

신경근육질환 환자를 위한 운동

조 한 얼^{1,2}

¹연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 재활의학교실

²연세대학교 희귀난치성 신경근육병 재활연구소

Exercise for patients with neuromuscular diseases

Han Eol Cho, MD^{1,2}

¹Department of Rehabilitation Medicine, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

²Rehabilitation Institute of Neuromuscular Disease, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Neuromuscular diseases (NMD) vary widely with regard to their onset, progression, and symptoms, which include muscle weakness, sensory loss, pain, fatigue, and joint contractures. Owing to this diversity, creation of a unified exercise therapy approach is challenging.

Current Concepts: Exercise recommendations for patients with NMD prioritize maintenance of patients' current functional status, prevention of further decline, and provision of compensatory training. Conventionally, high-intensity exercises are not recommended owing to the risks of overwork weakness and muscle injury. Recent studies indicate that tailored aerobic exercises can improve endurance, cardiovascular function, and overall health without worsening muscle injury. Flexibility exercises are essential to prevent joint contractures. Resistance training should focus on avoidance of high-intensity and eccentric exercises and on maintenance of rather than an increase in muscle strength.

Discussion and Conclusion: Evidence regarding the benefits of exercise in patients with NMD is inconsistent. Aerobic exercise is usually safe and may help maintain function and increase maximal oxygen uptake; however, low-intensity exercise is preferred to avoid fatigue and muscle injury. Resistance training may help preserve muscle strength in some patients; however, high-intensity workouts are not should be avoided to mitigate the risk of muscle overload and injury. Tailored exercise programs designed according to disease characteristics are essential. Further well-designed, large-scale studies are necessary to establish effective and safe exercise guidelines for patients with NMD.

Key Words: Neuromuscular diseases; Exercise; Muscle stretching exercises; Endurance training; Resistance training

서론

신경근육질환은 일반적으로 전각앞뿔 세포(anterior horn cell)에 이상이 있거나, 그 하부의 말초신경에 이상이 있는 경우, 신경근 접합부에 문제가 있는 경우, 또는 근육 자체에 문제가 있는 경우 발생한다(Table 1). 신경근육질환은 각각에 따라 질병의 발생 및 진행, 경과가 모두 다르다. 어떤 질환은 아주 가벼운 경과를 보이거나, 어떤 질환은 매우 빠르게

Received: July 28, 2024 Accepted: August 28, 2024

Corresponding author: Han Eol Cho

E-mail: wtzephyr@yuhs.ac

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Examples of neuromuscular diseases

Category	Types of diseases
Diseases of anterior horn cell	Spinal muscular atrophy, amyotrophic lateral sclerosis, post-polio Syndrome
Peripheral nerve diseases	Charcot-Marie-Tooth disease, chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy, hereditary neuropathy with pressure palsies, Guillain-Barré syndrome, local neuropathies, non-specific neuritis, chronic idiopathic axonal neuropathy, etc.
Neuromuscular junction diseases	Myasthenia gravis, Lambert-Eaton myasthenic syndrome, etc.
Muscle diseases	Duchenne muscular dystrophy, Becker muscular dystrophy, facioscapulohumeral muscular dystrophy, limb girdle muscular dystrophy, Emery-Dreifuss muscular dystrophy, oculopharyngeal muscular dystrophy, myotonic dystrophy, congenital muscular dystrophy, Pompe disease, inflammatory myopathies (polymyositis, dermatomyositis), etc.

진행되고, 심각한 결과를 초래한다. 또한 질환에 따라 근력 약화, 감각 상실, 통증, 피로, 관절 구축이 동반되거나 동반되지 않을 수도 있다. 이 모든 질환을 하나로 묶어 운동 요법을 설명하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 이 논문에서는 신경근육질환 환자들의 운동에 대한 일반적인 주의 원칙을 설명하고, 몇몇 빈도가 높은 질환에 대한 연구 결과들을 살펴볼 것이다.

신경근육질환 환자에서 운동의 주의사항

일반적으로 운동을 권고할 때는 기능을 높은 수준까지 올리는 향상에 목표를 둔다. 그러나 신경근육질환 환자의 경우 질환의 특성 상 기능의 향상보다는 현재 기능 상태를 유지하도록 하고, 추가적인 기능 소실을 예방하도록 하며, 이미 발생한 기능 상실에 대한 대안책을 훈련하는 것을 운동의 목표로 해야 한다는 점을 유념할 필요가 있다.

신경근육질환 환자들에게 운동을 처방할 때는 신중하고 체계적인 접근이 요구된다. 전통적으로 신경근육질환 환자들에게 운동이 권장되지 않았는데, 이는 이미 일상생활을 수행하는 것만으로도 환자들이 근육의 기능을 과하게 사용하고 있으며, 근육 질환의 경우 근육 자체가 취약하기 때문에 지나치게 과한 운동을 시행할 경우 근육 손상이 더 진행되고, 장기간 혹은 영구적인 근육 손상 및 근력 손실을 유발할 수 있다고 우려되었기 때문이다. Vinci 등[1]이 2003년에 발표한 연구는 이를 뒷받침하는 결과를 보여준다. 연구에서 샤르코-마리-투스병(Charcot-Marie-Tooth disease) 환자 중 상당수는 건강한 사람들과 달리 비우세손이 우세손보다 근력이 강한 것으로 나타났으며, 이는 과사용 약화

(overwork weakness)로 인한 것이라고 결론 내렸다. 이러한 이론적인 배경 및 결과들을 바탕으로 고강도의 반복적이고 무거운 저항 운동, 특히 고강도의 저항성 편심 운동은 근섬유를 손상시키기 때문에 해로울 수 있어 권장되지 않는다. 다만 최근 다양한 연구를 통해 환자들에게 유산소 운동이나, 맞춤 운동을 시행할 경우 지구력, 근력, 심혈관계 기능을 호전시킬 수 있다는 결과들이 나오고 있다. 즉, 운동의 종류와 강도를 적절히 선택하고, 운동 시 주의사항을 반드시 유념해야 한다는 의미이다.

기존의 신경근육질환에서 운동의 효과를 연구한 논문들은 대부분 무작위대조시험이 부족하고 잘 설계된 연구가 부족한 실정이다. 많은 연구들이 충분히 통제되지 않거나, 짧은 기간 동안 수행되거나, 혹은 사례 보고나 소규모 집단만을 모집하였다. 초기 연구들은 통제되지 않았으며, 비교적 짧은 기간 동안 수행되었고, 사례 보고나 소규모 연구 집단에 의존하고 있다[2]. 이는 신경근육질환은 희귀 질환이기 때문에 충분한 대상자를 모으기 어려울 뿐만 아니라, 신체적으로 취약하여 기능을 정확히 평가하는데도 제한이 있기 때문이다. 또한 질병의 자연 경과와 운동의 효과를 분리하는 것도 어려우며, 개별 환자의 상태와 질병의 특성 차이를 전부 고려하는 것이 어려워 연구 결과 해석에 주의가 필요하다.

신경근육질환 환자를 위한 유연성 운동

신경근육질환 환자에서 관절 구축은 흔히 발생하는 문제이다. 같은 관절 주변 근육들 간 힘이 서로 다르다면 관절은 특정 방향으로 고정되려는 경향이 있으며, 해당 근육이 단축되어 관절 위치가 고정된 상태가 지속되면 관절 구축이 발

생한다[3]. 질환별로 관절 구축이 다르게 일어나나 일반적으로는 근력 약화가 심할수록 관절 구축이 더 크게 일어나는 경향이 있다. 예를 들어, 뒤센느근디스트로피(Duchenne muscular dystrophy)의 경우 거의 모든 13세 이상의 환자에서 발목 저굴, 무릎 굴곡, 고관절 굴곡, 장경인대, 팔꿈치 굴곡, 손목 굴곡 등 심각한 구축이 일어나며[4], 척수근위축증(spinal muscular atrophy) II형에서는 대부분의 환자들이 무릎 신전, 발목 배굴, 고관절 신전, 어깨 굴곡, 어깨 외전, 팔꿈치 신전, 고관절 외전 등에서 흔하게 관절 구축이 일어난다고 알려져 있다[5]. 관절 구축이 발생하면 환자들은 움직임에 제한이 발생하여 실제 가진 기능을 충분히 활용할 수 없게 되고, 일상생활 활동의 수행에 제한이 생기며, 통증이 발생하기도 한다. 단순히 운동 기능이 어느 정도 보존된 환자들에게서만 관절 구축이 큰 영향을 미친다고 생각하기 쉬운데, 운동 기능이 부족한 경우에도 관절 구축으로 인하여 독립적으로 앉기가 되지 않거나 손목, 손가락 구축으로 인하여 컴퓨터 마우스를 사용하기 어려워지는 등 실질적으로 환자들의 삶에 큰 영향을 미치기 때문에 관절 구축을 방지하고 최대한의 관절 가동 범위를 유지하는 것이 매우 중요하다.

비록 신경근육질환 환자에서 유연성 운동의 효과에 대한 증거가 충분하지는 않지만[6], 이 운동이 관절 구축의 발생을 예방하는 데 도움이 된다는 것은 널리 받아들여지고 있다. 이미 진행된 관절 구축은 중재를 시행하여도 잘 해결되지 않으므로 관절 구축을 예방하기 위해서는 초기 진단과 치료의 시작이 필요하다. 문헌에 따라 제시하고 있는 방법에는 차이가 있지만, 환자의 근력 정도에 따라 수동운동, 능동보조운동, 능동운동을 환자의 상태에 따라 적절하게 선택하여 하루 2회, 매회 각 관절마다 10-15회 시행하는 것을 권장하며, 운동범위에 제한이 있는 관절은 제한이 있는 범위까지 부드럽게 최대로 늘려 15초 이상 유지하도록 한다. 견지 못하는 환자의 경우 주 3-5회, 걸을 수 있는 환자는 주 2-3회를 최소 스트레칭 수행 빈도로 권장하고 있다[7,8]. 환자와 가족들 또한 일일 스트레칭 프로그램을 수행할 수 있도록 교육받는 것이 도움이 되며, 물리치료사의 감독하에 정확한 치료 방법을 제공받는 것이 필요하다. 또한 단순히 근육과 관절의 수동적 스트레칭을 시행하는 것뿐 아니라 서 있기, 걷

기, 앉기 등 규칙적으로 동작을 취하는 것, 관절 구축 예방 또는 지연을 위한 유용한 조치인 부목 착용 등의 치료 전략이 함께 동반되어야 한다[8].

신경근육질환 환자를 위한 유산소 운동

정상인에게서 유산소 운동은 심폐 지구력을 향상시키고, 심혈관계 질환 예방, 당뇨병 관리, 체중 감소, 수면 개선, 뼈 밀도 유지, 삶의 질 향상 등 다양한 건강상의 이점이 있다고 알려져 있어 적극적으로 권장된다. 신경근육질환 환자에서도 유산소 운동의 효과에 대한 연구들이 상당수 진행되었으나, 대체로 대부분의 연구가 질이 높지 않고 소규모 샘플이며, 질병의 경과로 연구를 완료하지 못하는 경우가 많았다. 또한 연구 결과 또한 일관적이지는 않았다.

최근에 진행된 두 개의 메타분석에서는 근위축측삭경화증(amyotrophic lateral sclerosis)에서 유산소 운동을 시행하였을 때 amyotrophic lateral sclerosis functional rating scale (ALSFERS)/ALSFRS-R (revised version) 점수가 유의하게 개선됨을 확인하였다[9,10]. 근위축측삭경화증 환자에서 유산소 및 저항 복합 운동 시행에 대한 메타분석을 시행하였을 때 환자들의 기능, 삶의 질, 최대 산소 섭취량에서 유의한 개선이 보였지만, 편향 위험이 높은 연구를 제외하였을 때는 통계적 차이가 없었다고 밝혔다[11]. 뒤센느근디스트로피 환자에 대한 연구들을 살펴보면, 한 무작위대조시험 연구에서 5세에서 12세 사이의 환자를 대상으로 한 12주의 운동이 운동기능을 향상시키는 효과를 나타냈다[12]. No Use Is Disuse Study에서는 보행 가능한 환자 및 최근 휠체어를 사용하게 된 뒤센느근디스트로피 환자를 대상으로 24주간의 자전거를 일정 속도로 유지하며 피로감을 느끼지 않도록 15분 동안 다리와 팔에 대해 자전거를 타게 하였을 때 환자들의 기능 저하가 늦추어 짐을 확인하였다. 이 연구 결과는 환자 기능에 맞춘 운동을 계획한다면 증상이 심한 환자들에게서도 운동이 안전하며, 비사용에 의한 2차적인 기능 악화를 지연시킬 수 있음을 시사한다[13]. Andersen 등[14] 및 Bankolé 등[15]의 연구에서는 안면견갑상완형 근이

영양증(facioscapulohumeral muscular dystrophy) 환자들에게서 유산소 운동을 시행했을 때, 유산소 능력, 걷기 속도, 근력, 피로에 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다. 사립체근육병증(mitochondrial myopathy)에서는 12-14주의 최대 하 지구력 자전거 훈련이 최대 산소 섭취량, 작업 능력 등 증가시킴을 확인하였다[16-18]. Alemo Munters 등[19] 및 Wiesinger 등[20]의 연구에서는 다발성 근염(polymyositis)과 피부근염(dermatomyositis) 환자들에게 유산소 운동을 시행했을 때, 최대 작업량(peak workload)과 최대 산소 섭취량(VO_2 peak)이 유의미하게 증가하는 효과를 확인할 수 있었다. Heje 등[21]의 연구에서는 척수연수근위축증(spinal and bulbar muscular atrophy) 환자들에게 고강도 훈련(high-intensity training)을 시행했으나, 단기적인 최대 산소 섭취량에 대한 영향은 보고되지 않았다.

상기 연구 결과들은 일관된 결과를 보이지는 않으나, 일반적으로는 유산소 운동이 신경근육병 환자들에게 안전하며, 기능 유지, 최대 산소 섭취량 증가 등 긍정적인 효과를 나타낸다고 보고하고 있다. 그러므로 환자들에게 적절한 강도의 유산소 운동을 권고하되, 환자들에게 고강도의 유산소 운동은 오히려 근 피로를 유발하고 기능 저하를 불러일으킬 수 있어 저강도의 유산소 운동을 시행하는 것이 도움이 될 것으로 판단된다.

신경근육질환 환자를 위한 저항성 운동

신경근육질환 환자에서 저항성 운동을 하는 목적은 기존의 근력을 유지하거나 근육 약화를 줄이는 것이며, 근력을 강화하는 데 목표를 두어서는 안된다[22]. 신경근육질환 환자에서의 운동의 효과를 확인한 Cochrane 연구에서도 근력 운동이 환자들의 근력 향상에 거의 영향을 미치지 않는다고 밝히고 있다[2]. 물론 일부 환자에서 근력 운동 시행 시 근력 증가가 단기적으로 있을 수 있으나, 이는 활동량 저하 혹은 다른 급성기의 이유로 인하여 디컨디셔닝된 근육이 회복되는 과정일 가능성이 높다. 고강도의 저항성 운동은 중등도의 운동보다 더 효과적이지 않으며, 근육에 과부하를 주

고 피로를 높여 손상을 일으킬 수 있으므로 시행을 권장해서는 안된다[23]. 고강도의 편심성 저항 운동 또한 권장되지 않는다[24]. 10-15회 정도의 저강도 근력 운동은 중력을 이길수 있을 정도의 충분한 근력을 가진 사람들에게 유익할 수 있다[23].

근력 운동에 대한 연구는 대체로 소규모로 진행되었으며, 다양한 질환이 혼합된 그룹으로 이루어졌고 대조군 없이 진행된 경우가 많아 해석에 주의가 필요하다[2,25]. 뒤센느근디스트로피 환자를 대상으로 한 연구에서는 저항성 운동이 뚜렷한 훈련 효과를 보이지 않음을 많은 연구들이 밝혀 왔으나[26-28], 팔과 다리에 저항성 운동 대신 보조 운동(assisted exercise)을 시행한 연구에서는 긍정적인 운동 효과를 보이기도 했다[13]. 사지대근디스트로피(limb girdle muscular dystrophy) [24], 안면견갑상완형 근이영양증[29], 및 제1형 근긴장성 이영양증(myotonic dystrophy type 1) [30,31] 연구에서는 중등도 강도의 근력 운동이 안전하며 근력과 지구력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 보여 주었으나, 결과는 다소 차이가 있었다. 샤르코-마리-투스병 환자에서는 저항성 운동이 근력 향상과 기능적 능력 개선에 도움이 된다는 보고가 있는 반면[30,32], 과도한 사용으로 인한 근위축이 발생할 수 있다는 보고도 있었다[1,33]. 또한 다발성 근염과 피부근염 환자에게 저항성 운동은 근력 향상과 염증 감소에 도움이 될 수 있다는 보고가 있었다[20,31].

상기 연구들을 종합해보면, 환자의 기능에 맞춰 운동을 시행하는 것이 중요하다고 판단할 수 있다. 연구 결과에 편차가 있지만, 기능이 어느 정도 유지되고 있는 질환에서는 저항성 운동이 도움이 될 수 있으나, 결코 무리하게 시행해서는 안된다는 점을 강조하고 있다. 기능 저하가 심한 경우에는 저항성 운동이 크게 권고되지 않으나 추후 환자의 기능에 맞춘 적절한 강도의 운동에 대한 더 잘 설계된 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

신경근육질환 환자에게 운동을 권고할 때는 환자의 기능

상태에 맞춘 적절한 강도의 운동을 선택하는 것이 중요하다. 유연성 운동은 신경근육질환 환자에서 관절 구축을 예방하고, 관절 가동 범위를 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 환자의 상태에 따라 적절한 수동운동이나 능동운동을 규칙적으로 시행하는 것이 권장되며, 부목 착용과 같은 추가적인 치료 전략도 함께 고려되어야 한다. 유산소 운동은 대체로 안전하고, 기능 유지와 최대 산소 섭취량 증가 등 다양한 건강상의 이점을 제공할 수 있다고 보고되고 있다. 저강도로 시행하는 것이 권고되며, 비사용으로 인한 기능 저하 방지를 목표로 하는 것을 목표로 하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 저항성 운동은 기존 근력을 유지하거나 근육 약화를 줄이는데 도움을 줄 수 있으나, 고강도의 운동은 오히려 근육 손상을 초래할 수 있어 주의가 필요하다. 즉, 환자 개개인의 상태와 질병 특성을 고려한 맞춤형 운동 프로그램이 필요하다. 연구 결과들이 일관되지 않으며, 대규모 무작위대조시험이 부족한 실정이므로, 향후 잘 설계된 대규모 연구를 통해 신경근육질환 환자들에게 가장 적절한 운동 방법과 강도를 규명하는 것이 중요할 것이다.

찾아보기말: 신경근육병; 운동; 유연성 운동; 지구력운동; 저항 운동

ORCID

Han Eol Cho, <https://orcid.org/0000-0001-5625-3013>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Vinci P, Esposito C, Perelli SL, Antenor JA, Thomas FP. Overwork weakness in Charcot-Marie-Tooth disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:825-827.
2. Voet NB, van der Kooi EL, van Engelen BG, Geurts AC. Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;12:CD003907.
3. McDonald CM. Limb contractures in progressive neuromuscular disease and the role of stretching, orthotics,

and surgery. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1998;9:187-211.

4. Case LE, Apkon SD, Eagle M, et al. Rehabilitation management of the patient with Duchenne muscular dystrophy. *Pediatrics* 2018;142(Suppl 2):S17-S33.
5. Wang HY, Ju YH, Chen SM, Lo SK, Jong YJ. Joint range of motion limitations in children and young adults with spinal muscular atrophy. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:1689-1693.
6. Rose KJ, Burns J, Wheeler DM, North KN. Interventions for increasing ankle range of motion in patients with neuromuscular disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2010;(2):CD006973.
7. Yi YG, Shin HI, Jang DH. Rehabilitation of spinal muscular atrophy: current consensus and future direction. *J Genet Med* 2020;17:55-61.
8. Skalsky AJ, McDonald CM. Prevention and management of limb contractures in neuromuscular diseases. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2012;23:675-687.
9. Meng L, Li X, Li C, et al. Effects of exercise in patients with amyotrophic lateral sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil* 2020;99:801-810.
10. Park D, Kwak SG, Park JS, Choo YJ, Chang MC. Can therapeutic exercise slow down progressive functional decline in patients with amyotrophic lateral sclerosis? A meta-analysis. *Front Neurol* 2020;11:853.
11. Rahmati M, Malakoutinia F. Aerobic, resistance and combined exercise training for patients with amyotrophic lateral sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy* 2021;113:12-28.
12. Bulut N, Karaduman A, Alemdaroğlu-Gürbüz İ, Yılmaz Ö, Topaloğlu H, Özçakar L. The effect of aerobic training on motor function and muscle architecture in children with Duchenne muscular dystrophy: a randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2022;36:1062-1071.
13. Jansen M, van Alfen N, Geurts AC, de Groot IJ. Assisted bicycle training delays functional deterioration in boys with Duchenne muscular dystrophy: the randomized controlled trial “no use is disuse”. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27:816-827.
14. Andersen G, Heje K, Buch AE, Vissing J. High-intensity interval training in facioscapulohumeral muscular dystrophy type 1: a randomized clinical trial. *J Neurol* 2017;264:1099-1106.
15. Bankolé LC, Millet GY, Temesi J, et al. Safety and efficacy of a 6-month home-based exercise program in patients with facioscapulohumeral muscular dystrophy: a randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4497.
16. Taivassalo T, Shoubridge EA, Chen J, et al. Aerobic conditioning in patients with mitochondrial myopathies: physiological, biochemical, and genetic effects. *Ann Neurol* 2001;50:133-141.
17. Jeppesen TD, Schwartz M, Olsen DB, et al. Aerobic training is safe and improves exercise capacity in patients with mitochondrial myopathy. *Brain* 2006;129(Pt 12):3402-3412.
18. Cejudo P, Bautista J, Montemayor T, et al. Exercise training in

- mitochondrial myopathy: a randomized controlled trial. *Muscle Nerve* 2005;32:342-350.
19. Alemo Munters L, Dastmalchi M, Andgren V, et al. Improvement in health and possible reduction in disease activity using endurance exercise in patients with established polymyositis and dermatomyositis: a multicenter randomized controlled trial with a 1-year open extension followup. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2013;65:1959-1968.
 20. Wiesinger GF, Quittan M, Aringer M, et al. Improvement of physical fitness and muscle strength in polymyositis/dermatomyositis patients by a training programme. *Br J Rheumatol* 1998;37:196-200.
 21. Heje K, Andersen G, Buch A, Andersen H, Vissing J. High-intensity training in patients with spinal and bulbar muscular atrophy. *J Neurol* 2019;266:1693-1697.
 22. Johnson LB, Florence JM, Abresch RT. Physical therapy evaluation and management in neuromuscular diseases. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2012;23:633-651.
 23. Abresch RT, Han JJ, Carter GT. Rehabilitation management of neuromuscular disease: the role of exercise training. *J Clin Neuromuscul Dis* 2009;11:7-21.
 24. Siciliano G, Simoncini C, Giannotti S, Zampa V, Angelini C, Ricci G. Muscle exercise in limb girdle muscular dystrophies: pitfall and advantages. *Acta Myol* 2015;34:3-8.
 25. Gianola S, Pecoraro V, Lambiasi S, Gatti R, Banfi G, Moja L. Efficacy of muscle exercise in patients with muscular dystrophy: a systematic review showing a missed opportunity to improve outcomes. *PLoS One* 2013;8:e65414.
 26. Vignos PJ, Watkins MP. The effect of exercise in muscular dystrophy. *JAMA* 1966;197:843-848.
 27. de Lateur BJ, Giaconi RM. Effect on maximal strength of submaximal exercise in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Phys Med* 1979;58:26-36.
 28. Scott OM, Hyde SA, Goddard C, Jones R, Dubowitz V. Effect of exercise in Duchenne muscular dystrophy. *Physiotherapy* 1981;67:174-176.
 29. van der Kooi EL, Vogels OJ, van Asseldonk RJ, et al. Strength training and albuterol in facioscapulohumeral muscular dystrophy. *Neurology* 2004;63:702-708.
 30. Lindeman E, Leffers P, Spaans F, et al. Strength training in patients with myotonic dystrophy and hereditary motor and sensory neuropathy: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:612-620.
 31. Tollbäck A, Eriksson S, Wredenberg A, et al. Effects of high resistance training in patients with myotonic dystrophy. *Scand J Rehabil Med* 1999;31:9-16.
 32. Burns J, Raymond J, Ouvrier R. Feasibility of foot and ankle strength training in childhood Charcot-Marie-Tooth disease. *Neuromuscul Disord* 2009;19:818-821.
 33. Prada V, Mori L, Accogli S, et al. Testing overwork weakness in Charcot-Marie-tooth disease: is it true or false? *J Peripher Nerv Syst* 2018;23:124-128.

Peer Reviewers' Commentary

이 논문은 신경근육질환 환자들을 위한 운동의 중요성과 주의사항을 체계적으로 정리하고 있다. 신경근육질환은 질환별로 임상적 특징이 다양하기 때문에 포괄적으로 설명하기가 어렵다. 저자는 환자 개개인에 맞춘 맞춤형 운동 프로그램의 필요성을 강조하고 있다. 또한, 최신 연구를 바탕으로 과거에 금기시되었던 운동이 신경근육질환 환자들에게 긍정적인 효과를 줄 수 있음을 균형 있게 제시하며, 다양한 운동 치료의 효과를 상세히 다루고 있다. 이 논문은 신경근육질환 환자를 진료하는 임상 현장에서 운동치료의 적용에 좋은 지침이 될 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]