

뇌졸중 환자 운동신뢰성 측정치의 통계적 분석

변재현^{1*} · 이승미²

¹조선대학교병원 재활의학과, ²서울과학기술대학교 NID 대학원

Statistical Analysis of the Performance Reliability Data for Stroke Patients

Jae-Hyun Byun^{1*} · Seung-Mi Lee²

¹Department of Rehabilitation Medicine, Chosun University Hospital

²Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology

Purpose: The purpose of this study was to evaluate performance reliability of stroke patients using kinematic analysis.

Methods: A protocol to evaluate performance reliability was performed for three tasks on 20 stroke patients and 10 normal people. The tasks include hand to head (HH) task, hand to mouth (HM) task, and hand to target (HT) task.

Results: The affected arms showed smaller joint angle, slower peak velocity, longer time to peak velocity for task performances than control group. Also, slower peak velocity and longer movement time for task performance in unaffected arm of stroke patients were obtained compared with the control group.

Conclusion: Kinematic analysis is very useful quantitative tool to provide understanding on upper extremity function of stroke patients.

Keywords: Performance Reliability, Rehabilitation, Statistical Analysis, Kinematic Analysis

1. 서론

뇌졸중 등에 의해 재활치료가 필요한 환자들은 상지기능장애를 흔히 동반하므로 일상생활에서 운동능력에 많은 제한을 받게 된다. 이들에 대해 적절한 재활치료를 위한 계획 수립을 위해서는 환자의 운동신뢰성에 대한 정량적인 평가가 필요하다. 운동신뢰성은 운동범위와 운동속도가 정상인 대비 어느 정도 비율인지를 나타내는 용어로, 운동형상학적 평가를 통해 실험적으로 정량화가 가능하다. 일반적으로 임상에

서 사용하는 Jebsen hand function test, nine hole peg test, box and block test는 일상생활동작 또는 작업 표본을 이용하는 평가 방법들을 사용하여 진료실에서 특별한 시설 없이도 상지동작을 기능적인 측면에서 간단하게 평가할 수 있는 장점이 있지만, 관절가동역이나 동작속도를 나타낼 수 없고, 세세한 동작의 변화를 구별하기 어려우며, 정량화 하는데 한계가 있다[1, 2]. 그러나 상지동작의 운동형상학적 평가를 통해 이러한 단점을 극복할 수 있고, 여러 가지 다양한 상황에서 시행할 수 있으며, 기능의 달성을 저해하는 세부적인

* 교신저자 byunjhmd@naver.com

2016년 3월 7일 접수; 2016년 3월 16일 수정본 접수; 2016년 3월 20일 게재 확정.

결함을 확인하여 운동 능력을 높이기 위해 필요한 환경변화를 유도할 수 있다[3].

현재까지 하지의 운동형상학적 평가를 통한 보행 분석은 비교적 많이 시행하고 있지만, 상지의 운동형상학적 평가는 많은 관심에도 불구하고 다양한 수행 과제 및 동작의 복잡성과 비주기성으로 인해 정형화된 평가기준이 없어 널리 이용되지 못하고 있었다 [4]. 그리고 하지의 보행분석과는 달리 상지동작의 운동형상학적 평가에서는 연구자들마다 운동형상학적 분석을 위한 모델과 변수가 서로 차이가 있었고, 복잡한 평가모델로 인하여 운동형상학적 분석 자체에 제한이 있어 임상에서 쉽게 사용할 수 있는 단순한 평가 모델의 필요성이 대두되었다.

재활의학에서 운동형상학적 분석의 사용은 점차적으로 증가하고 있지만, 아직까지도 임상에서는 효율적으로 상지동작을 분석하는데 많은 어려움이 있다. 상지동작을 정량화하기 위한 현재의 접근방식에서는

분석하고자하는 수행과제를 여러 대의 카메라로 촬영한 후 촬영된 카메라의 내용을 수치화하는 과정이 필요하다.

본 연구에서는 뇌졸중으로 인한 편마비환자의 비정상적인 상지동작 양상을 평가하기 위하여 운동형상학적 평가를 시행하였으며, 실험을 통해 얻은 측정 데이터의 통계적으로 분석함으로써 뇌졸중 환자의 운동신뢰성을 정량적으로 비교 평가하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

환자군은 뇌졸중으로 인해 대학병원 재활의학과에서 치료를 받았던 편마비환자 중, Brunnstrom의 운동회복 단계상 3단계에서 5단계 사이의 환자로, 구두명령을 이해하고 따를 수 있으며, 좌위균형을 유지할 수

Table 1 Characteristics of the stroke patients analysed for this kinematic study

No.	Age	Sex	CVA ¹⁾ type	Lesion	Onset
1	35	M	Infarct	R. MCA ²⁾	2003. 2
2	74	F	Infarct	R. PVWM ³⁾	2004. 9
3	51	F	Infarct	L. internal capsule	2006. 1
4	59	M	Hemorrhage	R. putamen	1999. 3
5	68	M	Hemorrhage	R. frontal	2006. 9
6	82	F	Infarct	L. striatocapsule	2006. 1
7	79	F	Infarct	L. medulla	2006. 9
8	30	M	Hemorrhage	L. basal ganglia	2002. 3
9	66	F	Infarct	L. anterior border zone	2006. 1
10	51	M	Hemorrhage	L. basal ganglia	2000.11
11	66	F	Infarct	R. ACA ⁴⁾	2006. 8
12	60	M	Infarct	L. pontine	2006. 8
13	25	M	Hemorrhage	R. frontotemporal	2006. 9
14	59	M	Infarct	R. interanl capsule	2001. 7
15	78	F	Infarct	R. ACA ⁴⁾	2006. 8
16	53	M	Infarct	L. MCA ²⁾	2006. 6
17	53	M	Infarct	L. anterior border zone	2006. 7
18	65	F	Infarct	L. pontine	2006. 9
19	78	M	Infarct	L. internal capsule	2006. 7
20	44	M	Infarct	R. lateral medulla	2006. 9

1. CVA : Cerebrovascular accidents 2. MCA : Middle cerebral artery 3. PVWM: Periventricular White matter
 4. ACA : Anterior cerebral artery R : Right L : left M : Male F : Female

있는 환자를 대상으로 하였다. 실험군은 남녀 20명(남자 12명, 여자 8명)으로 평균 연령은 58 ± 15 세(25~82세)이었다. 마비부위는 우측편마비가 11명, 좌측편마비가 9명이었으며, 뇌졸중의 평균 유병기간은 17 ± 35 개월(2~94개월)이었다. 편마비의 원인은 뇌출혈이 5명, 뇌경색이 15명이었다. 대조군은 신경과 근골격계의 병력이 없었던 건강한 남녀 10명(남자 9명, 여자 1명)으로 평균 연령은 43 ± 20 세(21~78세)이었다. 연구대상의 상세한 이력은 <Table 1>에 요약하여 나타내었다.

2.2 운동신뢰성 측정 및 통계 분석

<Fig. 1>과 같이 피검자들은 전방에 목표가 표시된 테이블 앞에서 좌측의 높이가 42cm인 등받이의자에 등을 기대고 앉은 자세를 취하고, 양측 상지를 자연스럽게 늘어뜨려 20cm 높이의 팔걸이에 걸치도록 하였다. 이 때 목표는 체간의 정중앙에서 앞으로 위치시켰고, 팔을 앞으로 완전히 뻗었을 때, 즉 견관절을 90° 로 굴곡하고 주관절을 완전히 신전시켰을 때의 위치에 해당하는 부위의 앞으로 설치하였다. 숙련된 한 명의 검사자가 8개의 반사표지를 양측 체간의 중간격드랑이 선상의 10번째 갈비뼈와 양측 상지의 어깨뼈봉우리, 가쪽위관절융기, 노뼈뿔돌기에 부착하였다.

운동형상학적 평가를 위해 손을 이마에 대고 내리는 동작(hand to head, HH), 손을 입에 대고 내리는 동작(hand to mouth, HM), 손을 들어 앞쪽의 목표를 향해 뻗었다가 내리는 동작(hand to target, HT)의 3가지 수행과제를 각각 양측 상지에서 편안한 속도로 시행하도록 지시하였다.

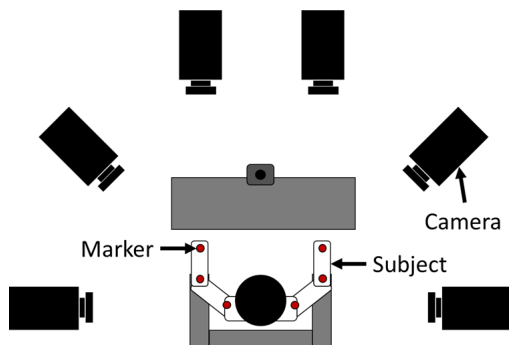


Fig. 1 Schematic diagram of horizontal view of markers and cameras set used for kinematic analysis

피검자들이 양측 상지에서 각각 시행한 3가지 수행과제를 양측의 관상면, 시상면, 관상면과 시상면의 중간에서 모두 6대의 비디오카메라로 초당 60프레임의 속도로 촬영하였으며, skip factor는 0으로 하여 분석 대상이 되는 전체 프레임은 $60 \times$ 과제 수행시간(초)이 되도록 설정하였다.

운동형상학적 분석에서는 3가지 수행과제 각각에 대하여 견관절의 외전, 내전, 굴곡, 신전과 주관절의 굴곡, 신전과 주관절의 굴곡, 신전의 최소각, 최대각, 최대속도, 최대속도에 이르는 시간을 구하였다.

한 사람당 양측 상지에서 모든 수행과제를 5회씩 반복하였고 그 중 가장 정확하며 자연스러운 동작을 Ariel performance analysis system(APAS, Ariel Dynamics Inc, USA)을 이용하여 견관절에 대하여는 관상면과 시상면에서 각각 2차원적으로 분석하였고, 주관절에 대하여는 3차원적으로 분석하였다.

대조군, 환자군의 건축, 환자군의 환측의 운동형상학적 분석 결과를 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 비교하였으며, 사후 검정은 Tukey 방법을 사용하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 정하였으며 통계처리는 SPSS 11.0 for Windows(SPSS Inc., USA)를 이용하였다.

3. 결과

3.1 Hand-to-head task 운동신뢰성 파라미터의 실험적 측정

HH 운동의 운동형상학적 평가 결과를 <Table 2>에 요약하여 나타내었다. 대조군에서 견관절 외전의 최소각은 $22 \pm 2^\circ$, 최대각은 $55 \pm 17^\circ$, 최대속도는 $110 \pm 61^\circ/\text{초}$, 최대속도시간은 $23 \pm 5\%$ 주기(cycle), 견관절 굴곡의 최소각은 $2 \pm 3^\circ$, 최대각은 $73 \pm 9^\circ$, 최대속도는 $222 \pm 54^\circ/\text{초}$, 최대속도시간은 $19 \pm 4\%$ 주기(cycle), 주관절 굴곡의 최소각은 $63 \pm 9^\circ$, 최대각은 $111 \pm 10^\circ$, 최대속도는 $-158 \pm 46^\circ/\text{초}$, 최대속도시간은 $12 \pm 4\%$ 주기(cycle)였고, 수행시간은 1.66 ± 0.41 초이었다.

환자군 건축에서 견관절 외전의 최소각은 $24 \pm 6^\circ$, 최대각은 $80 \pm 17^\circ$, 최대속도는 $172 \pm 88^\circ/\text{초}$, 최대속도시간은 $30 \pm 11\%$ 주기, 견관절 굴곡의 최소각은 $4 \pm 5^\circ$, 최대각은 $81 \pm 13^\circ$, 최대속도는 $176 \pm 53^\circ/\text{초}$, 최대속도시간은 $22 \pm 13\%$ 주기(cycle), 주관절 굴곡의 최소각은

Table 2 Results of kinematic analysis for hand to head task

Kinematic variables	Control group	Stroke (unaffected arm)	Stroke (affected arm)
Joint angle (°)			
Shoulder abduction (Min)	22±2	24±6	24±5
Shoulder abduction (Max)	155±17	80±17*	71±22*
Shoulder flexion (Min)	2±3	4±5	4±6
Shoulder flexion (Max)	73±9	81±13	71±15
Elbow joint (Min)	63±9	71±10	74±24
Elbow joint (Max)	111±10	110±14	117±18
Peak velocity (PV) (°/sec)			
Shoulder abduction	110±61	172±88*	113±70
Shoulder flexion	222±54	176±53*	139±51*
Elbow joint	-158±46	-122±47*	-118±47*
Time to PV (%/cycle)			
Shoulder abduction	23±5	30±11	31±22
Shoulder flexion	19±4	22±13	16±7
Elbow joint	12±4	29±29	40±31*
Movement time (sec)	1.66±0.41	2.27±0.53*	2.58±0.83*

71±10°, 최대각은 110±14°, 최대속도는 -122±47°/초, 최대속도시간은 29±29% 주기(cycle)였고, 수행시간은 2.27±0.53초이었다.

환자군 환측에서 견관절 외전의 최소각은 24±5°, 최대각은 71±22°, 최대속도는 113±70°/초, 최대속도시간은 31±22% 주기(cycle), 견관절 굴곡의 최소각은 4±6°, 최대각은 71±15°, 최대속도는 139±51°/초, 최대속도시간은 16±7% 주기(cycle), 주관절 굴곡의 최소각은 74±24°, 최대각은 117±18°, 최대속도는 -118±47°/초, 최대속도시간은 40±31% 주기(cycle)였고, 수행시간은 2.58±0.83초이었다.

환자군 건측에서 견관절 외전의 최대각과 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 증가하였고, 견관절 굴곡의 최대속도와 주관절 굴곡의 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였고, 수행시간이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다. 환자군 환측에서 견관절 외전의 최대각이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였고, 견관절 굴곡의 최대속도와 주관절 굴곡의 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였고, 주관절 굴곡의 최대속도시간과 수행시간이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다(p < 0.05).

3.2 Hand-to-mouth 및 Hand-to-target task 운동신뢰성 파라미터의 실험적 측정

HM 운동의 운동형상학적 평가 결과 및 HT 운동의 운동형상학적 평가 결과를 <Table 3>과 <Table 4>에 각각 요약하여 나타내었다.

HM 운동에서 환자군 건측에서 주관절 굴곡의 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였다. 환자군 환측에서 견관절 외전의 최대각이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였고, 견관절 굴곡의 최대속도와 최대속도시간, 주관절 굴곡의 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였고, 수행시간이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다(p < 0.05).

HT 운동의 경우도, 환자군 건측에서 견관절 외전의 최대속도, 견관절 굴곡의 최대속도, 주관절 굴곡의 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였고, 수행시간이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다. 환자군 환측에서 견관절 외전의 최소각과 최대속도, 견관절 굴곡의 최대각과 최대속도, 주관절 굴곡의 최대각과 최대속도가 대조군에 비하여 유의하게 감소하였고, 견관절 외전의 최대각과 최대속도시간, 주관절 굴곡의

Table 3 Results of kinematic analysis for hand to mouth task

Kinematic variables	Control group	Stroke (unaffected arm)	Stroke (affected arm)
Joint angle (°)			
Shoulder abduction (Min)	19±5	21±5	20±8
Shoulder abduction (Max)	26±4	32±7	39±15*
Shoulder flexion (Min)	3±3	3±4	5±8
Shoulder flexion (Max)	47±9	51±10	49±11
Elbow joint (Min)	39±5	43±11	47±13
Elbow joint (Max)	109±10	111±14	107±17
Peak velocity (PV) (°/sec)			
Shoulder abduction	34±11	39±15	41±15
Shoulder flexion	163±46	138±36	100±30*
Elbow joint	-214±47	-158±50*	-116±46*
Time to PV (%/cycle)			
Shoulder abduction	47±30	42±28	42±30
Shoulder flexion	21±3	19±5	14±7*
Elbow joint	13±4	14±6	24±27
Movement time (sec)	1.62±0.38	2.14±0.53	2.70±1.36*

Table 4 Results of kinematic analysis for hand to target task

Kinematic variables	Control group	Stroke (unaffected arm)	Stroke (affected arm)
Joint angle (°)			
Shoulder abduction (Min)	-21±15	-12±13	4±18*
Shoulder abduction (Max)	27±6	25±5	34±8*
Shoulder flexion (Min)	1±2	3±4	5±8
Shoulder flexion (Max)	92±5	91±8	78±19*
Elbow joint (Min)	76±15	82±14	92±20*
Elbow joint (Max)	165±6	162±9	153±15*
Peak velocity (PV) (°/sec)			
Shoulder abduction	-294±168	-134±81*	-89±84*
Shoulder flexion	275±40	195±47*	139±49*
Elbow joint	367±108	217±65*	151±70*
Time to PV (%/cycle)			
Shoulder abduction	28±3	32±16	45±24*
Shoulder flexion	17±2	23±18	16±8
Elbow joint	22±3	24±8	23±12
Movement time (sec)	1.93±0.48	2.78±1.19*	2.85±1.12*

최소과과 수행시간이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

4. 고 찰

본 운동신뢰성 평가 연구에서는 뇌졸중 환자군의 선택에 있어 Brunnstrom의 운동 회복 단계상 3단계에서 5단계 사이의 환자 중 수행과제를 수행할 수 있는 환자들을 대부분 연구 대상으로 하였는데, 이는 동작분석을 위해서는 최소한의 능동 관절가동역이 확보되어야만 하고, 수행과제를 수행할 수 있을 정도의 상지기능을 갖는 환자군이 많지 않았기 때문이었다. 그리고 환자군은 수행과제를 지시하였을 때 수행과제의 시작이 바로 일어나는 환자부터 약 수 초간의 시간이 지난 후에 수행과제를 시작하는 환자까지 다양하였지만, 모든 수행과제의 시작과 끝을 손의 움직임이 시작되는 순간부터 손이 원래의 처음 위치로 돌아올 때까지로 정의한 것에 맞춰 비디오카메라 촬영 내용을 절단하여 분석하였다. 따라서 환자군 자체가 평균적인 뇌졸중 환자를 대변할 수 없는 제한이 있었지만, 다른 연구자들에 비하여 비교적 많은 수의 뇌졸중 환자군을 대상으로 분석하였고, 다양한 수행과제를 시행하였다.

Michaelsen 외[5]는 11명의 뇌졸중 환자를 대상으로 reaching 수행과제를 시행하여 견관절의 내전, 굴곡, 주관절의 신전을 구하였다. Mackey 외[6]는 10명의 뇌성마비 환자들을 대상으로 시행한 상지의 운동형상학적 분석에서 HH, HM, reaching 수행과제로 관상면에서 견관절의 외전, 내전을 구하였고, 시상면에서 견관절의 굴곡, 신전, 주관절의 굴곡, 신전을 구하였고, 횡단면에서 주관절의 회전을 구하였다. Schmidt 외[7]는 10명의 피검자를 대상으로 tracking 수행과제로 손목의 굴곡, 신전, 외전, 내전, 주관절의 굴곡, 신전 등을 구하였다. Murphy 외[8]는 20명의 피검자를 대상으로 drinking 수행과제를 시행하여 관상면에서 견관절의 외전을 구하였고, 시상면에서 견관절의 굴곡, 주관절의 굴곡을 구하였다. Rab 외[9]는 47명의 피검자를 대상으로 양측 상지를 각각 독립적인 동작으로 분석하여 모두 94지에서 HH 수행과제로 견관절의 외전, 굴곡, 회전, 주관절의 굴곡을 구하였다.

이 중에서 Michaelsen 외[5]만이 뇌졸중 환자를 대상

으로 하였지만, 한 가지 수행과제를 시행하였고, Rab 외[9]는 많은 수의 피검자를 대상으로 하였지만, 정상군을 대상으로 한 가지 수행과제를 시행하였다.

본 연구에서 정상군에서 시행한 HH 수행과제의 운동형상학적 분석 결과는 Rab 등이 47명의 정상군을 대상으로 HH 수행과제를 시행한 실험결과와 매우 유사한 결과 보여 정상군의 결과를 참고 값으로 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 주관절에서는 관절가동역에 대한 결과는 그 측정치가 약간 다르게 나타났다. 그 이유는 본 실험에서는 위팔과 아래팔의 분절 사이의 각도를 주관절에서 관절가동역으로 정의하였기 때문에, HH 수행과제가 진행될 때 손이 올라가면서 주관절의 굴곡이 일어났기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 주관절에서의 결과를 정확하게 표현하기 위해 주관절에서의 움직임을 굴곡과 신전의 구분을 두지 않고 주관절각으로만 나타냈다.

본 연구에서 환자군의 환측에서 나타난 관절가동역의 감소는 수동 관절가동역에 제한이 없었으므로, 주로 근위약 때문으로 생각되며, 모든 수행과제에서 견관절 외전각이 대조군에 비하여 통계적으로 의미 있게 증가되는 양상을 보였다.

따라서 향후 뇌졸중으로 인한 편마비환자의 재활치료 계획을 세울 때, 환자군의 환측을 대조군과 비교해서 통계적으로 유의하게 나타난 본 연구의 결과를 참고하여 재활치료를 시도하는 것이 도움이 될 것으로 생각된다. 그리고 환자군의 건측도 대조군에 비해 동작속도가 통계적으로 유의하게 감소되었으므로 재활치료 시에 건측에 대한 관심이 필요할 것으로 생각된다.

일상생활에서 대부분의 상지동작은 본 연구에서 시행한 수행과제들처럼 거의 환자의 앞쪽에서 일어나므로 실험에서와 같이 대조 틀의 범위에서 견관절과 주관절의 동작이 원활하게 일어날 수 있도록 치료 계획을 세우는 것을 고려해야한다. 그리고 앞으로는 뇌졸중 환자의 상지기능 회복을 위한 재활치료를 시작하기에 앞서 먼저 환자의 기능이 떨어지는 부분을 객관적으로 확인하기 위한 운동형상학적 평가를 시행하고 기능저하의 원인이 되는 부분을 집중적으로 재활치료를 하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

본 연구에서는 운동형상학적 분석 결과를 상지동작의 궤적으로 나타내 임상적으로 중요한 관절가동역을 쉽게 알 수 없었던 Kamper 외[10]와 Yang 외[11]의 실험과는 달리, 하지에서의 보행분석 결과를 보듯

이 연속적으로 일어나는 동작에서도 시간대별로 쉽게 관찰가능역을 파악할 수 있도록 실험결과를 정리하여 임상에서 쉽게 응용할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 얻은 운동형상학적 분석 결과를 기존에 쓰이고 있는 상지기능 평가법과 비교 검증하기 위해, 추가로 실험대상자 모두에게 box and block test[1]와 nine hole peg test[2]를 시행하였고, 대조군, 환자군의 건측, 환자군의 환측의 검사결과를 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 비교하였다.

Nine hole peg test의 결과는 대조군은 19±3초였고, 환자군의 건측은 31±14초였으며, 환자군의 환측은 73±33초로 환자군의 환측은 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다($P < 0.05$). Box and block test의 결과는 대조군은 74±12개였고, 환자군의 건측은 47±16개였으며, 환자군의 환측은 22±18개로 환자군의 건측과 환측이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 감소하였다($P < 0.05$). 본 연구에서 시행한 운동형상학적 평가의 결과는 기존의 작업표본을 이용하는 상지기능평가법의 결과와 크게 어긋나지 않음을 확인하였다. 따라서 운동형상학적 평가를 기존에 사용하던 상지기능평가법과 병행하여 사용하면 서로 상호 보완적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결 론

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 운동신뢰성을 평가하기 위해, 3가지의 상지동작 파라미터를 운동형상학적으로 측정하였고, 그 결과를 통계적으로 비교 분석하였다. 운동 파라미터 측정 결과, 환자의 환측 상지에서는 대조군에 비하여 관절각과 최대속도가 감소하였고, 최대속도에 이르는 시간과 과제 수행시간이 지연되었다. 또한 환자군의 건측 상지에서도 대조군에 비하여 최대속도가 감소하였고, 과제 수행시간이 지연되는 특징적인 상지동작 양상이 관찰되었다. 본 연구에서 얻은 임상에 뇌졸중 환자를 대상으로 한 통계적 검증에 근거하여, 운동형상학적 분석을 재활치료 환자의 상지기능 신뢰성을 평가하기 위한 효율적 정량 평가도구로 제안하였다. 또한 본 평가법은 생체역학적 자료 제공과 향후 임상 재활치료의 계획에 도움이 될 것으로 생각된다.

References

- [1] Mathiowetz, V., Volland, G., Kashman, N. and Weber, K. (1985). "Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity". *American Journal of Occupational Therapy*, Vol. 39, No. 6, pp. 386-391.
- [2] Mathiowetz, V., Weber, K., Kashman, N. and Volland, G. (1985). "Adult norms for the nine hole peg test of finger dexterity OTJR: Occupation", *Participation and Health*, Vol. 5, No. 1, pp. 24-38.
- [3] Radomski, M. V. and Latham, C. A. T. (Eds.). (2008). "Occupational therapy for physical dysfunction". Lippincott Williams & Wilkins, pp. 157-185.
- [4] Anglin, C. and Wyss, U. P. (2000). "Review of arm motion analyses. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers", Part H: *Journal of Engineering in Medicine*, Vol. 214, No. 5, pp. 541-555.
- [5] Michaelsen, S. M., Luta, A., Roby-Brami, A. and Levin, M. F. (2001). "Effect of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients". *Stroke*, Vol. 32, No. 8, pp. 1875-1883.
- [6] Mackey, A. H., Walt, S. E. and Stott, N. S. (2006). "Deficits in upper-limb task performance in children with hemiplegic cerebral palsy as defined by 3-dimensional kinematics". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol. 87, No. 2, pp. 207-215.
- [7] Schmidt, R., Disselhorst-Klug, C., Silny, J. and Rau, G. (1999). "A marker-based measurement procedure for unconstrained wrist and elbow motions". *Journal of Biomechanics*, Vol. 32, No. 6, pp. 615-621.
- [8] Murphy, M. A., Sunnerhagen, K. S., Johnels, B. and Willén, C. (2006). "Three-dimensional kinematic motion analysis of a daily activity drinking from a glass: a pilot study". *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, Vol. 3, No. 1, p. 1.
- [9] Rab, G., Petuskey, K. and Bagley, A. (2002). "A method for determination of upper extremity kinematics". *Gait & posture*, Vol. 15, No. 2, pp. 113-119.
- [10] Kamper, D. G., McKenna-Cole, A. N., Kahn, L. E. and Reinkensmeyer, D. J. (2002). "Alterations in reaching after stroke and their relation to movement direction and impairment severity. *Archives of physical medicine and rehabilitation*", Vol. 83, No. 5, pp. 702-707.
- [11] Yang, N., Zhang, M., Huang, C. and Jin, D. (2002). "Synergic analysis of upper limb target-reaching movements". *Journal of biomechanics*, Vol. 35, No. 6, pp. 739-746.