

발목 고정기구의 트리즈 기반 설계 Design Improvement of an ankle clamp with TRIZ

*김정훈¹, #김권희²

*J. H. KIM¹, #K. H. Kim(kwonhkim@korea.ac.kr)²

¹ 고려대학교 대학원 기계공학부, ² 고려대학교 기계공학부

Key words : TRIZ, synectics, ankle clamp, contradiction analysis, design evolution

1. 서론

생활 습관에서 오는 잘못된 자세, 근로 환경에서 오는 근골격계 부하, 부상 등에 기인한 척추의 변형은 여러 가지 통증과 증상을 유발하게 된다. 변형된 척추를 바로 잡기 위한 척추교정술에는 여러 가지 방법이 있으며 다양한 장비와 도구들이 사용된다⁽¹⁾. 본 연구에서는 TRIZ와 생태모방학적 접근을 통하여 척추교정 보조장비에 사용되는 발목 고정기구의 경량화와 사용 편의성을 증진시키는 설계 개선을 이루고자 한다.

2. 발목 고정기구의 설계

Fig. 1에 보인 척추교정보조 장치는 상부(head), 하부(bottom), 팔지지부(arm rest), 그리고 2개의 측면부(side)로 구성된다⁽²⁾⁽³⁾. 하부에는 매트가 장착되어 있고, 발목 고정기구(clamp)는 와이어를 통해 상부에 내장된 윈치에 연결되어 있다. 척추교정 시술자는 매트에 옆드려 있는 환자의 발목을 고정기구로 구속하여 원하는 높이와 수평위치로 견인한다. 이로써 환자의 척추는 적당한 수준으로 만족되어 시술자가 교정을 수행하기 위한 조건이 이루어진다.

2.1 기존 모델의 설계

Fig.2에 보인 발목 고정기구는 프레임(frame), 발목 지지부(ankle support), 체결구(toggle clamp), 와이어(wire) 등으로 구성된다. 상하로 분리되는 프레임의 한쪽 끝은 경첩으로 연결되어 있고 다른 끝에는 토글 클램프가 장착되어 있다. 스펀지 재질의 발목 지지부 역시 상하로 분리되어 있으며 각각 프레임의 내부에 장착된다. 시술자는 개방된 상하 프레임 사이에 환자의 발목을 위치시킨 후 토글 클램프로 체결하여 환자의 발목을 구속한다. 적절한 스펀지의 선택으로 발목의 굽기가 다른 여러 환자들에게 동일한 고정기구를 사용하는 것이 가능하다.

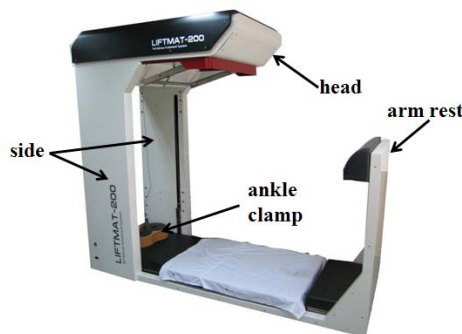


Fig. 1 An assistive device for spine manipulation

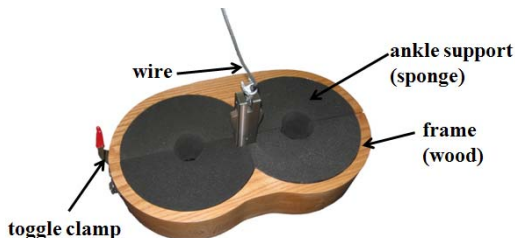


Fig. 2 Previous design of ankle clamp

2.2 기존 모델의 문제점

강도, 가공성, 비용 등을 고려하여 프레임의 재질을 목재로 선택하였다. 그러나 발목 고정기구가 전체적으로 너무 무겁다는 문제가 있었다. 또한 발목 고정기구를 환자의 발목에 체결하고 해제하는데 여러 단계를 거쳐야 하는 불편함이 있었다.

무게를 줄이기 위한 통상적인 개선안은 프레임의 두께를 줄이거나 재질을 변경하는 것이다. 사용 편의성을 높이는 방법으로 프레임의 개폐를 자동화하는 방안을 생각할 수 있다. 경량화를 위해 프레임의 두께를 줄이는 것은 강도의 저하를 초래할 수 있다. 재질을 변경하는 제작비의 상승을 가져온다. 사용자 편의를 위해 프레임 개폐를 자동화 하는 경우 추가적인 부품이 필요하게 되어 무게가 증가하고 구조가 복잡하게 된다. 최적화를 하더라도 성능향상과 비용 절감에 한계가 있게 된다. 통상적인 접근으로 획기적인 개선이 어렵다고 판단해 트리즈(TRIZ)와 시넵틱스(synectics)을 이용한 새로운 접근을 시도 하였다.

3. 모순해석을 통한 설계 개선

트리즈의 문제해결을 위한 방법은 물질-필드 해석(substance-field analysis), 모순 해석(contradiction analysis), 진화의 패턴(patterns of evolution)등이 있다⁽⁴⁾. 본 연구에서는 주어진 문제를 기술적 모순(technical contradiction)으로 정의 하였다.

3.1 발목 고정기구의 기술적 모순해석

발목 고정기구의 개선목표는 경량화와 사용편의성의 증대이다. 경량화와 관련된 개선변수는 ‘이동물체의 중량(1)’으로 볼 수 있고 사용편의성 관련 변수는 ‘조작의 편의성(33)’으로 볼 수 있다. 각각에 대한 상반변수로는 ‘응력 또는 압력(11)’, ‘물체의 안정성(13)’, ‘강도(14)’, ‘신뢰성(27)’과 ‘이동물체의 중량(1)’, ‘수리 용이성(34)’, ‘장치의 복잡성(36)’ 등으로 볼 수 있다. 위에서 정의한 개선변수와 상반 변수를 모순 행렬표에 적용⁽⁵⁾⁽⁶⁾하면 Table 1과 같이 모순 해결의 원리들을 찾을 수 있다. Table 1의 각 해결 원리들을 발생빈도에 따라 Table 2에 정리하였다.

3.2 모순 해석을 통한 설계 개선

Table 2에 수록된 해결 원리들 중에서 기존모델의 설계에 적용되지 않았으며 새로운 설계에 적용 가능한 것들을 선별하였다. 이들 중에서 구체적인 개선 방안을 제시한다고 생각되는 것은 ‘저가, 단기수명의 물체(27)’이다.

Table 1 Contradiction analysis for ankle clamp

Features to Improve	Worsening features	Inventive principles
Weight of moving object (1)	Stress or pressure (11)	10, 36, 37, 40
	Stability of the object's composition (13)	1, 35, 19, 39
	Strength (14)	28, 27, 18, 40
	Reliability (27)	1, 3, 11, 27
Ease of operation (33)	Weight of moving object (1)	25, 2, 13, 15
	Ease of repair (34)	15, 34, 1, 16
	Device complexity (36)	32, 26, 12, 17

Table 2 Frequency inventive principles

Features to improve	Inventive principles		Frequency
	No	Description	
Weight of moving object	1	Segmentation	2
	27	Cheap short-living objects	2
	35	Parameter change	1
	3	Local quality	1
Ease of operation	25	Self-Service	1
	1	Segmentation	1
	2	Taking out or Extraction	1
	15	Dynamics	1



Fig. 3 A simplified test of air tube concept for ankle clamp

이 원리에 입각하여 저가이며 교체 가능한 공기튜브를 사용하는 설계안을 도출 하였다. 대량으로 저렴하게 생산 가능한 공기 튜브의 중간 부분에 체결기구를 추가하여 발목을 구속하고 해제할 수 있다. Fig 3 은 예비 실험을 하는 모습이다.

튜브 중앙부의 체결은 자석이나 토글 클램프를 이용하는 방안을 생각할 수 있다. 이러한 구조는 경량화에 기여할 수 있으며 튜브 중앙부 체결장치의 설계에 따라 사용 편의성의 향상도 기대할 있을 것으로 생각된다. 그러나 공기튜브의 부피가 크고 시술자가 두 손으로 결합 및 해제를 해야 하는 불편함은 여전히 남아있게 된다.

모순 해석만으로는 좀 더 획기적인 해결안을 도출하는데 한계가 있다고 판단되어 시넵틱스(synectics)적인 접근을 시도하였다.

3. 시넵틱스를 이용한 설계 개선

Fig.1 또는 Fig. 3 에 보인 발목 고정기구의 조작은 시술자의 두 손을 필요로 한다. 또한 충분한 체결력을 확보하기 위하여 시술자는 일정 수준 이상의 근력을 사용해야 한다. Fig. 3 에서 실험자의 손으로 표현된 튜브 중앙의 체결기구가 매우 가벼운 체결기구로 대체된다면 경량화가 가능할 것이다. 새로운 체결기구가 조작자의 근력과 무관하게 충분한 체결력을 제공한다면 한 손으로도 조작 가능한 새로운 발목 구속장치의 설계가 도출될 수 있을 것이다.

시넵틱스⁽⁷⁾는 유추(analogy)를 이용하여 문제의 해결책을 찾는 방법이다. 유추는 ‘가벼우면서도 충분한 구속력을 발휘하는 방법’에 초점을 맞추어 시행하였다. 유추의 결과로 짐승이나 가축 등 포획 대상물의 속도와 힘을 이용하여 구속력을 얻는 울가미의 원리가 도출되었다. 이로부터 발목 고정기구의 상승으로 환자의 발목이 체중에 의해 자동으로 결속되는 것을 생각할 수 있다. 이는 상기 모순해석에서 ‘셀프 서비스(25)’의 해결원리로도 설명이 가능하다.

Fig 5 는 새로운 발목 고정기구를 나타낸다. 스트링 로더(string loader)는 줄을 통해 스펀지를 수용하고 있는 커버(cover)에 연결되어 있다. 환자의 발목을 감싸는 위치에서 시술자가 트리거로 스트링 로더를 해제하여 상승시킨다. 이로 인해 좌우의 커버는 발목을 감싸게 된다. 이후 스트링 로더 상단의 케이블을 통하여 원치로 발목을 상승시키면 환자의 체중에 비례하는 압력으로 발목이 구속된다. 발목의 구속을 해제하려면 발목 구속기구 본체에 대해서 스트링 로더를 하강시켜 트리거가 재장전되게 한다. 이때 커버는 탄성력에 의해서 Fig.5 의 상태로 복원된다.



Fig. 4 Examples of noose

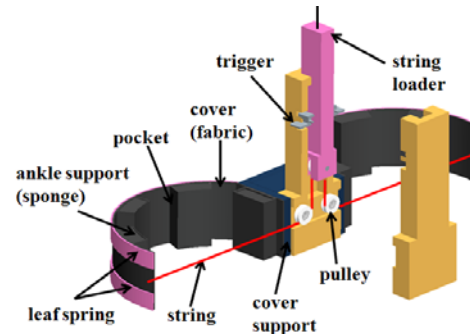


Fig. 5 New design of ankle clamp

4. 결론

본 연구에서는 트리즈와 시넵틱스를 이용하여 발목 고정기구의 설계를 개선하였다. 트리즈를 통하여 경량화 방안을 도출하였으나 소형화, 조작 간편화에 대하여는 한계가 있었다. 추가적으로 시넵틱스를 사용하여 최종 설계방안을 보완할 수 있었다. 트리즈와 시넵틱스를 상호 보완적으로 사용한다면 더욱 효율적으로 문제의 해결방안을 찾을 수 있다고 판단된다.

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구 재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임(2010-001641).

참고문헌

1. Jung, H. S., "An Ergonomics Approach for Developing Korean Style Chiropractic Table", Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol. 22, No.52, pp. 323-335.
2. Moon, Y. H., Kim, K. H., "High Stiffness Frame Design for a Spine Manipulation Device", KSPE Autumn Conference 2009, pp. 423~424.
3. Kim, K. H., Yu, H. S., Chae, S. W., Kim, J. H., "Raising machine for spine treatment", Korean Patent Application, 10-2009-0075149, 2009.
4. Victor R. Fey, Eugene I. Rivin, "Innovation on Demand: New Product Development Using TRIZ", The Journal of product innovation management, Vol. 24, No. 6, pp. 635~636.
5. Lee, K. S., Choi, J.H., "A Conceptual Design of New Automatic Bicycle Transmission by TRIZ and Design Axiom", Transactions of the Korean Society of mechanical engineers. A, 2009, Vol. 33, No. 3, pp. 269~275.
6. Cho, C. H., Kim, K. H., "Product development with TRIZ: design evolution of deburring tools for intersecting holes", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 24, No. 1, pp. 169~173
7. "SYNECTICS-The development of Creative Capacity", 1971, William J. J Gordon Collier Books.