

Review Article

Open Access

연상법을 이용한 뇌졸중 환자의 관찰적 보행 분석 전략 제안

우영근[†]

전주대학교 의과대학 물리치료학과

Suggested Strategies for Observational Gait Analysis Using a Mnemonic Device for Patients with Stroke

Young-Keun Woo, P.T., Ph.D.[†]

Dept of Physical Therapy, College of Medical Science, Jeonju University

Received: April 18, 2024 / Revised: June 3, 2024 / Accepted: June 11, 2024

© 2024 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation 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/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study suggests observational gait analysis (OGA) strategies for therapists with limited experience in clinics in evaluating patients with stroke during walking.

Methods: The proposed model was the mnemonic STEP APP, whose initials refer to the process of OGA for clinical reasoning and decision-making by identifying problems during walking in patients with stroke.

Results: STEP APP stands for step (S), tibia (T), events (E), phases (P), ankle (A), problems (P), and priority (P). It serves as a procedural guide for OGA in patients with stroke walking on the ground.

Conclusion: This review suggests a simple evaluation of gait using OGA that can be used by therapists who have less experience and difficulty in evaluating patients with stroke during walking. However, it is important to consider the front and back views of motion as well as motion in the transverse plane in order to analyze problems accurately. Furthermore, small joint problems, such as those in the foot, should be considered when evaluating patients with stroke during walking.

Key Words: Hemiplegia, Mnemonic, STEP APP, Stroke, Gait, Observational gait analysis

[†]Corresponding Author : Young-Keun Woo (ykw0092@naver.com)

I. 서론

보행은 인간 움직임의 가장 특징적이면서 많은 분절의 협응성을 요구하는 복잡하고 자동적인 움직임이다(Stephenson et al., 2009). 이러한 보행의 필수 요소는 체중 지지를 동반한 안정성, 에너지의 효율성, 충격 흡수 등의 과제 수행을 동반하는 반복적 동작이다(Rancho Los Amigo NRC, 2001). 보행은 일상 생활에서 필수적으로 이루어져야 하는 능력으로서(Brodie et al., 2017), 인간의 이동 능력과 사회 생활의 참여에 필수적인 요소이다(VanSwearingen et al., 2011). 따라서, 이러한 보행 능력은 일상 생활 회복과 복귀를 원하는 많은 재활 대상 환자뿐만 아니라 뇌졸중 환자에서는 필수적이며 가장 필요로 하는 영역이다(Reichl et al., 2020).

뇌졸중 환자에서 보행 능력은 일상 생활 복귀와 재활 과정에서 필수적이며 많은 어려움을 호소하는 훈련 영역으로서, 대부분의 뇌졸중 환자의 보행 능력은 일상 생활 복귀에 어려움을 만들어내는 영역 중의 하나로 보고되고 있다(Bland et al., 2012.) 뇌졸중 환자 보행의 가장 대표적인 특성은 비대칭적 보행 패턴과 보행 변수가 제시하고 있으며(Lauziere et al., 2014; Patterson et al., 2008), 이러한 비대칭적 요소는 뇌졸중으로 인한 편마비로 발생하며, 감각 계통과 운동 계통의 비대칭적 요소가 원인이 된다(Li et al., 2018). 또한, 보행의 복잡한 조절 기전과 뇌졸중 환자의 복잡한 운동 조절 계통으로 인하여 훈련뿐만 아니라 평가에서도 많은 어려움을 가지고 있다(Mukaino et al., 2016).

일반적으로 보행 평가 방식은 도구를 이용한 평가(Bensoussan et al., 2008), 검사 및 측정을 이용한 평가(Bloemendaal et al., 2012), 그리고 관찰적 보행 평가 방식(Toro et al., 2003)이 많이 사용되고 있다. 하지만, 도구를 이용한 평가 방식은 도구를 사용하기 위한 공간이나 도구 사용의 익숙함, 그리고 비싼 장비를 준비하여야 하며(Tau et al., 2012), 인공적인 환경에서의 측정 등의 이유로 실제 임상에서 사용하기에는 많은 제약이 발생하고 있다(Praschiv-Ionescu et al., 2019). 또한, 검사와 측정을 이용한 평가 방식은 단순한 측정

값의 제공으로 보행 시 문제점을 바로 찾는데 어려움이 있을 수 있다(Simon, 2004). 따라서, 실제 임상 현장에서 보행 시 문제점을 찾기 위한 보행 평가 방식은 관찰을 통한 보행 분석 방식이 현실적인 방안으로 제시되고 있다(Adams & Cerny, 2018).

Perry와 Burnfield (2010)는 관찰적 보행 분석을 할 수 있도록 평가 폼을 제시하였으며, 이는 Perry가 근무 하였던 Rancho Los Amigo National Rehabilitation Center (2001)에서 발간한 관찰적 보행 분석 책자에 소개되어 있다. 하지만 Adams & Cerny (2018)는 Perry가 제시한 평가 폼보다 좀 더 쉽고 간결하게 구성하도록 제시하였다. 관찰에 기초한 보행 분석 평가 폼은 다양하게 제시되고 있으나(Daly et al., 2022; Lord et al., 1998), 대부분의 평가 폼은 별도의 평가 양식을 사용해야 하며, 많은 요소를 검사 과정에 포함하고 있다. 그러나 임상적 추론 과정은 물리치료가 환자의 문제점을 찾고 그 원인이 무엇인지 생각하는 필수적인 과정이며(Seale & Utsey, 2020), 실제 표면으로 표출되는 과정이 아니며, 경험이 적은 치료사의 입장에서는 쉽지는 않다(Adams & Cerny, 2018).

임상적 추론 과정은 필수적인 과정이나 경험이 적은 치료사에게는 어렵게 생각하고 평가하는 과정을 힘들게 한다. Woo (2019)는 신경계 환자의 복잡한 임상적 추론 과정을 PT STRESS (Pain, Trunk, Sensory, Tone, Range of motion, Emotion, Strength, Stability) 연상법을 이용하여 쉬운 방식으로 제시하였으며, 국제PNF 협회에서 사용하는 환자 평가 양식에서도 SMART (Specific, Measurable, Assignable, Realistic, Timed) 연상법을 이용하여 환자 중심의 목표를 설정하도록 제안하고 있다(IPNFA[®], 2019). 하지만, 보행의 경우는 정적인 동작이나 자세의 문제점을 추론하는 과정이 아니며, 환자가 지속적으로 움직이는 동작의 관찰을 요구하기 때문에 많은 어려움을 가질 수 있다. 또한, 보행 주기를 만들어 내는 과정이 짧은 시간에 발생되고, 동시에 많은 관절을 관찰해야 하며, 보행의 기본적인 지식을 가지고 있지 않으면 관찰적 보행 분석이 어려울 수 있다. 따라서, 본 제안을 통해 현실적으로 사용

가능한 관찰적 보행 분석을 연상법과 연결하여 쉽고 사용 가능한 보행의 임상적 추론 과정과 연결하고자 하였다.

II. 본 론

1. 제안 배경

보행 문제 해결을 위해 가장 많이 사용할 수 있는 보행 분석 방법은 3차원 동작 분석기를 이용한 분석이다. 하지만 이러한 방법은 일정 시간의 평가 공간을 요구하며, 값비싼 장비의 사용과 공간을 요구하게 된다. 또한, 이러한 분석을 도출된 값은 보행 시 문제점을 알려주기 어렵다. 특히, 뇌졸중과 같은 운동 조절의 어려움이 있는 환자는 3차원 동작분석기를 이용한 평가 시간에 더 많은 시간을 요구하게 되지만, 실제 문제점을 도출하는 과정을 어렵게 한다.

임상에서 보행의 측정 및 검사로 많이 사용하는 10미터 걷기 검사는 아주 훌륭하고 편하게 사용할 수 있는 평가도구이다(Lindholm et al., 2018). 10미터 걷기 검사는 정상 값의 연구 결과 뿐만 아니라 뇌졸중 환자의 보행 특성이나 임상적 최소 감지값등이 이미 많이 보고되고 연구되거나 치료 결과의 비교를 확인하는 과정에서 많이 사용하기 좋은 평가라고 할 수 있다(Perera et al., 2006; Severinsen et al., 2011; Tilson et al., 2010). 하지만, 이 역시 측정 결과 값으로만 환자의 보행 문제점을 확인하는 과정을 알 수 없어 실제 환자의 문제점을 확인하는 과정을 가져야 한다. 예를 들어, 10미터 보행 측정 값이 35초라고 하였을 경우, 보행의 어떤 단계(phases)에서 어떤 근육 작용이 문제가 있는지는 알 수 없다. 따라서, 이러한 부분을 보완하기 위해 관찰적 보행 분석(Observational Gait Analysis, OGA) 방법이 제시되고 있다(Adams & Cerny, 2018).

OGA는 관찰자 즉, 치료사가 환자의 보행을 직접 관찰한 후, 보행 시 다리, 골반 및 몸통의 움직임 편위(deviation)을 관찰한 후, 이에 문제가 될 수 있는 문제

점에 대한 가설을 확인하는 과정으로 이루어진다(Adams & Cerny, 2018; Perry & Burnfield, 2010; Rancho Los Amigo NRC, 2001). 따라서, 보행 시 관찰된 편위를 보고 문제점의 가설을 설정하는 과정은 보행 시 어려움을 가지는 환자의 실질적 임상적 추론(Clinical Reasoning) 과정이 된다. 이러한 임상 추론 과정의 중요성은 많은 연구들(Atkinson & Nixon-Cave, 2011; Rothstein et al., 2003; Rauch et al., 2008)에서 강조하고 있다. 하지만, 뇌졸중 환자가 보이는 보행은 많은 관절의 주요 문제점과 편위를 가지고 있으며, 여러 관절에서 동시다발적으로 발생하는 편위와 문제점이 움직이는 보행 동작에서 찾는 과정은 쉽지 않다. 또한, 보행 시 이루어져야 하는 필수적인 동작 등과 문제점을 체계적으로 점검할 수 있는 쉬운 방법이 필요하며, 복잡한 관찰적 보행 분석의 많은 연습 과정을 쉽게 접근할 필요가 있다. 따라서, 본 제안은 보행 분석에 어려움을 가지고 경험이 적은 치료사에게 쉽고 빠르게 중요한 보행 분석의 문제점을 찾아가는 추론 과정을 보다 쉽게 기억하고 안내하기 위한 연상법을 제안하고자 한다.

2. STEP APP 추론 전략

STEP APP 추론 전략은 실질적 보행 분석에 어려움을 가지고 있는 치료사가 쉽게 임상에서 즉각적으로 보행 주기(Fig. 1)의 단계별 분석을 실행하고, 이에 따른 문제점의 가설을 설정하는 임상 추론 과정을 쉽게 찾아가는 과정의 도움을 주고자 하였다. STEP APP의 의미는 STEP은 보행 시 가장 쉽게 시각적으로 관찰할 수 있으며, 가장 많이 사용하는 시공간적 보행 평가 변수로 사용하고 있는 변수에 해당된다(Herssens et al., 2018). 그리고 APP은 어플 또는 앱으로 불리우는 단어로, 현대인들이 가장 많이 사용하고 있는 스마트폰의 애플리케이션(application)의 약어로 사용된다. 스마트폰의 앱은 현대인들이 가장 많은 정보를 찾는 방식으로 언제 어디서든 앱을 이용한 여러가지 정보나 연락 등 다양한 활동을 할 수 있게 한다. 따라서, 보행에서 많이 사용하는 변수 STEP과 현대인에게 익

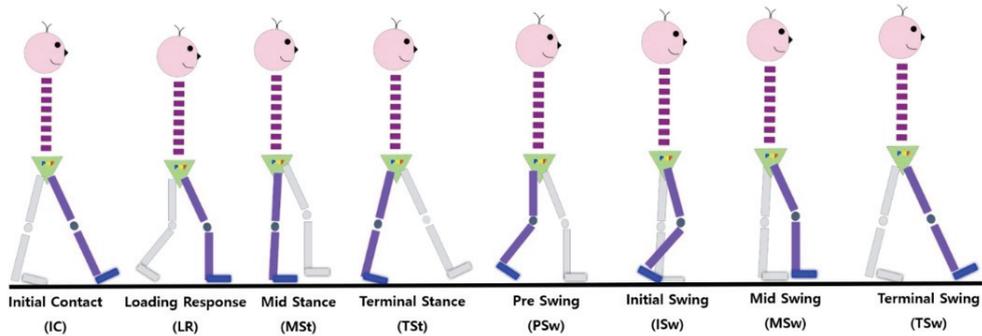


Fig. 1. Overview of Gait Cycle.

숙한 정보 활용 방법인 스마트폰의 APP이라는 두 단어를 사용하여, 관찰적 보행 분석을 쉽게 접근하여 문제점의 가설을 찾아가는 쉬운 추론 과정을 제안하고자 하였다(Fig. 2)(Fig. 3).



Fig. 2. Flow of STEP APP.

S	T	E	P	A	P	P
Step	Tibia	Events	Phases	Ankle	Problems	Priority

Fig. 3. Summarized contents of STEP APP.

1) S - Step (발 걸음)

S는 Step의 의미를 가진다. 발 걸음은 보행 시 가장 관찰하기 쉬운 부분이며 평가 시 많이 사용하는 시공간적 보행 변수 중의 하나이다(Balasubramanian et al., 2009; Balasubramanian et al., 2007). 발 걸음 길이는

두 다리의 뒤꿈치 닿기 사이의 거리로 정의한다 (Neumann, 2017). 따라서, 보행 시 발 걸음 길이는 보행 주기에서 말기 유각기(Terminal Swing, TSw)가 길어지게 되면 발 걸음 길이는 증가하게 된다. 즉, 유각기 (swing phase) 기간에 따라 보행 시 발 걸음 길이가 결정될 수 있으며, 오른쪽과 왼쪽의 발 걸음 길이를 비교하게 되면 보행의 대칭성을 평가하는데 도움이 된다(Neumann, 2017). 이를 이용하여, 유각기 발을 관찰하고자 하는 발 옆에 내려 놓은 위치에 따라 보행 주기를 추론할 수 있다. 예를 들어 Figure 4의 (a)와 같이 오른쪽 발(RT)을 왼쪽 발(LT)옆에 내려 놓게 되면, 초기 유각기(Initial Swing, ISw)로 오른쪽 발을 보행 주기를 마무리하게 한다(Fig. 1. 참조). (b)와 같이 오른쪽 발을 왼쪽 발 옆에 내려 놓게 되면, ISw와 중간 유각기(Mid Swing, MSw) 중간에 보행 주기를 마무리한다. 또한, (c)와 같이 오른쪽 발을 왼쪽 발 앞에 내려 놓게 되면, MSw로 보행 주기를 마무리하게 된다. 그리고, (d)와 같이 오른쪽 발을 왼쪽 발보다 멀리 내려놓게 된다면 말기 유각기(Terminal Swing, TSw)로 보행 주기를 마무리한다. 즉, 오른쪽 ISw, MSw, TSw에 대한 부분을 발을 내려 놓는 위치에 따라 대략적 구분이 가능하며, 오른쪽 다리의 ISw, MSw, TSw 동안 왼쪽 다리는 중간 입각기(Mid Stance, MSt)와 말기 입각기(Terminal Stance, TSt)를 수행하게 된다(Perry & Burnfield, 2010). 즉, Step (발 걸음)만으로 보행 주기 중 ISw, MSw, TSw, MSt, TSt의 총 5개의 구간을 추론할 수 있다.

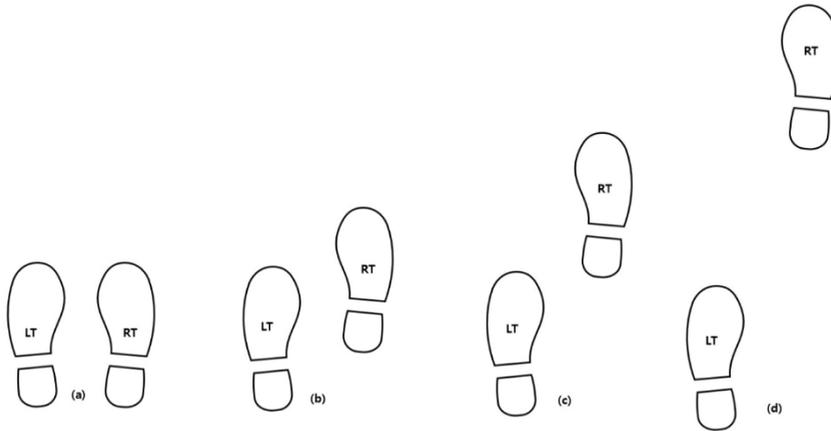


Fig. 4. Types of step by step.

2) T - Tibia (정강뼈)

T는 Tibia (정강뼈)를 의미한다. 정강뼈는 무릎 관절과 발목 관절을 이루는 주요 뼈로서 관찰적 보행 분석할 경우 쉽게 볼 수 있다. 보행을 관찰할 경우, 움직임 시 각도 변화는 주요 보행 주기 및 문제점을 유추하는 핵심 요소가 될 수 있다. 하지만, 일반적으로 움직임 시 각도 변화를 시각적으로 관찰하는 것은 쉽지 않다. 보행 분석의 유명 학자인 Perry와 Burnfield (2010)는 보행 시 주요 단계의 정의를 정강뼈 기준으로 제시하였다. 앞의 제시한 Step (발 걸음)으로 5개의 보행 주기 단계를 유추한 후, 정강뼈와 지면의 수직 지점과의 관계로 추가적 확인이 가능하다. MSt는 발바닥이 땅에 닿은 상태에서 발목 굽힘 각도가 5도까지가 해당된다(Perry & Burnfield, 2010). 즉, MSt를 끝까지 수행하는지는 정강뼈가 지면과 수직인 점을 약간 넘게 된다면 이는 MSt를 포함한 보행을 하는 경우로 볼 수 있다. MSw의 기준점도 정강뼈가 지면과 수직인 지점까지 정의 내리고 있다. 유각기 동안 정강뼈가 지면과 수직 지점 전에서 내려놓게 되면 ISw (무릎 굽힘 60도), 정강뼈가 수직점에서 내려 놓게 되면 MSw (무릎 굽힘 25도), 그리고 정강뼈가 수직점보다 앞쪽으로 이동하여 내려 놓는다면 TSw (무릎 펴 상태)까지 수행하는 보행을 하게 된다. 따라서, 앞에서 제시한 Step과 Tibia를 추측으로 5개의 보행 단계 구간을 확인할 수 있다.

3) E - Events (이벤트)

Events는 보행을 시각적으로 관찰할 경우 필수적으로 체크해야 하는 주요 이벤트(Critical Events)를 의미한다. 시각적으로 보행 주기를 관찰하는 경우 각도 변화를 시각적으로 확인하여 정확한 위치를 기록하거나 정상적 보행 주기 시 운동역학과 비교하는 것은 쉬운 것이 아니다. 하지만, 주요 이벤트를 이용하면 쉽게 보행 주기의 문제가 되는 곳을 유추할 수 있다. Rancho Los Amigo NRC (2001)에서는 MSt의 주요 이벤트를 정강뼈가 지면과 수직인 지점을 지나가는지를 제시하고 있다. 따라서, MSt는 앞에서 제시한 Step과 Tibia와 주요 이벤트를 통해 MSt를 확인할 수 있다. 또한, TSw의 경우는 정강뼈가 지면과 수직에서 떨어져 퍼지는 지점 까지를 주요 이벤트로 제시하고 있다. ISw와 MSw는 반대쪽 다리의 MSt에 해당되며, TSw는 반대쪽 다리의 TSt에 해당되게 되므로(Perry & Burnfield, 2010), 비대칭인 뇌졸중 환자의 보행 특성을 이용한다면 쉽게 보행 주기의 문제가 되는 부분을 확인할 수 있다(Balasubramanian et al., 2007; Neumann, 2017). 그리고 초기 접촉기(Initial Contact, IC)는 뒤꿈치가 먼저 닿는 것, 부하 반응기(Loading response, LR)는 엉덩 관절 25도 굽힘 위치에서 안정성, 조절된 무릎의 15도 굽힘과 조절된 발목 굽힘 10도 동작을 주요 이벤트로 제시하고 있다(Rancho Los Amigo NRC, 2001).

Abbott 등(2022)은 물리치료사의 경우 단일 면에서 앞으로 구부리거나 스쿼트(squat)에서 최소 12도 이상이 되어야 관찰 가능하다고 하였다. 즉, LR의 주요 이벤트를 시각적으로 관찰할 경우 약간의 구부림이 시각적으로 보인다면 12도 이상일 경우로 추측할 수 있다. TSt는 뒤꿈치를 들면서 발목 굽힘의 조절과 다리가 뒤에 달려있는 위치(trailing limb posture)를 제시하고 있다(Rancho Los Amigo NRC, 2001). 다리가 뒤에 달려있는 위치는 약 15도까지 엉덩관절의 과범이 발생한다는 것이며(Perry & Burnfield, 2010), 이 경우도 관찰이 가능한 정도로 볼 수 있는 영역으로, 뒤꿈치를 들고 다리가 몸통 기준으로 15도 뒤에 있는 위치를 확인하는 과정이다. 전유각기(Pre Swing, PSw)는 무릎 각도가 40도 굽힘, 그리고 빠른 발목의 발바닥 굽힘, ISW와 MSw는 엉덩관절, 무릎관절과 발목관절의 굽힘을 주요 이벤트로 제시하고 있다(Rancho Los Amigo NRC, 2001).

4) P - Phases (단계)

P는 단계를 의미하며 보행 주기는 총 8개의 단계로 구분하여 분석한다(Perry & Burnfield, 2010)(Fig. 1). 또한, 이러한 보행 주기 동안의 단계는 연속적인 과정이며, 양쪽 다리의 보행 주기가 서로 협응적이며 움직이는 복합적인 과정으로 형성된다. 앞에서 제시한 Step과 Tibia, 그리고 Events를 반대쪽 다리의 보행 주기를 고려하여 더욱더 정확한 보행 주기 단계를 확인할 수 있다. 이러한 복잡한 보행 주기 중, 특정 보행 단계에서의 문제점은 이미 많은 연구자들에서 밝혀진 운동 역학(kinetics)과 운동 형상학적(kinematics) 관점의 이론을 유추하는데 사용할 수 있다(Sharififar et al., 2019). 또한, 8개의 각 보행 단계는 각각의 비율이 서로 다르게 구성되어 있으며, 특정한 보행 과정의 수행에서 각각의 단계 비율의 대칭성이 중요하며 보행의 협응성을 결정하는데 중요하게 작용한다(Iosa et al., 2019). 따라서, P (Phases)의 단계에서는 앞에서 제시한 STE의 세 단계를 통하여 빠진 보행 주기가 있는 지와

어느 단계(Phases)의 문제가 있는지 결정하는 단계에 해당된다.

5) A - Ankle (발목)

A는 발목 관절을 의미하며, STEP을 통하여 문제가 되는 보행 단계가 결정이 되었다면, 보행을 직접적으로 수행하는 다리의 관절 중 어느 관절이 문제가 되는지에 대한 구체적인 추론이 필요하다. 발목은 보행시 가장 아래쪽에 위치하는 관절으로서, 실제 관찰적 보행 분석 시 가장 먼저 시각적으로 관찰하도록 제안하고 있다(Adams & Cerny, 2018). 발목 관절은 보행시 100%의 체중 지지 뿐만 아니라 중력이 포함된 체중을 지지해야 하는 과정이 요구되며, 자세 조절에 필수적으로 요구되는 체성감각(somatosensory)의 입력을 발바닥으로부터의 받게 된다(Lewek, 2011; Liang et al., 2021). 또한, 발목 관절은 긴 지레 팔의 토크값으로 몸 전체를 조절해야 하는 과정을 수행해야 한다(Lee et al., 2016). 따라서, 발목 관절은 감각입력과 불리한 역학적 상황, 그리고 많은 체중을 버텨야 되는 복잡한 과정의 조절을 수행해야 하기 때문에 보행 주기 중 발목의 역할은 매우 중요하다. 발목 관절은 다리의 여러 관절의 관찰 시 필수적으로 먼저 시작해야 하는 중요 관절에 해당된다. 발목 관절의 관찰 이후, 무릎, 엉덩관절, 골반과 몸통의 주요 편위(deviation)을 확인하여 다음 단계의 Problems와 연결하여 의사결정을 한다.

6) P - Problems (문제점)

P는 Problems (문제점)을 의미한다. 우리가 보행 주기를 시각적으로 관찰하여 보는 것은 움직임의 편위(deviations)이다. 앞의 단계를 통하여 보행의 특정 단계에서 정상 보행 주기와 일치하거나 부족하지 않아 문제점으로 결정을 하게 되면 임상적 추론이 마무리 되는 것은 아니다. 대부분 임상에서 시각적 관찰을 통해 발견하는 것은 실제 문제점이기보다는 현상에

해당된다. 흔히 보행 중 많이 관찰하는 발 처짐(foot drop), back knee라고 하는 무릎 젓힘(genu recurvatum)은 실제 문제가 아니고 시각적으로 관찰되는 현상이다. 문제점이라고 하는 것은 어떠한 상황에서 실제 해(harmful)가 되거나 원인으로서 극복해야 하는 것을 의미한다(Cambridge, 1995). 따라서 관찰을 통한 보행 분석은 문제점으로 연결해야 하며, 이러한 문제점의 범주에 들어갈 수 있는 것은 기형(deformity), 근육 약화(muscle weakness), 감각 소실(sensory loss), 통증(pain)과 손상된 운동 조절(impaired motor control)로 구분하여 제시하고 있다(Adams & Cerny, 2018; Perry & Burnfield, 2010; Rancho Los Amigo NRC, 2001). 그러므로 치료사는 앞의 과정을 통하여 실제 어떤 문제가 원인 인지에 대한 것을 가설로 설정하여야 한다.

7) P - Priority (우선순위)

마지막 P는 Priority (우선순위)를 의미한다. 즉 앞의 모든 과정에서 문제점까지 가설로 도출하였다면 복잡한 보행 조절의 특성상 한가지의 문제점만 도출되지는 않는다. 또한, 여러 문제를 동시에 접근하여 훈련하거나 조절하는 것은 운동 조절의 어려움이 있는 환자에서는 쉽지 않다. 따라서, 도출된 여러 문제점들 중에서 어떠한 부분이 더 많은 영향력을 줄 것인지에 대한 치료사의 임상 의사 결정(clinical decision making)과정이 이 과정에 해당된다(Rothstein et al., 2003). 임상 의사 결정은 임상 추론을 통한 치료사의 의사 결정 과정으로 환자의 평가뿐만 아니라 치료 과정에서 반드시 수행해야하는 과정으로 이는 눈으로 관찰되지 않으며, 치료사 본인의 브레인스토밍(brainstorming)과정이 된다(Schenkman et al., 2006).

3. 임상 적용 예

본 STEP APP의 쉬운 이해를 위하여 오른쪽 뇌졸중으로 인한 왼쪽 편마비 환자의 보행 분석 과정 전략을 예를 들어 제시하고자 한다.

1) S - Step (발 걸음)

왼쪽 편마비 환자의 보행 시 오른쪽 발을 Figure 4의 (b)나 (c)에 내려 놓는 것을 가정해 본다. 편마비 환자의 처음 보행 관찰은 건측 발을 환측 발 옆(b) 또는 앞(c)에 내려 놓는 것을 관찰한다. 이는 건측 발이 (b)의 경우 ISw, (c)의 경우는 MSw까지 수행하는 것을 의미한다. 건측 ISw와 MSw과정은 환측 MSt 단계에 해당된다. 이후 왼쪽 발을 오른쪽 발 옆 또는 앞에 내려놓는가를 관찰하게 되면 환측의 ISw, MSw을 확인할 수 있다.

2) T - Tibia (정강뼈)

S를 통한 ISw, MSw와 MSt의 보행 단계를 T(정강뼈)를 이용하여 확인한다. 건측 정강뼈가 지면과 수직점까지 이루어진 후 내려 놓게 되면 건측 MSw를 의미하며, 지면과 수직 지점 이전에 내려 놓으면 ISw, 정강뼈가 수직 지점 이후 앞으로 이동하게 된다면 TSw까지 수행하는 것을 의미한다. 또한, 이러한 과정에서 환측 정강뼈가 입각기 시 지면과 수직점 이후로 지나간다면 MSt의 단계를 수행하는 것이며, 수직 지점 이전에 끝이 난다면 MSt 단계를 수행하지 못하게 되는 것을 의미한다. 이후 환측의 정강뼈가 지면의 수직점에서 내려 놓게 되면 환측의 MSw을 수행하는 것으로 관찰할 수 있다.

3) E - Events (이벤트)

S와 T단계를 통하여 환측 MSt 단계의 문제가 있다고 관찰되었다면, 앞서 제시한 정강뼈(T)와 지면 수직점과의 관련성을 확인한 후, 이외의 보행 단계의 이벤트를 확인한다. 이미 MSt 단계 수행이 어렵다면 TSt 단계 수행은 더 어렵기 때문에 TSt는 관찰의 대상이 아니다. 즉, 뒤꿈치가 먼저 닿는지를 관찰하여 IC를 확인하고, 발이 닿는 순간 정강뼈(T)의 조절된 굽힘과 함께 엉덩 관절의 안정성을 관찰하여 LR을 확인한다.

이후, 몸통과 다리가 수직인 상태에서 무릎 굽힘인 PSw, 엉덩 관절, 무릎 관절과 발목 관절의 굽힘으로 ISw, 정강뼈와 수직 지점과의 관련성으로 MSw를 구분하고, 이후 TSw를 확인하면 된다. 하지만, 앞서 TSt를 수행하지 않는다면 TSw와 IC 또한 수행하는 것으로 볼 수는 없다.

4) P - Phases (단계)

P에서는 단계를 의미한다. STE 과정을 통하여 이 왼쪽 편마비 환자는 MSt의 완전성 확인, TSt의 부재, 그리고 ISw, MSw, TSw를 확인할 수 있으며, E 과정을 통하여 IC, LR 그리고 PSw를 추가적으로 확인할 수 있다. 보행은 양쪽 다리의 협응적 움직임이므로 왼쪽 편마비 환자에서 오른쪽의 건측 다리로도 환측의 왼쪽 보행 단계를 추론하여 확인할 수 있다.

5) A - Ankle (발목)

A 단계에서는 발목 관절의 문제점부터 찾아가는 과정에 해당된다. 예를 들어 MSt와 TSt 동안 발목관절에서는 발바닥 굽힘근의 편심성 수축 능력과 100%의 체중 지지 능력을 요구하게 된다. 그렇다면 치료사는 발바닥 굽힘근의 능력을 검사 및 측정해야 한다. ISw, MSw, TSw의 발목 관절은 발등 굽힘근의 근력을 확인해야 한다. 이후 무릎 관절, 엉덩 관절과 골반과 몸통의 편위 문제를 추가적으로 확인하는 과정을 수행한다.

6) P - Problems (문제점)

P 단계에서 문제점을 확인하는 과정이다. 앞의 과정에서 발목 관절의 주요 문제로 생각된다면, 이러한 문제가 발바닥 굽힘의 근력의 문제, 발바닥의 감각이나 발목 관절의 고유수용감각, 발목의 기형, 발목 관절의 운동 조절 문제 그리고 발목 관절의 기형인지를 확인하는 과정이 필요하다. 이후 무릎 관절을 포함한 다리 위쪽의 관절들의 문제점 또한 확인하는 과정이

필요하다.

7) P - Priority (우선순위)

마지막 P 단계에서 Priority (우선순위)를 정해야 한다. MSt를 먼저 해결할 것인가? 발목의 문제를 먼저 해결할 것인가? ISw, MSw, IC, LR의 단계 중 어느 것을 먼저 해결할 것인가를 결정해야 한다. 이러한 것은 환자의 많고 다양한 요소를 반영하여 결정해야 한다. 또한, 이 결정 과정에서 통증이나 기형 등의 문제점등이 있다면 더 많은 고려 사항이 발생하게 된다. 통증 또한 환자의 감각적 표현이며, 기형의 경우 또한 물리치료적 접근 방법으로 해결이 가능할 것인가에 대한 심각한 고민이 필요하다.

4. 임상 적용 팁(tip)

STEP APP을 사용하기 위해서는 환자의 보행이 가능해야 한다. 특히 Figure 4에서 제시한 Step이 a~d의 어디에 속하는지 확인하게 되면 보행 주기의 기초적인 내용을 확인할 수 있다. 대부분의 뇌졸중 환자의 보행 시작은 a~c의 방법으로 보행을 시작한다. 따라서, STEP APP 연상법을 이용한다면 대부분의 재활 초기 및 중반에 보행 훈련을 시작하는 환자에게 쉽게 접근할 수 있다(Table 1 참조). 또한, STEP APP은 기존 선행 연구자들이 제시한 방법보다 쉽고, 가장 큰 문제 및 중요 편위를 먼저 찾을 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만, 보행 능력이 어느 정도 잘 이루어지는 환자의 경우는 STEP APP을 통해 관찰되지 않는 문제점이 있거나 적게 관찰된다. 그렇다면 선행 연구자들이 제시한 평가 폼을 이용하여 환자의 문제점과 편위를 더욱 자세하게 찾아 임상 추론에 사용하면 된다. 또한, 보행 시 보행 보조 도구를 이용한 보행의 관찰은 보행 보조도구의 이용으로 인한 보행 시 동작의 변화가 발생할 수 있기 때문에 이러한 과정은 반드시 표시를 하는 것이 좋으며, 특히 동료 치료사들과 의사소통에서는 반드시 메모하는 것이 필요하다.

Table 1. Sample Check list for using STEP APP

	Step - figure 4 (a)	Step - figure 4 (b)	Step - figure 4 (c)	Step - figure 4 (d)
S (Possible Including Phases)	* Initial swing * Loading response * Early midstance	* Initial swing * Loading response * Early midstance * Pre-swing	* Initial swing * Mid swing * Loading response * Early and late midstance * Pre-swing	* All 8 phases
	↓	↓	↓	↓
T (Tibia in Vertical Line)	* Less enough in initial swing * Tibia advancement in vertical in midstance	* Less enough in initial swing * Tibia advancement in vertical in midstance	* Less enough in initial swing * Vertical line in mid swing * Tibia advancement in vertical in midstance	* Less enough in initial swing * Vertical line in mid swing * More enough in terminal swing * Vertical line in midstance
	↓	↓	↓	↓
E (Missing T Components Based on S)	* Check critical events in loading response	* Check critical events in loading response and pre-swing	* Check critical events in loading response and pre-swing	* Check critical events in initial contact, loading response, terminal stance, pre-swing
	↓	↓	↓	↓
P (Check Phases in Missing Component during STE)	* Initial contact, terminal stance, pre-swing, mid swing, terminal swing	* Initial contact, terminal stance, mid swing, terminal swing	* Initial contact, terminal stance, terminal swing	* Check all 8 phases
	↓			
A - Ankle	Starting observation of kinematics from ankle to pelvis			
	↓			
P - Problem	Considering kinetics, sensory problems, pain, impaired motor control, etc.			
	↓			
P - Priority	Decision making based on problems			

5. 제한점

보행은 3차원적 동작과 복잡한 조절 과정을 요구하는 움직임이다. 또한, 보행은 언덕길, 계단, 실외보행 등 다양한 환경에서의 보행을 수행해야 한다. 하지만, 앞서 제안한 전략은 평지의 일반적인 보행 분석을 시각적으로 관찰하는 경우를 대상으로 하였다. 또한, 비교적 보행 분석이 어렵거나 경험이 적은 신경계 물리

치료사가 쉽게 시작하면서 사용할 수 있는 전략으로 제시되었으며, 보행의 앞쪽과 뒤쪽면에서 관찰, 그리고 수평면에서의 움직임 관찰을 포함하지는 않았다. 보행 시 가장 움직임이 많이 발생하는 옆면에서의 관찰적 보행 분석 전략을 제시하였으며, 발에 포함된 작은 관절들 또한 포함하지 않았다. 따라서, 옆면에서 큰 관절 위주의 시각적인 보행 분석이 익숙해지고 다양한 문제점들이 존재하는 것을 고려한다면, 앞과 뒤, 그리고 수평면과 발의 작은 관절들에 대한 보행 분석

또한 반드시 고려해야 한다.

Ⅲ. 결 론

시각적으로 움직이는 동작을 관찰한 후 문제점을 도출하는 과정은 경험이 적은 치료사나 익숙하지 않은 치료사에게는 쉬운 과정이 아니다. 또한, 뇌졸중 환자가 가지는 복잡한 운동 조절 결함의 결과로 수행하는 보행의 임상적 분석은 쉬운 과정이 아니지만 임상 추론과 임상적 의사 결정은 반드시 평가와 치료 과정에 포함해야 한다. 본 고찰은 연상법을 이용하여 특정한 절차와 반드시 점검해야 하는 보행의 주요 특성들을 쉽게 적용하여 문제점을 찾아가는데 도움을 주고자 제안하였다. STEP APP은 보행의 시공간적 변수로 많이 사용하는 STEP과 현대인이 가장 많이 사용하는 스마트폰의 애플리케이션의 약어 APP를 이용하여 쉽게 기억하도록 하였다. S는 Step (발 걸음 기반의 분석), T는 Tibia (정강뼈 기준으로 각 보행 단계의 기준 확인), E는 Events (주요한 보행 단계의 이벤트를 확인을 통한 보행 편위 확인), P는 Phases (보행 단계의 문제 단계 최종 확인), A는 Ankle (발목 관절부터의 편위 확인), P는 Problems (편위로 부터의 문제점 가설 도출), P는 Priority (도출된 가설과 문제점들의 우선 순위 결정)과정으로 제안하였다. 하지만, 본 추론 전략은 경험이 적은 치료사는 보행 평가를 쉽게 접근하는데 좋은 제안이 될 수 있으나, 보행이 가지는 3차원적 동작의 특성을 고려한다면 앞면, 뒷면과 수평면상에서의 움직임 분석과 작은 관절들과 다양한 문제점들이 있는 것을 반드시 고려해야 한다.

References

Abbott E, Campbell A, Wise E, et al. Physiotherapists could detect changes of 12 degrees or more in single-plane movement when observing forward bending, squat or hand-over-head: a cross-sectional experiment. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2022;61: 102594.

- Adams JM, Cerny K. *Observational gait analysis*. SLACK Incorporated. 2018.
- Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, et al. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(1):43-49.
- Balasubramanian CK, Neptune RR, Kautz SA. Variability in spatiotemporal step characteristics and its relationship to walking performance post-stroke. *Gait & Posture*. 2009;29(3):408-414.
- Bensoussan L, Viton JM, Barotsis N, et al. Evaluation of patients with gait abnormalities in physical and rehabilitation medicine settings. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2008;40(7):497-507.
- Bland MD, Sturmoski A, Whitson M, Connor LT, Fucetola R, Huskey T, et al. Prediction of discharge walking ability from initial assessment in a stroke inpatient rehabilitation facility population. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012;93(8):1441-1447.
- Bloemendaal M, van de Water ATM, van de Port IGL. Walking tests for stroke survivors: a systematic review of their measurement properties. *Disability and Rehabilitation*. 2012;34(26):2207-2221.
- Brodie MA, Coppens MJ, Ejupi A, et al. Comparison between clinical gait and daily-life gait assessments of fall risk in older people. *Geriatrics & Gerontology International*. 2017;17(11):2274-2282.
- Cambridge. *International dictionary of English*. New York. Cambridge University Press. 1995.
- Daly JJ, McCabe JP, Gor-Garcia-Fogeda MD, et al. Update on an observational, clinically useful gait coordination measure: the Gait Assessment and Intervention Tool (G.A.I.T.). *Brain Sciences*. 2022;12(8):1104.
- Herssens N, Verbecque E, Halleman A, et al. Do spatiotemporal parameters and gait variability differ across the lifespan of healthy adults? A systemic review. *Gait*

- & *Posture*. 2018;64:181-190.
- International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association. IPNFA® new assessment form. Education Committee, 2019.
- Iosa M, De Bartolo D, Morone G, et al. Gait phase proportions in different locomotion tasks: the pivot role of golden ratio. *Neuroscience Letters*. 2019;699:127-133.
- Lauzière S, Betschart M, Aissaoui R, et al. Understanding spatial and temporal gait asymmetries in individuals post stroke. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2014;2(3):201.
- Lee H, Rouse EJ, Krebs HL. Summary of human ankle mechanical impedance during walking. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*. 2016;4: 2100407.
- Lewek MD. The influence of body weight support on ankle mechanics during treadmill walking. *Journal of Biomechanics*. 2011;44(1):128-133.
- Li S, Francisco GE, Zhou P. Post-stroke hemiplegic gait: new perspective and insights. *Frontiers in Physiology*. 2018;9:1021.
- Lindholm B, Nilsson MH, Hansson O, et al. The clinical significance of 10-m walk test standardizations in Parkinson's disease. *Journal of Neurology*. 2018; 265(8):1829-1835.
- Liang JN, Ho KY, Hung V, et al., Effects of augmented somatosensory input using vibratory insoles to improve walking in individuals with chronic post-stroke hemiparesis. *Gait & Posture*. 2021;86:77-82.
- Lord SE, Halligan PW, Wade DT. Visual gait analysis: the development of a clinical assessment and scale. *Clinical Rehabilitation*. 1998;12:107-119.
- Mukai M, Ohtsuka K, Tsuchiyama T, et al. Feasibility of a simplified, clinically oriented, three-dimensional gait analysis system for the gait evaluation of stroke patients. *Progress in Rehabilitation Medicine*. 2016; 1:20060001
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system. 3rd ed. Elsevier. 2017.
- Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(2): 304-310.
- Perera S, Mody S, Woodman RC, et al. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2006;54(5): 743-749.
- Perry J, Burnfield JM. Gait analysis. 2nd ed. SLACK Incorporated. 2010.
- Praschiv-Ionescu A, Newman CJ, Carcreff L, et al. Locomotion and cadence detection using a single trunk-fixed accelerometer: validity for children with cerebral palsy in daily life-like conditions. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*. 2019;16(1): 24.
- Rancho Los Amigos NRC. Observational Gait analysis handbook. 2001.
- Rauch A, Cieza A, Stucki G. How to apply the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) for rehabilitation management in clinical practice. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2008;44(3):329-342.
- Reichl S, Weilbach F, Mehrholz J. Implementation of gait center training to improve walking ability and vital parameters in inpatient neurological rehabilitation: a cohort study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2020;17(1):38.
- Rothstein JM, Echternach JL, Riddle DL. The hypothesis-oriented algorithm for clinicians II (HOAC II): a guide for patient management. *Physical Therapy*. 2003;83(5):455-470.
- Schenkman M, Deutsch JE, Gill-Body KM. An integrated framework for decision making in neurologic physical therapist practice. *Physical Therapy*. 2006;86(12): 1681-1702.

- Seale J, Utsey C. Physical therapist's clinical reasoning in patients with gait impairments from hemiplegia. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2020;36(12):1379-1389.
- Shariffar S, Vincent HK, Shuster J, et al. Quantifying poststroke gait deviations: a meta-analysis of observational and cross-sectional experimental trials. *Journal of Stroke Medicine*. 2019;2(1):23-31.
- Simon SR. Quantification of human motion: gait analysis-benefits and limitations to its application to clinical problems. *Journal of Biomechanics*. 2004;37(12):1869-1880.
- Stephenson JL, Lamontagne A, De Serres SJ. The coordination of upper and lower limb movements during gait in healthy and stroke individuals. *Gait & Posture*. 2009;29(1):11-16.
- Severinsen K, Jakobsen JK, Overgaard K, et al. Normalized muscle strength, aerobic capacity, and walking performance in chronic stroke: a population-based study on the potential for endurance and resistance training. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011;92(10):1663-1668.
- Tau W, Liu T, Zheng R, et al. Gait analysis using wearable sensors. *Sensors*. 2012;12(2):2255-2283.
- Tilson JK, Sullivan KJ, Cen SY, et al. Meaningful gait speed improvement during the first 60 days poststroke: minimal clinically important difference. *Physical Therapy*. 2010;90(2):196-208.
- Toro B, Nester C, Farren P. A review of observation gait assessment in clinical practice. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2003;19(3):137-149.
- VanSwearingen JM, Perera S, Brach JS, et al. Impact of exercise to improve gait efficiency on activity and participation in older adults with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Physical Therapy & Rehabilitation Journal*. 2011; 91(12):1740-1751.
- Woo YK. Suggested clinical reasoning strategies using a mnemonic device for patients with neurological disorders. *PNF and Movement*. 2019;17(1):145-156.