

뇌졸중 환자의 연하장애 치료를 위한 근전도 유발 신경근 전기자극

김선호*

*원주 영광 병원 재활의학과 작업치료실

뇌졸중은 대표적인 뇌혈관 질환의 하나로서 뇌의 혈관이 막히거나 터짐으로써 갑작스런 의식장애나 마비 현상 같은 신경학적 이상을 가져오는 급성 질환이다(Chang et, Tung, Wu, & Su, 2006). 의료기술의 발달로 인하여 뇌졸중 환자의 생존율은 증가하였지만, 약 13%이하만이 발병 후 2주 이내로 회복을 보여 장애를 가지지 않고 있으며, 30-66%는 신경, 근육, 감각, 인지 등의 손상으로 인한 만성 운동조절장애를 겪게 된다(Kwakkel, Kollen, van der Grond, & Prevo, 2003). 이 중 33%에서 73%는 연하장애를 가지게 된다(Paciaroni et al., 2004).

연하장애란 음식을 입에서부터 위장으로 옮기는 일에서의 어려움을 말하며, 삼키는 것에 관련된 모든 행위와 감각, 그리고 삼킴 준비를 위한 예비행동까지 의미를 확장하여 사용한다(Leopold & Kagel, 1996). 연하는 짧은 시간 내에 구강에서부터 식도까지의 움직임이 정교하게 조절되어 음식물이 안전하고 효과적으로 위장까지 전달되도록 하는 복합적인 과정이며, 이를 위해 구강 및 인두근육들의 순차적이고 잘 조화된 수축, 이완을 필요로 한다(Cook et al., 1989). 이러한 구강인두근육들의 조화로운 움직임은 뇌간 부위의 연하중추 뿐만 아니라 연하 중추에 영향을 미치는 양측 대뇌 반구, 감각정보와 근 수축 신호를 전달하는 뇌신경 등의 정상적인 기능을 필요로 하며 이 중 어느 것이라도 이상이 생기는 경우 연하장애가 발생할 수 있다(Beom & Han, 2013).

연하장애의 치료는 연하근란을 일으키는 원인에 따라 달라지지만, 기본적 치료 원칙은 이상반사의 억제 및 연하 반사의 촉진, 구강 및 안면부의 감각 자극, 구강 및 인후근육의 강화운동 등을 포함하고 있다. 이러한 기본 원칙을 충족시키기 위하여 자세교정을 이용한 보상치료, 수술적 치료, 전기자극 치료 등이 환자의 상태에 맞추어 시행되고 있다(Logemann, 2007).

최근에는 전기자극치료의 긍정적 효과가 다수 보고되면서 점차 확대 시행되고 있다. 전기자극 치료는 표면 전극을 이용해 전기자극을 근육에 전달하는 방식으로 근수축이 이루어진다(Suiter, Lender, & Ruark, 2006). 주로 후두상승이 저하된 뇌졸중 환자들에게 후두상승을 목적으로 주로 사용되며, 근육의 근력 강화, 경련 감소, 위축 예방, 근육 재교육 등과 같이 기능 강화를 위해 적용되는 치료이다(Behrens & Michlovitz, 2005). 또한, 근육의 근력 강화와 더불어 감각 인식을 향상시켜 연하기능을 증진시키기 위해 적용된다(Suiter et al., 2006).

전기자극치료는 기기의 정해진 프로그램에 의해서 전위 발생이 조절되는 신경근 전기자극과 환자의 근전도 신호를 이용하여 전위의 발생을 조절하는 근전도를 이용한 근전도 유발 신경근 전기자극이 있다. 신경근 전기자극치료는 현재 임상적 연하재활에 주로 쓰이고 있는 치료법이지만 그 효과와 효율성에 대하여 의견이 다양하다(Mary, Catherine, & Lynn, 2006).

근전도 유발 신경근 전기자극 치료는 근전도-생체 되먹임(EMG-Biofeedback)을 통해 전기 자극을 조절하는 치료법이다(Bolton, Cauraugh, & Hausenblas, 2004). 근전도 유발 신경근 전기자극은 기존의 신경근 전기자극과는 달리 환자의 능동적 움직임을 유도하는 전기자극 치료로서 대상 근육의 수의적 근 수축 신호가 미리 설정된 역치를 초과할 때 기계로부터 전기 자극이 유발되어 좀 더 강한 근 수축 증가를 경험할 수 있게 한다(Mangold, Schuster, Keller, Zimmermann-Schlatter, & Ettlin, 2009). 신경근 전기자극은 치료받는 환자의 인지적 노력 없이도 반복적으로 전기자극이 가해져 근육 수축을 유발하지만, 근전도 유발 신경근 전기자극은 환자의 능동적이고 인지적인 노력이 추가적으로 요구된다(Chae, Fang, Walker, & Purmehdi, 2001). 이에 따라 근전도 유발 신경근 전기자극치료는 신경근 전기자극치료보다 더 큰 개선의 효과를 기대할 수 있다.

연하장애의 기능적 정의는 영양과 수분 공급의 유지를 방해하고 먹는 즐거움을 상실하는 것이다. 입으로 음식을 정상적으로 섭취한다는 것은 생명을 유지하는 기본적인 수단일 뿐만 아니라 보다 질적인 삶을 영위하는데도 중요한 부분을 차지한다. 전반적인 건강과 영양상태가 개선되고 이를 통해 다양한 활동, 재활치료 등 생활의 다양한 활동을 편안하고 안정적으로 수행할 수 있도록 보다 효과적이고 효율적인 연하재활치료를 실시할 필요가 있다(송영진 등, 2007). 따라서, 본 연구에서는 연하장애치료를 위한 근전도 유발 신경근 전기자극치료 연구의 필요성에 대해서 알아보고자 한다.

연하과정의 신경기전

호흡이나 연하작용과 같은 율동적인 움직임은 중추 패턴발생기(central pattern generator)라는 일종의 신경세포들의 네트워크에 의하여 조절되는 것으로 알려져 있다(Caruana-Montaldo, Gleeson, & Zwillich, 2000; Jean, 2001; Lund, Kolta, Westberg, & Scott, 1998; Von Euler, 1983).

구강, 인두, 후두의 점막 내 구심성 감각수용기는 접촉 및 압력 감각을 삼차 신경, 설인신경, 미주신경을 통하여 중추성 양식 발생기로 전달하게 되며, 이러한 연하 작용을 관장하는 중추성 양식 발생기는 연수의 고립로 핵에 위치하는 것으로 알려져 있다(Jean, 2001). 고립로핵은 중간뉴런을 거쳐 삼차신경, 안면신경, 설하신경의 신경핵, 그리고 설인신경과 미주신경은 의문핵을 통하여 연결되어 있어, 고립로 핵부위가 자극되면 연하 반사가 유발되는 것으로 보고되고 있으며, 삼차 신경, 안면신경, 설인신경, 미주신경, 설하신경 등을 통하여 50개 이상의 근육들이 순차적으로 수축 이완됨으로써 정형화된 연하반사가 유발된다(Jean, 2001; Lund et al., 1998).

연하장애의 병태생리

구강, 인두, 식도의 복합적인 작용에 의하여 이루어지므로 매우 다양한 질환이 연하곤란을 유발할 수 있다. 연하장애의 가장 흔한 원인 질환은 뇌졸중으로 다른 원인 질환에 비해서는 비교적 빠른회복을 보이는 경우가 많아 조기 발견과 적절한 치료가 중요하다. 뇌간 부위의 뇌졸중은 연하 중추 혹은 중추패턴 발생기를 침범할 가능성이 높기 때문에 심한 연하 곤란을 일으키는 경우가 흔하고, 연하 기능의 신경학적 회복 후에도 후유증이 남는 경우가 다른 부위의 뇌졸중보다 흔하다. 대뇌반구의 뇌졸중은 뇌간 부위에 비해 연하곤란이 심하지 않고 더 빠른 회복을 보이지만, 양측 대뇌반구를 침범하게 되는 경우에는 심한 연하 곤란을 보이기도 한다(Jean, 2001).

뇌졸중처럼 한번 발병 후 회복되는 원인 질환과는 달리 신경퇴행성 질환은 연하곤란이 시간의 경과에 따라 점점 악화되기 때문에 환자의 일생에 걸쳐 정기적인 경과 관찰을 필요로 하는 경우가 많다. 대표적인 신경퇴행성 질환으로 파킨슨병과 근위축성측삭경화증과 같은 운동신경원 질환을 들 수 있다(Smithard et al., 1996). 파킨슨병은 뇌간부위는 침범하지 않으므로 대부분 구강기에 문제가 발생하며, 음식을 씹거나 인두 쪽으로 이동시키는 것에 문제

가 생기게 되며, 연하반사가 일어나기 전에 조기에 인두로 들어가서 기도흡인을 일으키기도 한다. 운동 신경원 질환은 뇌간의 연하중추를 직접 침범하기 때문에 가장 심한 연하 곤란을 일으키게 되며, 구강기 뿐만 아니라 인두기 연하 반사에도 문제를 일으키게 된다(Smithard et al., 1996). 흡인성 폐렴뿐만 아니라 질식, 영양실조 등의 심각한 문제를 야기하여 사망의 직접적인 원인이 되기도 한다(Von Euler, 1983).

중추 신경이나 뇌신경에 문제가 없더라도 염증성 근육병이나 근위축병에서도 연하곤란은 발생할 수 있으며, 이 경우 연하반사를 조절하는 중추 신경에는 문제가 없으므로 구강 인두 근육의 근력 약화에 의하여 기도로 흡인이 되거나 음식물이 효과적으로 인두를 통과하지 못하게 되는 문제가 발생하게 된다(Smithard et al., 1996).

그 밖에 구강과 인후두부 종양, 구순열(cleft)과 구개열(cleft palate)과 같은 선천적 기형, 음식물 통과를 방해하는 경추부골극(osteophyte), 약제의 부작용 등에 의하여 연하곤란은 발생할 수 있다(Di Vito, 1998).

호흡기능과 관련해서는 만성 폐색성 폐질환에서 연하 곤란이 발생할 수 있으며, 위식도 역류는 식도염과 식도 협착이 주로 발생하나, 심한 경우 산성위액이나 음식물이 인두까지 역류해서 기도에 유입되어 기침을 유발시키므로 심각한 흡인성 폐렴을 유발할 수 있다(Mokhlesi, Logemann, Rademaker, Stangl, & Corbridge, 2002).

근전도 유발 신경근 전기자극의 신경학적 회복기전

신경근 전기자극은 약화된 근육의 운동 기능을 회복시키고, 근육을 재교육시키며, 연하 활동을 담당하는 대뇌 영역의 프로세스를 재생성한다(Freed, Freed, Chatburn, & Christian et al., 2001). 또한 근육의 표층에 있는 감각신경종말을 활성화시켜 중추 신경계 시스템에 감각 되먹임을 제공한다(Heck,

Doeltgen, & Huckabee, 2012). 신경근 전기자극을 연하관련 근육에 적용하면 근수축이 강화되어 연하반사가 일어나는 순간 설골, 갑상연골, 후두의 움직임이 강화되고 운상인두 열림도 향상된다(Brikroo & Lam, 2011; Burnett, Mann, Cornell, & Lodlow, 2003; Leelamanit, Limsakul, & Geater, 2002). 또한 인두를 통과하는 음식에 대한 감각 인식을 향상시켜 더 강하고 빠른 연하 반사를 유도한다(Heck et al., 2012).

근전도 유발 신경근 전기자극은 신경근 전기자극의 회복기전에 환자의 능동적 참여와 인지적 노력이 추가로 요구된다. 근전도 유발 신경근 전기자극치료의 회복 기전은 구심성 감각 입력(sensory afferent input)을 증가시키는 신경학적 회복 효과에 의한 운동 기능 회복에 있다(Johansson, 2000). 근전도 유발 신경근 전기 자극의 신경학적 회복은 운동 신경원에 대한 직접적인 자극에 의한 근수축, 구심성 자극에 의한 경직의 감소, 고유수용감각(proprioception)되먹임 작용 등에 의해 일어나게 된다(Chae et al., 2001).

즉, 수의적 수축에 의해 근육에 가해지는 근전도 유발 신경근 전기 자극이 강한 고유수용성 되먹임 작용을 하며 다시 돌아가는 구심성 자극이 체성 감각 피질에 전달되어 감각운동 피드백 회로(sensory motor feedback loop)를 만들어 구심성 감각 입력을 증가시키는 신경학적 효과를 발생 시키게 된다(BurrIDGE & Ladouceur, 2001). 이러한 구심성 감각 입력의 증가는 고유수용성감각의 손상으로 운동기능에 어려움이 있는 뇌졸중 환자의 운동기능을 회복하는데 도움을 준다(BurrIDGE & Ladouceur 2001).

근전도 유발 신경근 전기자극의 효과

근전도 유발 신경근 전기자극치료는 근 긴장도 증가에 따른 강직, 이완성 마비, 감각 이상 등의 문제를 갖는 다양한 환자를 치료하기 위해 광범위하게 사용되었다(Bolton et al., 2004; Cauraugh & Kim, 2002; Cauraugh & Kim, 2003; Shin et al., 2008).

근육의 재 운동 학습(re-motor learning)적인 치료 효과에 대해서 살펴보면 Cauraugh와 Kim(2002)는 근전도 유발 신경근 전기자극치료가 근육의 강직으로 인하여 움직임이 어려움 환자에게 근육 수축에 대한 반응시간, 근 수축력의 향상을 보였다. Cauraugh와 Kim(2003)은 근전도 유발 신경근 전기자극의 적용을 통해 근 수축의 지속 시간의 향상의 효과를 보고하였다. De Kroon, Ijzerman, Lankhorst와 Zilvold (2004)는 신경근 전기자극과 근전도 유발 신경근 전기자극의 효과를 비교하여 근전도 유발 신경근 전기자극이 강직 감소, 근 수축력 향상에 따른 이완성 마비의 개선, 근 수축의 지속 시간의 향상 등에 신경근 전기자극보다 효과적임을 보고하였다.

하지만, 최근에 연구되는 대부분의 근전도 유발 신경근 전기자극의 효과는 연하장애치료와 관련된 것이 아닌, 자세유지, 걷기, 상지 기능 향상 등과 같이 1차적인 신체적 재활에 초점 되어져 있을 뿐만 아니라 환자의 능동적인 참여가 필요한 근전도 유발 신경근 전기자극의 좋은 효과와 효율성에도 불구하고 최근까지도 연하장애 개선을 위해 신경근 전기자극만을 사용하고 있다(Heck et al., 2012).

결 론

연하장애로 인하여 적절한 양의 음식물을 섭취 할 수 없게 되어 발생하는 탈수증과 영양실조가 발생 될 수 있으며, 음식물이 기도로 넘어가는 경우 흡인성 폐렴이 발생할 수 있고, 기도를 막는 경우 질식을 일으켜 사망에 이를 수도 있으므로 절절한 치료를 하는 것이 매우 중요하다(Smithard et al., 1996). 하지만, 작업치료의 임상과 학문 분야에서는 효과 유무에 대한 의견이 분분한 신경근 전기자극치료 등만 적용하고 있는 실정이며(Mary et al., 2006), 근전도 유발 신경근 전기자극의 연하장애 개선 효과의 입증에 부족하여 효과적인 치료도구로 사용될 수 있음에도 불구하고 그 근거는 부족한 실정이다.

이에 작업치료 분야에서는 뇌졸중으로 인한 연하장애 환자를 대상으로 근전도 유발 신경근 전기자극

치료의 효과를 밝히는 연구가 진행되어야 하며, 현재 다양한 방법으로 사용되어지는 연하재활치료(신경근 전기자극, 보상적치료 등)와 근전도 유발 신경근 전기자극과의 비교 연구 또한 진행되어야 할 것으로 사료된다.

따라서, 작업치료 분야에서는 연하장애환자를 대상으로 근전도 유발 신경근 전기자극치료의 효과를 다양한 방법으로 검증하여 임상 현장에서 적용 가능한 치료 프로토콜의 개발이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- 송영진, 이한석, 정원미, 박성중, 박은정, 양경희, 윤인진, ... 홍재란. (2007). 삼킴장애: 평가치료지침서. 서울: 한국: 계축문화사.
- Behrens, B. J., & Michlovitz, S. L. (2005). *Physical agents: Theory and practice*, 2nd ed. Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Beom, J. W., & Han, T. R. (2013). Treatment of dysphagia in patients with brain disorders. *Journal of Korean Medicine Association*, 56(1), 7-15.
- Bolton, D. A., Cauraugh, J. H., & Hausenblas, H. A. (2004). Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand function : A meta-analysis. *Journal of Neurological Sciences*, 223(2), 121-127.
- Brikroo, A., & Lam, P. M. (2011). Comparing the effects of rehabilitation swallowing therapy vs. functional neuromuscular electrical stimulation therapy in an encephalitis patient: A case study. *Dysphagia*, 26(4) 418-423.
- Burnett, T. A., Mann, E. A., Cornell, S. A., & Ludlow, C. L. (2003). Laryngeal elevation achieved by neuromuscular stim-

- ulation at rest. *Journal of Applied Physiology*, *94*, 128–134.
- Burridge, J. H., & Ladouceur, M. (2001). Clinical and therapeutic applications Neuromuscular stimulation: A review of current use and speculation into future developments. *Neuromodulation*, *4*(4), 147–154.
- Cauraugh, J. H., & Kim, S. (2002). Two coupled motor recovery protocols are better than one: Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and bilateral movements. *Stroke*, *33*(6), 1589–1594.
- Cauraugh, J. H., & Kim, S. B. (2003). Chronic stroke motor recovery: Duration of active neuromuscular stimulation. *Journal of the Neurological Sciences*, *215*(1–2), 13–19.
- Caruana-Montaldo, B., Gleeson, K., & Zwillich, C. W. (2000). The control of breathing in clinical practice. *Chest*, *117*, 205–225.
- Chae, J., Fang, Z-P., Walker, M., & Purmehdi, S. (2001). Intramuscular electromyographically controlled neuromuscular electrical stimulation for upper limb recovery in chronic hemiplegia. *American Journal of Physical Medicine*, *80*(12), 935–941.
- Chang, J. J., Tung, W. L., Wu, W. L., & Su, F. C. (2006). Effect of bilateral reaching on affected arm motor control in stroke—with and without loading on unaffected arm. *Disability and Rehabilitation*, *28*(24), 1507–1516.
- Cook, I. J., Dodds, W. J., Dantas, R. O., Kern, M. K., Massey, B. T., Shaker, R., Hogan, W. J. (1989). Timing of video-fluoroscopic, manometric events and bolus transit during the oral and pharyngeal phases of swallowing. *Dysphagia*, *4*, 8–15.
- De Kroon, J. R., IJzerman, M. J., Lankhorst, G. J., & Zilvold, G. (2004). Electrical stimulation of the upper limb in stroke: Stimulation of the hand vs. alternate stimulation of flexors and extensors. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *33*(8), 592–600.
- Di Vito, J. (1998). Cervical osteophytic dysphagia: Single and combined mechanism. *Dysphagia*, *13*, 58–61.
- Freed, M. L., Freed, L., Chatburn, R. L., & Christian, M. (2001). Electrical stimulation for swallowing disorder caused by stroke. *Respiratory Care*, *46*, 466–474.
- Heck, F. M., Doeltgen, S. H., & Huckabee, M. L. (2012). Effects of submental neuromuscular electrical stimulation on pharyngeal pressure generation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *93*(1), 56–60. doi:10.1016/j.apmr.2012.02.015
- Jean, A. (2001). Brain stem control of swallowing: neuronal network and cellular mechanism. *Physiological Reviews*, *81*, 929–969.
- Johansson, B. B. (2000). Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis lecture. *Stroke*, *31*(1), 223–230.
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., van der Grond, J., & Prevo, A. J. (2003). Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: Impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke*, *34*(9), 2181–2186.
- Paciaroni, M., Mazzotta, G., Corea, F., Caso, V., Venti, M., Milia, P., ... & Gallai, V. (2004). Dysphagia following stroke. *European Neurology*, *51*, 162–167.

- Leelamanit, V., Limsakul, C., & Geater, A. (2002). Synchronized electrical stimulation in treating pharyngeal dysphagia. *Laryngoscopy*, *112*, 2204–2210.
- Leopold, N. A., Kagel, M. C. (1996). Prepharyngeal dysphagia in Parkinson's disease. *Dysphagia*, *11*(1), 14–22.
- Logemann, J. A. (2007). Swallowing disorders. *Best Practice and Research: Clinical Gastroenterology*, *21*(4), 563–573.
- Lund, J. P., Kolta, A., Westberg, K. G., & Scott, G. (1998). Brainstem mechanisms underlying feeding behavior. *Current Opinion in Neurobiology*, *8*(6), 718–724.
- Mangold, S., Schuster, C., Keller, T., Zimmermann-Schlatter, A., & Ettlin, T. (2009). Motor Training of Upper Extremity With Functional Electrical Stimulation in Early Stroke Rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *23*(2), 184–190. doi: 10.1177/1545968308324548
- Mary, K., Catherine, S. B., & Lynn, W. (2006). Dysphagia management: An analysis of patients outcomes using Vitalstim therapy compared to traditional swallow therapy. *Dysphagia*, *21*(4), 243–253. doi: 10.1007/s00455-006-9056-1
- Mokhlesi, B., Logemann, J. A., Rademaker, A. W., Stangl, C. A., Corbridge, T. C. (2002). Oropharyngeal deglutition in stable COPD. *Chest*, *121*, 361–369.
- Shin, H. K., Cho, S. H., Jeon, H. S., Lee, Y. H., Song, J. C., Jang, S. H., ... Kwon, Y. H. (2008). Cortical effect and functional recovery by the electromyography-triggered neuromuscular stimulation in chronic stroke patients. *Neuroscience Letters*, *442*(3), 174–179. doi: 10.1016/j.neulet.2008.07.026
- Suiter, D. M., Lender, S. B., & Ruark, J. L. (2006). Effects of neuromuscular electrical stimulation on submental muscle activity. *Dysphagia*, *21*(1), 56–60.
- Smithard, D. G., O'Neill, P. A., Park, C., Morris, J., Wyatt, R., England, R., Martin, D. F. (1996). Complications and outcome after acute stroke. Does Dysphagia matter? *Stroke*, *27*, 1200–1204.
- Von Euler, C. (1983). On the central pattern generator for the basic breathing rhythmicity. *Journal of Applied Physiology*, *55*, 1647–1659.