체부와 대차부 사이를 완충하는 기술이라고 한다. 상부 프레임과 하부 프레임이 고정되어 인장과 압축에 대한 효과가 좋다.

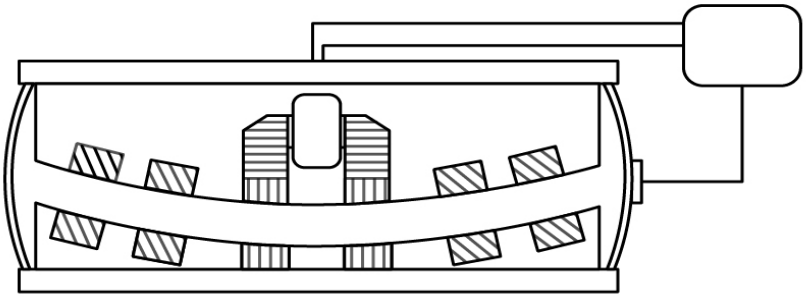


Fig. 2 Magnetic spring for a train[2]

2.2.2 설계 분석과 회피전략

기성 자기 스프링이 프레임이 고정되어 맞닿는 상*하부에 힘을 가하는 방식으로 인장과 압축에 용이하다면 본 설계는 영구 자석과 전자석에 프레임을 고정하지 않고 외부 프레임을 따로 제작하여 토션 스프링 역할을 대체하는 차별화를 두었다. 토션 스프링은 축선에 대한 회전 방향의 비틀림 모멘트를 받기 때문에 보통 한쪽 날개를 고정하여 다른 쪽 날개를 작용시켜 얻는 굽힘 탄성에너지를 사용하는 스프링이다.

2.2.3 설계 제약과 해결 방안

본 설계의 자기 스프링은 신체의 무게를 견뎌내기 위해선 상당한 자기력을 유지해야 한다. 또한, 프레임이 무게에 의해 부서지지 않으며 영구 자석과 전자석의 자기력을 방해하지 않는 조건을 만족해야 한다. ① 사람의 몸무게를 버티는 튼튼한 프레임. ② 강력한 자기장을 가진 전자석 제작 ③ 전자석의 자기력을 방해하지 않는 프레임. ④ 강력한 자기력과 자기력을 조절하는 정류기와 전압기

① , ③ 의 목적을 달성하기 위해서 나무와 합판을 가공하여 Fig. 3 와 같이 프레임을 제작하였다.

② 의 목적을 달성하기 위해선 강력한 자기장을 가진 전자석을 제작하여야 하는데 그것은 전자레인지 트랜스로 제작하여 강력한 전자석을 저렴하게 얻을 수 있다.

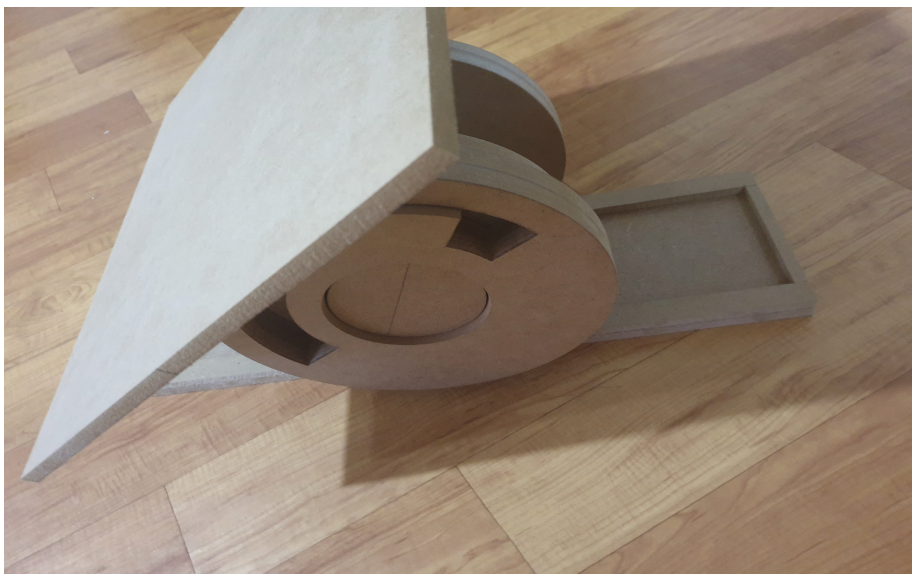


Fig. 3 Shape of frame

2.3 설계 방법

2.3.1 기구 전체적 구조

'척추 재활 기구' 의 전체적인 구조는 Fig. 4와 같다. 각 시트(sheet)에 자기 스프링이 부착되어 시트의 기울기를 조절하여 환자의 재활 정도와 신체의 편안함을 추구한다. 각 시트를 잇는 연결체는 고무와 같은 재질로써 Fig. 5와 같이 시트가 기울어짐에 따라 이완과 수축을 이룰 수 있게 한다.

이완과 수축을 통해 시트 경사의 변화는 시트와 고정된 자기 스프링을 물리적으로 이동하게 한다. 자유로운 좌우로의 이동을 위해 좌측부터 4번째 자기 스프링의 하판 하부에 바퀴를 달아 움직임을 부드럽게 한다. 우측 가장자리 위치한 자기 스프링은 바닥에 고정되어 척추 재활 기구가 활용될 경우 기구가 전체적으로 이동하지 않게 하는 주춧돌 역할을 한다.

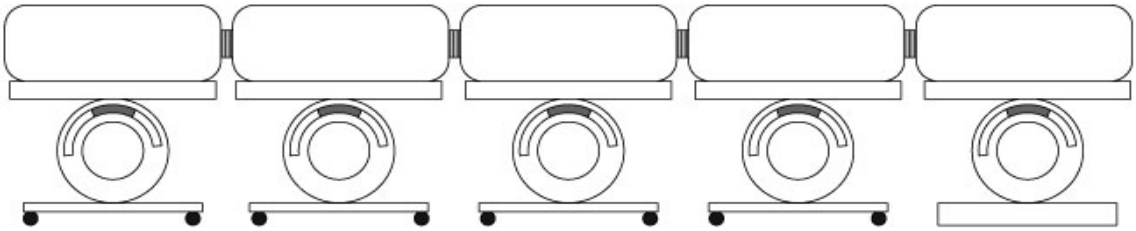


Fig. 4 overall structure (A)

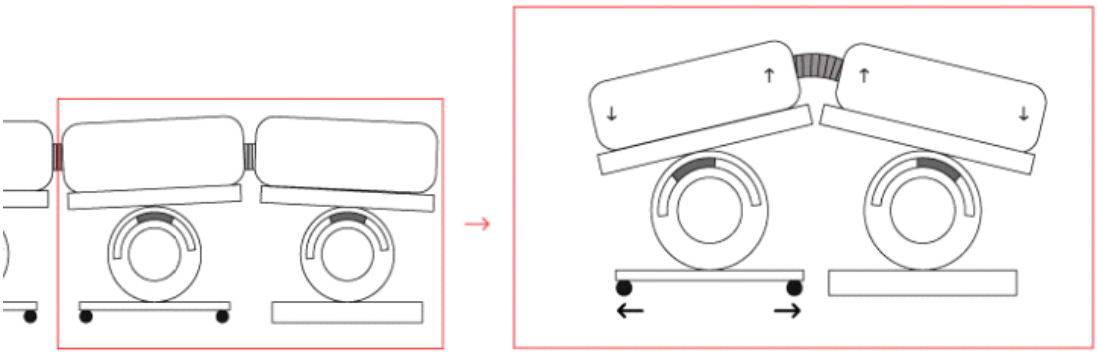


Fig. 5 Overall structure (B)

2.3.2 자기 스프링 설계 (frame)

Fig. 6은 자기 스프링 프레임의 설계조립도이다. Fig. 7와 같이 조립을 완성하여 프레임을 제작한다.

원통 프레임 상하로 판을 덧대어 상판에 영구 자석을 설치하고 하판에 전자석을 설치한다. 영구 자석과 전자석에서 자기장을 띄기 때문에 프레임 제작을 철 종류로 제작할 경우, 프레임과 자석 전자석이 프레임과 임의로 부착될 뿐만 아니라 자기장에도 영향을 준다. 전자석에 전압이 가해질 때, 영구 자석과 호응하여 정확한 힘을 받기 위해서는 프레임을 나무와 합판 목재로 결정하였다.

(프레임의 설계조립도 중 '5' 의 '날개'는 프레임에 덧댄 상판과 하판이다.)

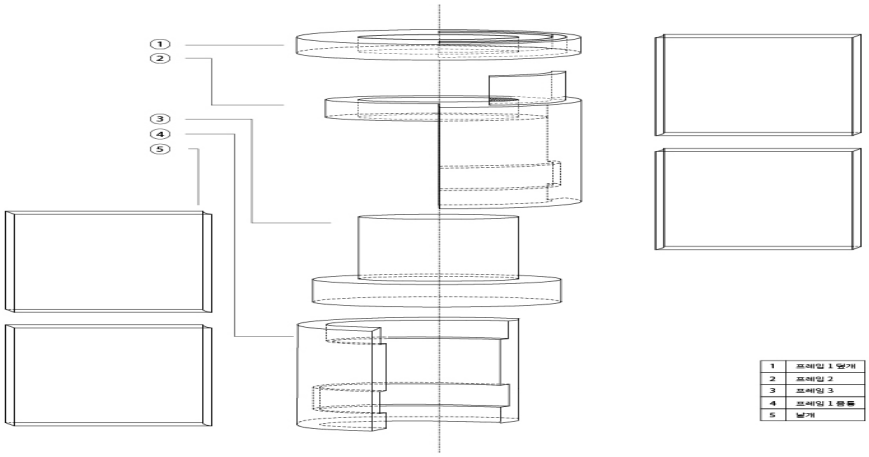


Fig. 6 Design assembly drawing (A)

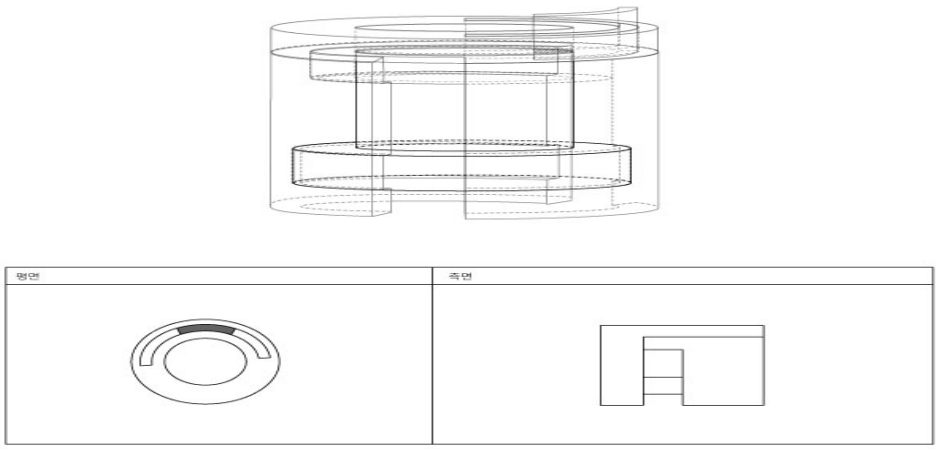
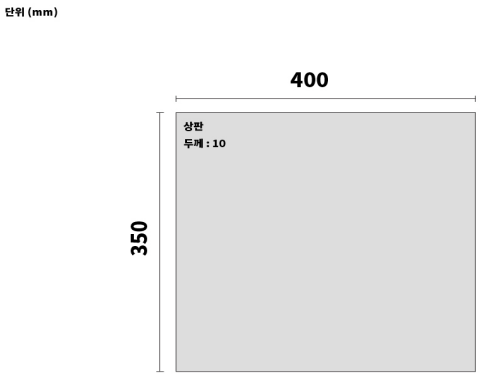


Fig. 7 Design assembly drawing (B)



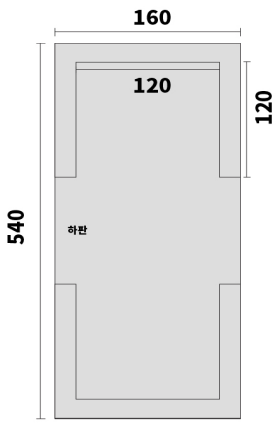


Fig. 8 Design drawing size(Top) **Fig. 9 Design drawing size(Bottom side)**

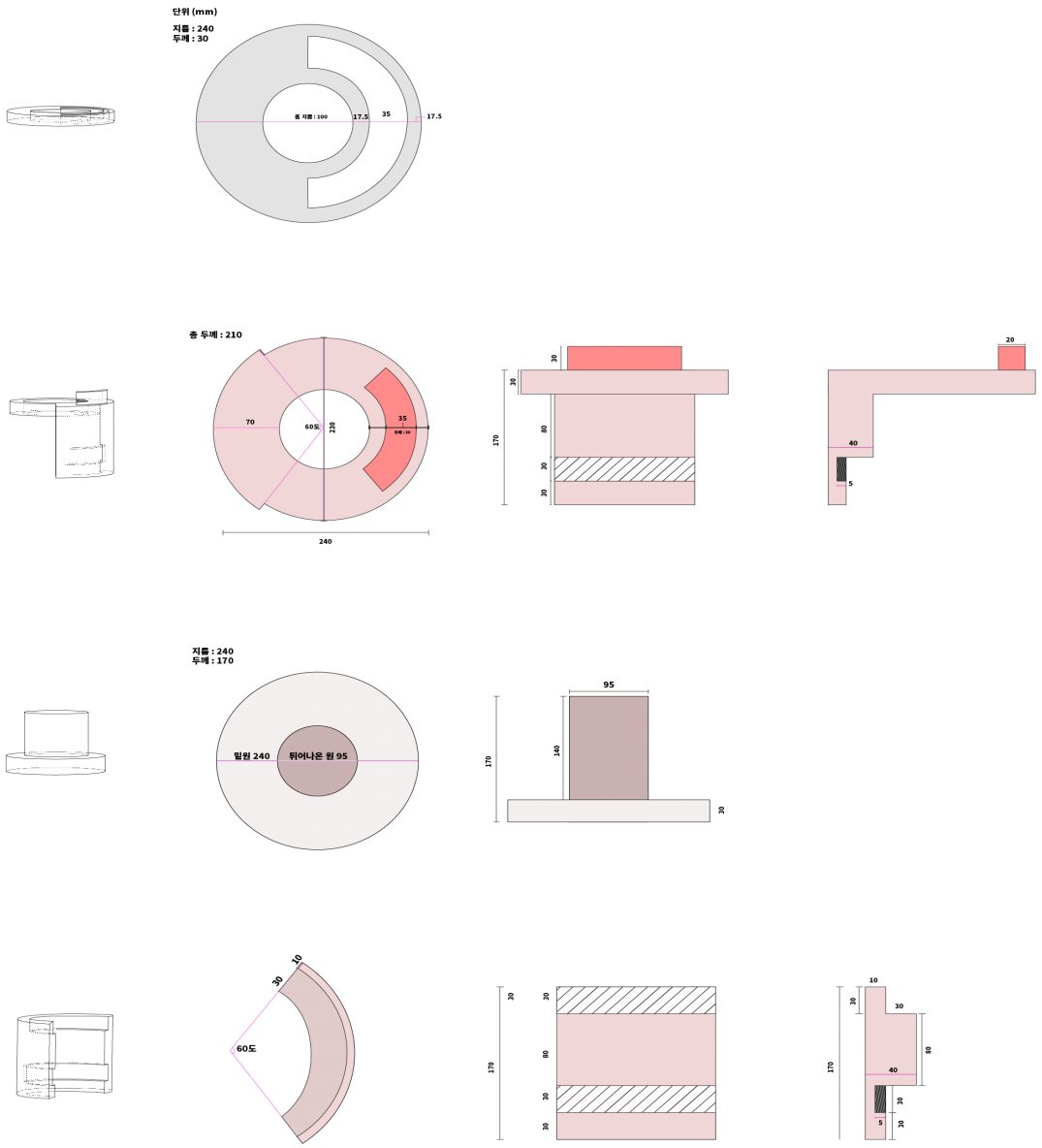


Fig. 10 Design drawing size(cylinder)

2.3.2 자기 스프링 설계 (Magnet)

영구 자석에 이용될 자석은 네오디뮴(Nd) 자석이다. 기타 사마륨코발트, 페라이트, 고무 등의 자석 물질보다 쉽고 저렴하게 구할 수 있으며 대략 70℃ 이하의 온도에선 자력을 잃지 않는다. 또한, 자력이 세기가 강하기 때문에 선택하였다.

2.3.2 자기 스프링 설계 (Electromagnet)

자기 스프링의 전자석은 전자레인지의 트랜스를 분해하여 얻는다. 전자레인지 트랜스는 받아들여진 전압을 승압하거나 강압하는 용도로 쓰인다. 즉, 가정용 전자레인지가 220V의 전압을 받았을 때, 2000V

가량의 전압으로 승압할 수 있다. E.I 코어(Fig. 11)에 맞게 절단하게 되면 1차 코일과 2차 코일이 보이므로 2차 코일을 제거해야 한다. 1차 코일은 220V를 받아들이고 2차 코일에서 2000V의 효율을 내기 때문에 2차 코일을 남겨두게 되면 감전에 큰 영향을 받을 수 있다.

Fig. 11 Microwave trance process

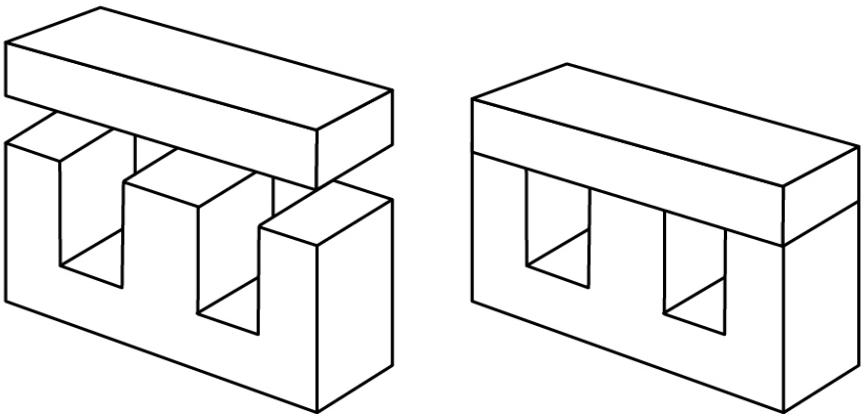


Fig. 12 E.I core (A)

E.I 코어의 성공적인 절단 사례 (Fig. 13) E.I 코어의 실패 절단 사례 (Fig. 14)

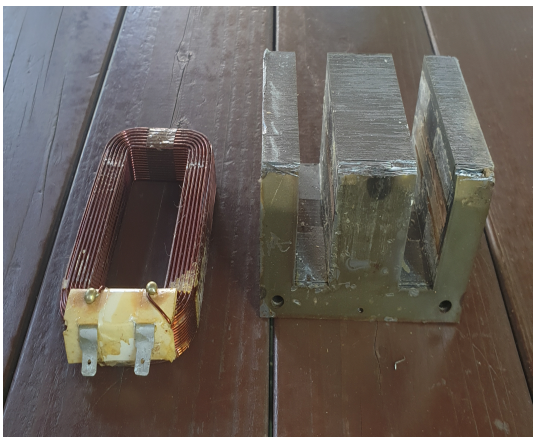


Fig. 13 E.I core (B)

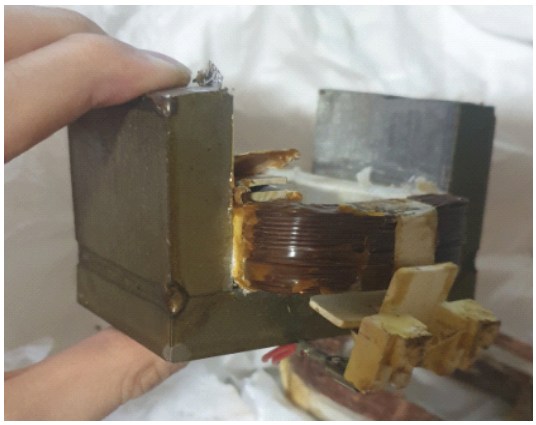


Fig. 14 E.I core (C)

3. 결과 및 토의

3.1 최종결과물 작동 원리

3.1.1 작동 원리 (Electromagnet)

트랜스를 이용해 제작한 E 코어에 1차 코일을 끼운다(**Fig. 15**) 그 이후 코일에 전류를 흘려주면 Fig. 1의 법칙에 따라 전류의 방향에 자기장 방향도 결정된다. 이때 E 코어만 존재하는 Fig. 15은 자기장이 외부로 새어나가 강력한 자기력의 띄게 된다.

반대로 EI 코어가 접착되어 있다면 내부에서 자기장이 생성되어 외부에 약하게 자기력을 띄게 된다.

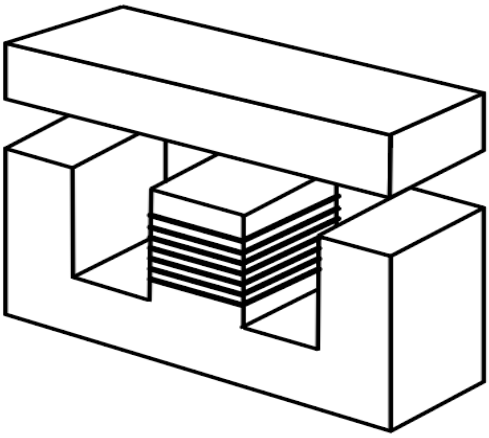


Fig. 15 E core

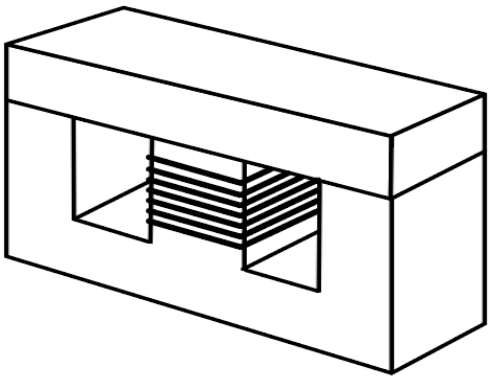


Fig. 16 EI core

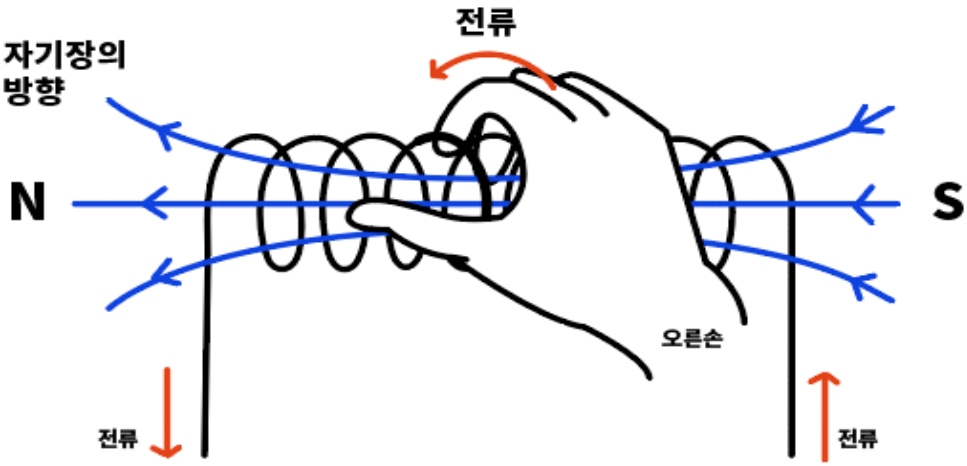


Fig. 17 Law of clockwise screw

3.1.2 작동 원리

상판 하부에 붙어 있는 영구 자석과 E 코어로 제작된 전자석, 전자석에 전압을 가해 자기장을 띄면 영구 자석인 네오디뮴 자석이 부착된 상판이 전자석 쪽으로 끌어오게 하는 원리이다.

상판이 한쪽으로 치우쳐 있을 때, 나머지 한쪽은 붕 떠오르게 된다. 완급을 조절하고 싶을 땐. 붕 떠오른 쪽의 전압을 높여 자기장을 강하게 한 후 균형을 맞춘다.

3.2 최종결과물

Fig. 18 Final product (frame)

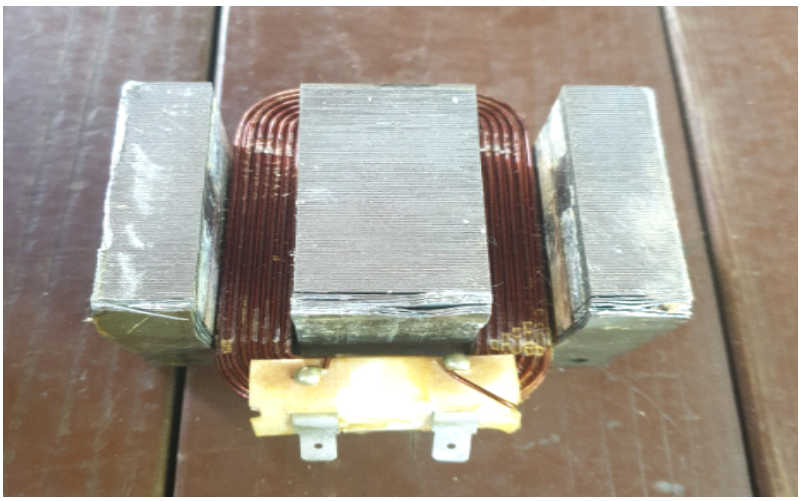


Fig. 19 Final product (Electro Magnet)

Fig. 20 Assembled final product

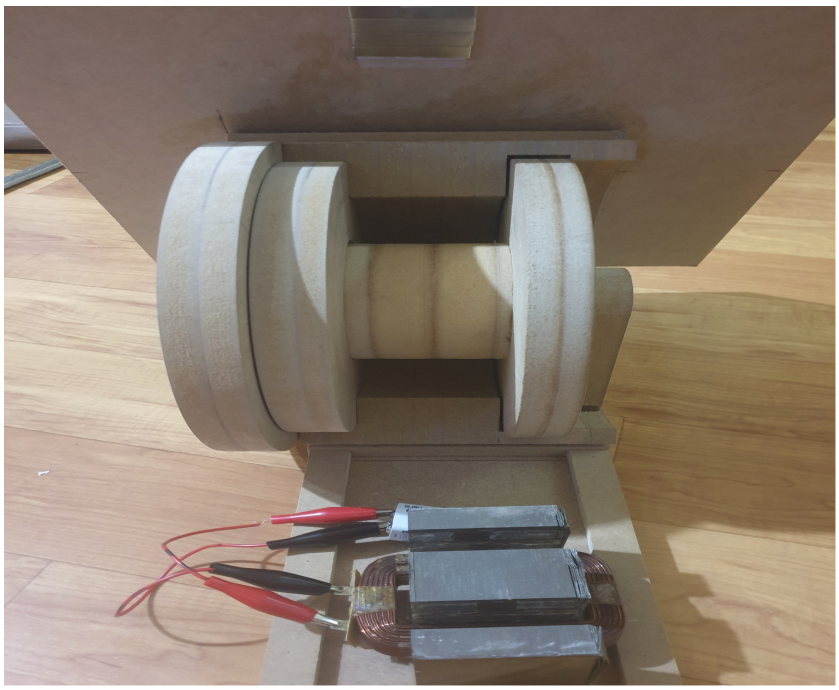


Fig. 21 Assembled final product

Fig. 22 Assembled final product

3.3 최종결과물 장단점 및 의의

본 설계의 결과물 “척추 디스크 환자를 위한 자세 교정 재활 기구” 는 척추 디스크 환자의 재활을 목적으로 두고 제작하였다. 척추 디스크 환자의 제일 빠른 치료 방법은 수술이다. 하지만 수술은 디스크 환자의 병을 일시적으로 완화 시켜주는 것이지 절대적 완치가 아니다. 디스크 환자의 궁극적 완치는 재활치료를 통한 꾸준히 좋은 자세를 유지 시키는 것이다. 그러나 재활치료는 물리치료사의 도움을 수반하여 이뤄지거나 환자 홀로 쉽게 이루어지지 않는다. 또한, 간편한 수술이라는 방법이 있기에 재활에 도움되는 기구를 찾기 드물다. 디스크 환자의 재활 중 가장 좋은 방법은 ‘요추 전만 자세’ 이다. 요추를 활처럼 휘어 가슴을 편 상태인데, 본래 사람들은 몸에 좋은 자세를 오래 유지하기 힘들고 곧이어 편한 자

세를 취하곤 한다. 좋은 자세를 오래 유지하는 것이 힘들기에 누워서 물리적으로 허리를 활처럼 휘게 한다. 그리고 3자의 도움 없이 기구를 조절해 재활의 완급을 스스로 조절할 수 있게 한다. 허리를 제외한 신체들도 자세를 오랫동안 유지 시키기 위해 목 무릎 부위의 편히 둘 수 있게 자기 스프링이 부착된 시트를 5기로 제작한 까닭이다. 단점은 영구 자석과 전자석의 완만한 조절을 하기가 어렵다는 것이다.

사람의 몸무게가 개개인 다 다를뿐더러 신장도 다르다. 경사가 생길 곳이 개인마다 다르기에 설계에 고려가 필요하고 정확한 기준의 전압이 모르기 때문에 섬세한 완급 조절이 어렵다.

완벽한 설계를 위해선 많은 문제를 생각해보아야 한다.

4. 결 론

본 설계와 조사를 통해 다음 결론을 낼 수 있다.

첫 번째는 상판과 하판이 인력에 의해 맞닿으려 할 때, 완벽히 맞물려 떨어지기 위해선 상*하판의 길이만 맞춰선 안 된다는 것이다. 상판은 주로 인체에 닿는 시트의 크기에 의해 크기가 조절하기 때문에 제작에 크게 난항은 없다. 이어 하판을 제작할 때 상판과 정확히 맞아떨어지기 위해서 상판과 하판의 크기를 비슷하게 하면 된다고 생각했다. 하지만 상*하판 사이의 원통 지름의 변화에 따라 상*하판의 크기 제작이 쉽지 않다는 걸 알았다.

두 번째는 전압의 조절이다. 전자석의 자기력을 강하게 하여 한쪽으로 상판의 기울임은 쉬우나 반대편 상판의 전압의 완급 조절로 원하는 기울임을 얻기는 까다로웠다.

세 번째, 신체의 몸무게를 견디는 설계를 해서 많은 제약조건도 있고 아쉬운 부분이 꽤 많았다. 하지만 자기 스프링의 본질만 활용하여 다양한 곳에 쓰일 수 있다. 우선 토션 스프링을 모티브로 제작하였기에 토션 스프링 대체품으로 사용할 수 있다. 또한, 자석과 전자석으로 최근에 유행하는 공중부양 장난감을 제작하거나 자동으로 움직이는 장난감도 제작할 수 있을 것이다.

후 기

보통 시중에 판매되는 전자석은 자기력이 그다지 강하지 않다는 걸 알았다. 초등학교 과학 시간 솔레노이드 코일을 제작하는 방법에 애나멜선 코일을 무수히 감을수록 전자석이 강해지는 이론을 배웠고, 또한 본 설계에 적용할 생각도 하였지만 수 없이 감은 코일도 어지간하면 사람을 이끌 힘이 없다는 것을 알게 됐다. 가르침을 얻었달까 누군가가 무엇을 발명하고 제작한 제품은 노력 없이 출품된 게 아니라는걸, 설계에 참여하고 제작하면서 쉽지 않다는 것을 깨달았다.

참고문헌

<1> “키프리스” http://beginner.kipris.or.kr/
MAGNETIC SPRING FOR A TRAIN 출원번호 1020150023111 (2015.02.16.)

<2> Inhwan Han, 제28권 제 12호 pp.1942~1949,2004 Analysis of novel magnetic-spring actuators for portable units ***Trans. Korean Soc. Mech. Eng.A***