

퇴행성질환과 말언어장애 재활

한림대학교 자연과학대학 언어청각학부

윤 지 혜

Neurodegenerative Disease and Speech Rehabilitation

*Division of Speech Pathology and Audiology, Audiology and Speech Pathology Research Institute,
College of Natural Sciences, Hallym University, Chuncheon, Korea*

Ji Hye Yoon

Neurodegenerative diseases such as Parkinson’s disease and amyotrophic lateral sclerosis may induce impairment of speech motor system. This review discusses the characteristics of dysarthria and symptom management for these conditions. Given the progressive nature of the neurodegenerative diseases, speech–language pathologists must be aware of appropriate augmentative and alternative communication equipment at the early stage of the disease course. Patients with neurodegenerative diseases can maintain functional communication with augmentative and alternative communication supports.

KEY WORDS : Dysarthria · Parkinson’s disease · Amyotrophic lateral sclerosis.

서 론

일상생활에서 우리는 자신의 의도나 생각을 표현하기 위 한 의사소통 수단으로서 말을 사용한다. 말이 산출되기 까지는 호흡, 발성, 공명, 조음과 같은 여러 생리적 단계를 거치게 되는데 이러한 생리적 단계와 관련이 있는 해부학적 구조나 움직임에 문제가 생기면 말에 장애가 나타날 수 있다. 이러한 문제를 유발하는 원인은 매우 다양하지만 이 중 신경학적 원 인인 중추 및 말초신경계의 질환으로 인해 호흡, 발성, 공명, 조음 및 운율의 각 산출과정에서 말 조절 근육의 마비나 약화, 불협응 등을 보이게 되는 것을 마비말장애(dysarthria)라 통 칭한다.¹⁾ 마비말장애의 신경학적 원인질환은 혈관성, 퇴행성, 감염성, 외상성, 대사성 등 상당히 다양하나 본 종설에서는 이 중 최근 인구고령화 현상으로 인하여 특히 주목을 받고 있는 퇴행성 신경학적 질환과 마비말장애의 관계를 검토하고 마비말장애의 재활방법과 임상에서 고려해야 할 사항에 대하 여 고찰하고자 한다.

본 론

1. 말운동 관련 해부학적 구조

마비말장애는 증상에 따라 이완형, 경직형, 편측상부운동 신경세포형, 실조형, 운동저하형, 운동과잉형, 혼합형으로 나뉜다. 이러한 증상은 중추 및 말초신경계의 다양한 결함을 반영하므로 먼저 각 신경학적 구조가 말운동에서 어떠한 역할을 담당하는지를 알면 각 하위유형의 특성을 이해하기 쉽다. 말운동과 관련된 신경학적 운동체계에는 크게 직접활성화경로(direct activation pathway), 간접활성화경로(indirect activation pathway), 기저핵조절회로(basal ganglia control circuit), 소뇌조절회로(cerebellar control circuit), 최종공통 경로(final common pathway)가 포함된다. 직접활성화경로는 피질에서 발생한 상위운동신경이 하위운동신경으로 연결 하기 직전까지를 지칭하는 추체로(pyramidal tract)로 구성되 며 이 경로는 운동에 있어서 의식적이고 수의적인 움직임을 담당한다. 추체로는 종말하는 위치에 따라서 뇌간에서 종말 하는 피질연수로(corticobulbar tract)와 척수에서 종말하는 피질척수로(corticospinal tract)로 나뉘며, 이 중 말운동과 보 다 밀접한 관련이 있는 것은 피질에서 기시하여 뇌간 내의 안 면운동핵(facial motor nucleus), 의핵(nucleus ambiguus), 설 하신경핵(hypoglossal nucleus) 등과 같은 여러 운동신경핵에 서 종말하는 피질연수로이다. 간접활성화경로는 피질에서 시 작한다는 측면에서 직접경로와 유사하나 하위운동신경까지

논문투고일 : 2017년 4월 26일
논문심사일 : 2017년 5월 3일
게재확정일 : 2017년 6월 7일
책임저자 : 윤지혜, 24207 강원도 춘천시 한림대학길 1
한림대학교 자연과학대학 언어청각학부
전화 : (033) 248-2224 · 전송 : (033) 256-3420
E-mail : j.yoon@hallym.ac.kr

한 번에 내려가지 않고 뇌간(brainstem)부위에서 여러 신경로와 연결을 하면서 내려가는 경로이다. 여기에는 중뇌의 적핵부분에서 연결하는 피질적핵로(corticorubral tract), 중뇌, 뇌교, 연수의 망상체에서 연결하는 피질망상체로(corticoreticular tract)와 적핵과 망상체에서 시작하는 적핵척수로, 망상척수로 등이 포함된다. 이들은 모두 직접활성화경로를 통한 수의적인 움직임이 잘 수행될 수 있도록 근긴장도를 조절하거나 관련활동을 돕는다. 여기서 관련활동이란 주로 직접활성화경로를 통한 운동이 수행될 때 자세를 조절하는 활동으로 말운동에 있어서 말근육을 움직이는 직접적인 역할보다는 피질, 기저핵, 소뇌 등의 피질하구조와 연결을 이루면서 간접적인 도움을 주는 것으로 추정된다. 기저핵조절회로는 피질, 기저핵, 시상, 피질로 이어지는 연결회로이며 기저핵은 중뇌의 흑질과도 연결된다. 이 회로는 어떠한 운동을 할 때 운동의 강도와 진폭 등을 조절하고 운동의 개시나 중단에 도움을 주는 역할을 한다. 소뇌조절회로는 운동이 진행되는 동안 말초기관으로부터 들어오는 감각 피드백 정보를 피질에서 원래 세웠던 운동 목표와 대조해보면서 뒤이어 나오는 운동을 협응시키고 조율하는 역할을 담당한다. 이 두 조절회로는 운동수행을 조절하는데 있어서 주요한 역할을 담당하지만 하위운동신경과 직접적으로 연결되지는 않는다. 최종공통경로는 하위운동신경으로 구성되며 말운동에서는 주로 뇌신경 중 제 5, 7, 9, 10, 11, 12번 뇌신경을 지칭한다. 이 뇌신경들은 뇌간의 안면운동핵, 의핵, 설하신경핵 등과 같은 운동신경핵으로부터 기시하여 말산출 관련 기관의 근육에 종말하며 근육을 수축이완시켜 조음기관을 움직이는 역할을 한다.

앞서 언급하였듯이 마비말장애의 하위유형은 관련 신경해부학적 구조의 병변 및 기능저하와 밀접한 관련이 있을 수 있다. 이완형은 주로 최종공통경로인 하위운동신경의 문제로 약화(weakness)나 위축(atrophy)을 주요 특징으로 하며 말산출 과정에서 기식 음성(breathy voice), 과다비성(hypernasality), 비강누출(nasal emission), 부정확한 조음(imprecise articulation), 혀 표면의 위축(atrophy)이나 근육부분수축(fasciculation) 등이 두드러진다. 경직형은 양측 상부운동신경의 문제로 경직(spasticity)이 두드러지며 이로 인하여 쥐어짜는 음성(strained voice)과 부정확한 조음 등이 관찰된다. 편측상부운동신경세포형은 이름에서 알 수 있듯이 편측의 상부운동신경에 병소가 있는 경우에 관찰될 수 있는 증상들을 주요 특징으로 한다. 조음과 관련된 하위운동신경(뇌신경)들은 대부분 양측 대뇌피질로부터 지배를 받기 때문에 편측의 상부운동신경에 병소가 생기더라도 양호한 반대편의 상부운동신경으로부터 온전한 정보를 받을 수 있으므로 조음기관의 움직임에서 이상소견이 크게 두드러지지 않는다. 그러나 유일하게

입술이나 혀의 움직임과 관련된 뇌신경(제 7번 안면신경의 중 얼굴의 하부 쪽으로 오는 가지, 제 12번 설하신경)들은 대측의 상부운동신경으로부터만 정보를 받는다. 따라서 이에 해당하는 상위운동신경에 문제가 생기면 대측 입술이나 혀의 움직임에 직접적인 영향을 주기 때문에 조음과 관련된 이상소견이 다른 말산출 관련 영역인 호흡, 발성, 공명 등보다 더 두드러지게 된다. 따라서 편측상부운동신경세포형의 경우에는 부정확한 조음 또는 술 취한 듯한 발음 등을 주요 특성으로 한다. 실조형의 경우는 소뇌 관련 문제로 인하여 협음이나 조율 등에 어려움을 보이면서 말산출 시 비밀관적인 특성이 발성과 조음 등에 영향을 주어 음성 강도나 높낮이가 일정하지 않는 등의 과다 음량변이(excessive loudness variation), 불규칙적인 조음 붕괴(irregular articulatory breakdown) 양상이 나타난다. 운동저하형과 운동과잉형은 모두 기저핵조절회로에 문제가 있으나 양상은 서로 구별된다. 운동저하형은 강제와 운동의 범위와 강도가 저하되는 양상이 두드러지면서 음량 감쇄(loudness decay), 부정확한 조음, 단음량(monoloudness), 단음도(monopitch) 등이 관찰되고 점점 빨라지는 말속도로 인하여 쫓기는 듯하며 서두르는 듯한 말뭉침(short rushes of speech) 현상들도 관찰된다. 운동과잉형은 불수의적인 움직임이 말산출에 전반적으로 영향을 준다. 혼합형은 상기에 제시한 여러 특성들이 혼합되어 나타나는 하위유형으로 이완-경직형, 경직-실조형 등 다양한 조합으로 관찰될 수 있다.¹⁾

2. 퇴행성질환과 마비말장애

퇴행성질환은 신경세포 내외에 걸친 단백질과 같은 물질들의 비정상적 축적이나 변성, 응집 등으로 인하여 신경계가 점차적으로 노화되면서 그에 따른 기능이상과 장애를 동반한다. 퇴행성질환이 보일 수 있는 기능이상에는 인지기능에서부터 운동기능에 이르기까지 다양한데, 여기서는 말산출의 어려움을 보이는 두 원인질환인 파킨슨병(Parkinson's disease)과 근위축성측삭경화증(amyotrophic lateral sclerosis)에 국한시켜 논의하고자 한다. 파킨슨병의 경우, 전체 환자의 90% 정도에서 병의 진행과정 중에 마비말장애를 보이게 되고,²⁾ 근위축성측삭경화증은 25%의 환자에서 마비말장애가 첫 증상으로 발현되며³⁾ 병이 진행하면서 더욱 두드러지는 소견을 보인다. 점에서 주목할 만하다.

파킨슨병은 50세 이상 인구의 약 1~2% 정도에서 발생하고 진행되는 특발성 신경질환으로 평균 15년 정도의 생존기간을 보이는 것으로 보고된다.⁴⁾ 앞서 언급한 기저핵조절회로의 장애가 이 질환의 주요한 원인이 된다. 중뇌의 흑질에서 생산되는 신경전달물질인 도파민은 기저핵(더 자세히는 선조체, stri-

atum)으로 공급되면서 기저핵조절회로의 원활한 기능을 유지시키는 역할을 한다. 그러나 흑질 내의 세포가 소실되면서 선조체로 도파민을 제대로 공급하지 못하여 기저핵조절회로의 전체적인 불균형을 초래하고 결과적으로 운동의 범위와 강도가 저하되는 운동저하형의 특성을 보이게 된다. 따라서 이 환자들은 느린 움직임(서동, bradykinesia), 강직(rigidity), 자세불안정(postural instability), 휴식 시 진전(resting tremor)과 같은 임상적 소견을 보인다. 또한 가면을 쓴 듯한 얼굴표정(masked face)과 질질 끄는 듯한 걸음걸이(short shuffling steps)도 나타난다. 말산출 영역별로는 호흡에서 저하된 성문하압으로 인한 짧은 구(phrase)의 산출을 보이고 부적절한 숨도 관찰된다. 발성에서 강도가 저하되는 발성부전(hypophonia)의 양상을 보이며 기식 음성과 거친 음성(roughness)을 보이는데 이것이 후두근의 강직 때문인지 정상적인 노화에 따른 근위축 때문인지는 감별할 필요가 있다.⁵⁾ 공명의 측면에서는 과다비성이 일부 연구에서 보고되기도 하며 조음 부분에서는 부정확한 자음을 보이고 빠른 교대운동속도(alternating motion rate) 및 가속화되는 말속도와 함께 말뭉침 소견을 보이는 것으로 알려져 있다. 이들의 임상적 특성인 느린 움직임과 빠른 말속도는 서로 상반되는 듯 보인다. 그러나 이는 이 질환이 보이는 강직이라는 특성을 바탕으로 생각해보면 개별적인 운동을 수행하는 상황에서는 그 속도가 느릴 수 있으나 반복적인 운동을 수행하게 되면 근저항으로 인하여 운동의 범위가 점점 제한되면서 상대적 수행의 속도가 증가하는 것으로 해석 가능하다. 따라서 이들의 걸음걸이나 교대운동속도의 수행을 관찰해보면, 동일한 범위의 운동을 하면서 속도가 빨라지는 것이 아니라 운동의 범위가 제한되고 감소하면서 속도가 빨라져서 이상소견인 종종걸음을 보이고 말뭉침을 보이게 되는 것이다. 운율적인 측면에서는 단음도 및 단강도로 인하여 운율이 저하되는 양상과 함께 부적절한 숨이 운율에 영향을 준다.

근위축성측삭경화증은 루게릭병으로 불리기도 하며 가장 흔한 운동신경질환에 속하며 일반적으로 2~5년 정도의 생존기간을 보이는 것으로 알려져 있다.⁶⁾ 이들은 상위운동신경과 하위운동신경 모두에 손상이 있기 때문에 상위운동신경증상인 경직과 하위운동신경증상인 약화나 근위축 등의 증상이 동시에 관찰되는 것이 특징이다. 두 증상이 항상 함께 나타나는 것은 아니며 일부 환자에서는 발병 초기에 하위운동신경증상만을 보이다가 병이 진행되면서 상위운동신경증상이 동반되는 경우도 있다. 따라서 이들은 대부분 경직형과 이완형이 혼합된 마비말장애를 보이며 일부에서는 실조형과 경직형이 혼합되는 마비말장애가 관찰되기도 하였다.¹⁾ 말산출 영역별로는 호흡 측면에서 짧은 구(phrase)와 연장된 숨을 보이며

발성 측면에서는 거친 음성(harshness), 쥐어짜는 음성(strained voice), 가청흡기(audible inspiration)를 보인다. 공명측면에서는 과다비성과 비강누출이 관찰되며, 조음측면에서는 부정확한 자음 및 모음 왜곡, 음소연장 등을 보인다. 운율측면에서는 느린 말속도와 단음도 및 단강도, 부적절한 숨으로 인하여 저하되는 운율도 관찰된다.

3. 마비말장애 재활

마비말장애의 재활 원리는 다른 재활의 원리와 유사하게 이미 손상된 신경도 자연적인 회복의 과정에서 세포내의 변화나 세포간의 변화, 시냅스(synapse)의 재연결 등으로 인하여 손상된 부분이 재조직될 수 있다는 신경가소성(neuroplasticity) 원리에 입각한다.⁷⁾ 이 때 수의적으로 손상된 부분에 지속적인 자극을 주거나 움직이도록 하면 행동에 기반한 학습원리에 의해 신경가소성은 더 활성화될 수 있다. 따라서 비교적 병의 초기부터 지속적인 사용에 의한 운동재활을 실시하게 되는 것이 일반적이다. 퇴행성질환의 경우에도 진행의 초기에는 지속적인 집중적인 자극이 세포의 퇴행을 지연시키는데 도움을 줄 수 있으나⁸⁾ 중기를 지나 말기로 진행하게 되면 정확한 말산출을 목표로 하는 수의적이고 직접적으로 행해지는 행동수정재활보다는 환자가 가진 증상을 보완하고 기능적으로 의사소통 할 수 있도록 돕는 것이 보다 현실적인 재활의 목표가 된다. 이러한 맥락에서 말장애 재활의 궁극적인 목적은 원활한 의사소통이 되지만 질환의 상태나 진행단계에 따라서 실제 임상에서 시행되는 목표는 조절되어야 함을 명심해야한다. 따라서 초기단계에서는 자연스럽고 정확하게 구사하는 말의 효율성 증진을 목표로 하고 중기에는 명료도를 유지하는 것이 목표가 되며 말기에는 보완대체의 사소통(augmentative and alternative communication, AAC)의 사용이 목표가 된다. 쉬운 난이도에서 어려운 난이도로 단계적으로 난이도를 올려가면서 진행하는 것이 일반적이고 각 회기 내에서는 성공적인 수행을 하는 것으로 치료 회기가 마무리되는 것이 재활에 대한 동기부여 측면에서 권고된다.⁹⁾

파킨슨병의 마비말장애 재활영역은 조음 및 말속도와 관련한 명료도, 발성, 기능적 의사소통을 위한 AAC의 활용에 중점을 둘 수 있다(Table 1). 조음은 명료도에 영향을 주는 주요한 요인이 되므로 근긴장을 감소시키고 운동의 범위를 증가시키는 조음기관의 스트레칭과 조음장애 치료에 사용되는 전통적인 기법들(예, 조음점 지시해주기, 최소대립쌍 사용, 과장되게 조음하기)이 활용될 수 있다. 명료도 측면에서는 조음과 더불어 말속도를 고려해야 한다. 특히 파킨슨병에서는 조음 자체의 문제로 인하여 명료도가 저하되기도 하지만 빠른 말속도로 인하여 명료도가 저하되기도 한다. 따라서 여

Table 1. Speech therapy for patients with Parkinson's disease

Subsystem	Speech therapy
Intelligibility	For articulation : stretching, phonetic placement, minimal contracts, exaggerated articulation For speech rate : pacing board, alphabet board, metronome, tapping
Phonation	Pushing and pulling approach, Lee Silvermann Voice Treatment, Clear Speech
Functional communication	Amplifier

러 칸으로 나누어져 있는 조율판(pacing board)을 사용하여 문장의 단어나 어절을 말할 때 마다 조율판에 있는 칸을 한 칸씩 손가락으로 짚어가면서 말속도를 조절해줄 수 있다. 또는 한글 자모로 이루어진 글자판을 만들어서 말하고자 하는 단어의 첫 글자를 짚어가면서 말하도록 하기도 한다. 이 두 가지 방법은 환자로 하여금 말속도를 늦추면서 충분하고 정확하게 조음을 할 수 있는 시간을 제공하기 때문에 명료도가 증진되는 효과가 있다. 특히 글자판은 환자가 하고 있는 말에 대한 시각적인 단서를 청자에게 제공하기 때문에 명료도가 다소 많이 저하되는 환자의 의사소통을 도울 수 있다. 이 외에 메트로놈 도구를 사용하여 속도를 조절하기도 하고 위와 같은 도구가 전혀 없는 상황에서는 환자 스스로 책상을 손으로 두드리면서(tapping) 속도를 늦추게 하는 방법도 있으나 환자의 중증도에 따라서 두드리는 속도 자체가 빨라질 수 있기 때문에 적용에 주의가 필요하다. 발성 측면에 대한 치료는 주로 음량증진에 중점을 두고 이루어진다. 강한 발성을 위하여 밀기 및 당기기 기법이나 환자가 산출하는 음량의 크기에 대한 시각적 바이오피드백을 제공하는 기기들을 활용하기도 한다. 파킨슨병환자들을 대상으로 그 효용성이 증명된 집중치료기법인 리실버만음성치료(Lee Silverman Voice Treatment)^{10,11)}를 통하여 음량 증진과 더불어 수의적인 운동과 관련된 부위의 뇌 활성화는 감소하고 보다 자동적인 운동과 관련된 뇌 영역의 활성화가 증가되기도 하였다. 비교적 최근에는 보다 명료한 발화를 유도하기 위하여 소음이 있는 상황이나 청각장애가 있는 대화상대에게 말한다고 가정하고 발화해보도록 하는 치료법(예, Clear Speech)¹²⁾이 파킨슨병을 대상으로 시행되기도 하였다. 기능적 의사소통을 위해서는 음성확성기(amplifier)와 같은 도구를 사용할 수 있다.

근위축성측삭경화증의 경우에는 파킨슨병보다 질환의 진행속도가 빠르므로 재활의 목표를 세울 때 구어산출을 고수하기 보다는 기능적 의사소통의 측면에서 AAC의 활용하는 것에 목표를 두어야 한다. 선행연구에서는 언어재활사가 경험하는 근위축성측삭경화증의 의사소통단계가 질환 초기에 말장애가 두드러지지 않는 시기, 말 오류가 관찰되는 시기, 말명료도에 영향을 받는 시기, 명료도가 저하되는 시기, 명료한 말 산출이 불가능한 시기 순으로 진행된다고 설명하였다.¹³⁾ 여기서 주목할 점은 AAC를 처음 적용하는 시기인데 명료도

가 본격적으로 저하되기 전인 두 번째 단계 정도부터 적절한 AAC를 찾기 위한 평가가 진행되어야 한다는 것이다. 일부 연구에서는 그 기준점을 말속도가 분 당 100단어 이하로 떨어지게 되는 시점으로 제안하기도 한다.¹⁴⁾ 이러한 연구 결과는 환자가 AAC를 적시에 적절하게 사용할 수 있도록 언어재활사가 미리 준비하고 탐색해야 함을 보여준다.

결론

본론에서 제시된 재활 방법들은 혈관성질환으로 인한 마비말장애나 기능적 또는 기질적 조음장애 및 음성장애 환자들에게 사용되는 방법들과 크게 다르지 않다. 그러나 파킨슨병이나 근위축성측삭경화증이 퇴행성질환임을 고려할 때 질환의 말기 단계에 가서는 이러한 행동수정치료법을 통해 말의 수행력을 증진시키는 것이 현실적으로 어려울 수 있음을 직시해야한다. 따라서 언어재활사는 환자의 말장애 진행과정에 대한 추적관찰을 통하여 다양한 전문가들과 함께 질환의 진행을 예측하고, 말장애가 본격화되기 전부터 환자의 잔존능력을 바탕으로 어떤 AAC수단을 선택하고 훈련시킬 것인지를 결정하는 것과 동시에 환자 및 보호자에게 AAC의 활용에 대하여 충분히 설명해야한다. 말언어재활의 근원적 목표가 의사소통을 통한 삶의 질 유지에 있다면 음성확성기나 안구운동추적기 등의 AAC를 적극적으로 활용하는 것 또한 재활의 연장선상에 있음을 재고해야 한다.

중심 단어 : 마비말장애·파킨슨병·근위축성측삭경화증.

REFERENCES

- 1) Duffy JR. *Motor speech disorders: substrates, differential diagnosis, and management.* 3rd ed. St. Louis, MO: Elsevier Inc;2013. p.3-14.
- 2) Muller L, Wenning GK, Verny M, McKee A, Chaudhuri KR, Jellinger K, et al. *Progression of dysarthria and dysphagia in postmortem-confirmed parkinsonian disorders.* Arch Neurol 2001;58(2): 259-64.
- 3) Traynor BJ, Codd MB, Corr B, Forde C, Frost E, Hardiman O. *Amyotrophic lateral sclerosis mimic syndromes: a population-based study.* Arch Neurol 2000;57(1):109-13.
- 4) Jang H, Boltz DA, Webster RG, Smeyne RJ. *Viral parkinsonism.* Biochem Biophys Acta 2009;1792(7):714-21.
- 5) Baker KK, Ramig LO, Luschei ES, Smith ME. *Thyroarytenoid muscle activity associated with hypophonia in Parkinson disease and*

- aging. *Neurology* 1998;51(6):1592-8.
- 6) Bromberg M. *Accelerating the diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis. Neurologist* 1999;5(2):63-74.
 - 7) Drubach A, Makley M, Dodd ML. *Manipulation of central nervous system plasticity: a new dimension in the care of neurologically impaired patients. Mayo Clinic Proc* 2004;79(6):796-800.
 - 8) Kleim JA, Jones TA, Schallert T. *Motor enrichment and the induction of plasticity before or after brain injury. Neurochem Res* 2003; 28(11):1757-69.
 - 9) Brookshire RH. *Effects of task difficulty on sentence comprehension performance of aphasic subjects. J Commun Disord* 1976;9(2): 167-73.
 - 10) Liotti M, Vogel D, Ramig L, New P, Cook C, Ingham RJ, et al. *Hypophonia in Parkinson's disease: neural correlates of voice treatment revealed by PET. Neurology* 2003;60:432-40.
 - 11) Sapis S, Spielman J, Ramig L, Story B, Fox C. *Effects of intensive voice treatment on vowel articulation in dysarthria individuals with idiopathic Parkinson's disease: acoustic and perceptual findings. J Speech Lang Hear Res* 2007;50:899-912.
 - 12) Whitfield JA, Goberman AM. *Articulatory-acoustic vowel space: application to clear speech in individuals with Parkinson's disease. J Commun Disord* 2014;51:19-28.
 - 13) Beukelman DR, Mirenda P. *Augmentative and alternative communication: supporting children and adults with complex communication needs. 4th ed. Baltimore, MA: Paul H. Brookes;2013. p.475-90.*
 - 14) Ball LJ, Beukelman DR, Pattee G. *AAC clinical decision making for persons with ALS. Perspect Augment Altern Commun* 2002;11(1):7.