

Investigation of Stroke Evaluation Methodology and Related Factors Through the Literature Review

Seung Nam Min¹, Dong Joon Kim², Se Jin Park³, Kyung-Sun Lee⁴

¹Shinsung University, Fire Safety Management, Dangjin-si, 31801

²Hanyang University, Industrial and Management Engineering, Ansan-si, 15588

³Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) and Electronics and T, Division of Convergence Technology, Daejeon, 34113

⁴Suncheon Jeil College, Industrial Safety Management, Suncheon, 57997

문헌조사를 통한 뇌졸중 평가 방법론 및 관련 변수 조사

민승남¹, 김동준², 박세진³, 이경선⁴

¹신성대학교, 소방안전학과(산업안전전공)

²한양대학교, 산업경영공학과

³표준과학연구소 의료융합측정표준센터

⁴순천제일대학교, 산업안전관리과

Corresponding Author

Kyung-Sun Lee

Suncheon Jeil College, Industrial Safety Management, Suncheon, 57997

Mobile: +82-10-9461-3805

Email : kyungsunlee81@gmail.com

Received : September 28, 2017

Revised : October 16, 2017

Accepted : October 27, 2017

Objective: The aim of this study is to investigation of stroke evaluation methodology and related factors through the literature review for prediction of pre-symptom.

Background: Stroke is the second leading cause of death worldwide and remains an important health burden both for individuals and for national healthcare systems. The incidence rate of stroke is rapidly increasing due to aging phenomenon and incidence aging are diversifying. Thus, the research of stroke prediction is preemptively necessary.

Method: Procedures of literature reviews are classified in to six step such as 1) Choosing the target databases, 2) Selecting the keyword in the last 10 years, 3) Evaluation of titles, 4) Evaluation the abstract, 5) Available full-test articles, 6) evaluation methodology and related factors review and arrangement.

Results: In summary of previous studies, studies of evaluation stroke diagnosis and symptom level are divided in to Questionnaire evaluation, Behavioral Characteristics evaluation, Individual characteristics evaluation, Physiological characteristics evaluation.

Conclusion: We investigated the stroke evaluation methodology and related factors through literature review. This information can be utilized as a practical information for the study related with stroke evaluation and prediction.

Application: The results of this study can be used as basic data for the variables needed to evaluate stroke.

Keywords: Stroke, Questionnaire, Behavioral characteristics, Individual characteristics, Physiological characteristics

Copyright©2017 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

© 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.

1. Introduction

뇌졸중은 전세계적으로 가장 중요한 사망 원인 중 하나이며, 2012년에는 전세계적으로 뇌졸중으로 사망한 환자의 수가 약 670만명에 이르렀다(Clinical Research Center for stroke, 2015). 국내의 경우, 뇌졸중으로 인하여 하루에 70명의 사망자가 발생하고 있는 실정이다(Statistics Korea, 2016). 뇌졸중은 전체 사망 원인 중 약 10%를 차지하고 있으며, 암에 이어 가장 높은 비중을 차지하고 있고 이는 다른 OECD 국가들과 비교하여도 높은 수준이라고 할 수 있다. 2000년부터 2010년까지 뇌졸중으로 입원진료를 받은 환자의 수를 살펴 보면, 2009년을 제외하고 매년 환자수가 증가하고 있으며 연평균 복합증가율은 6.4%를 나타낸다(Kwon et al., 2012). 이와 같은 이유는 인구 고령화에 따른 것으로 고령화 증가 추세를 고려하면 2030년에는 현재보다 뇌졸중 발생이 약 3배로 증가할 것으로 예측되고 있다. 또한 뇌졸중이 발생하는 환자의 연령대로 점차 낮아지고 있다는 문제점을 지니고 있다.

Tarnutzer et al. (2011)의 연구 결과에 의하면, 현기증과 어지럼증으로 연간 260만명의 환자가 응급실에 이송되는데, 이들 중 약 4%에 해당하는 자가 뇌졸중이 원인이라고 보고되었다. 뇌졸중을 앓고 있는 250,000명 중의 환자들 중에서 500,000명의 환자가 의학적으로 급성전정신경염(AVS, Acute Vestibular Syndrome)으로 알려진 고위험성 뇌졸중 환자로 보고되고 있다(Halmagyi et al., 2001). 뇌졸중은 전세계적으로 사망의 주요 원인으로 높은 비율을 나타내고 있으며, 발생 초기에 이를 대처하지 않을 경우 대부분 고위험성 뇌졸중으로 전위되기 때문에 이를 사전에 파악하고 대응하는 것이 매우 중요하다. 따라서 국내외적으로 뇌졸중의 초기증상을 파악하거나 뇌졸중과 관련된 주요한 변수가 무엇인지 파악하기 위한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

뇌졸중 발병 및 증상 정도를 파악하기 위해서는 크게 설문평가 방법(Questionnaire evaluation), 행동특성 평가 방법(Behavioral Characteristics evaluation), 개인특성 평가 방법(Individual characteristics evaluation), 생리학적 평가 방법(Physiological characteristics evaluation)이 일반적으로 활용되고 있다. 설문평가 방법(Questionnaire evaluation)은 환자의 건강상태, 과거 병력, 기초신체특성, 노인용 인지검사, 낙상 효능감 검사 등을 활용하여 뇌졸중을 진단하거나 뇌졸중에 관련된 변수를 확인하는 연구 방법이다. 행동특성 평가 방법(Behavioral characteristics evaluation)은 균형능력, 악력, 상지능력, 근 긴장도, 고유수용성 감각, 통증, 집중력, 걷기 등의 행동을 통하여 뇌졸중을 예측하거나 증상 정도를 평가하는데 활용된다. 개인특성 평가 방법(Individual characteristics evaluation)은 흡연 여부, 체질량지수, 허리둘레, 콜레스테롤, 고지혈증, 비만, 연령, 성별 등 개인이 가지고 있는 특성과 뇌졸중 발생의 관련성을 파악하는데 활용되고 있다. 마지막으로 생리학적 평가 방법(Physiological characteristics evaluation)은 근활성도 차이, 고관절의 회전반경 및 어깨관절의 탈구 여부 평가, 경동맥 초음파 검사를 통한 경동맥 두께 검사 등을 통하여 뇌졸중을 예측하거나 증상 정도를 평가하는데 활용되고 있다.

뇌졸중 예측 및 뇌졸중 증상 정도를 파악하기 위한 선행연구들은 국내외에서 활발하게 진행되어오고 있다. 이들 연구를 정리하여 보면, 인간의 다양한 특성정보를 측정하여 평가하고 이를 예측하고자 하는 목적을 가지고 있다. 하지만 여전히 뇌졸중 발병 환자를 대상으로만 평가가 이루어 지고 있다는 문제점이 있다. 국내의 경우 뇌졸중 발생에 대한 비율이 고령화로 인하여 급속도로 증가하고 있으며 그 연령층 또한 다양해 지고 있기 때문에 이를 선제적으로 검출할 수 있는 방법을 마련하는 것이 매우 시급하다. 이를 위해서는 뇌졸중 발병 이전에 뇌졸중 위험군에 대하여 실시간 모니터링을 실시하기 위한 방법 및 전조증상을 사전에 예측하는 연구가 수행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 전조증상을 사전에 예측하기 위하여 뇌졸중 평가 방법론 및 핵심 관련 변수를 문헌 조사를 통하여 정리하고자 한다.

2. Method

뇌졸중 평가 방법론 및 핵심 관련 변수 조사를 위한 연구고찰 절차는 Figure 1과 같다. 연구고찰 절차는 크게 6단계로 구분되며, 1) 연구 데이터베이스 선택(Choosing the target databases), 2) 최근 10년간 연구논문 keyword 검색(Selecting the keyword in the last 10 years), 3) 제목 평가(Evaluation of titles), 4) 초록 평가(Evaluation the abstract), 5) 최종 관련 문헌 선정(Available full-test articles), 6) 최종 문헌 검토 및 평가 방법론 및 핵심 관련 변수 정리로 진행되었다(Lee and Jung, 2017).

다양한 기능을 제공하고 있는 PubMed, Elsevier Science, ScienceDirect databases, Google Scholar, DBpia, RISS, KISS 등의 Database Search Engine을 선정하고 2007~2017년 현재까지 등재된 자료를 대상으로 제목에 적절하게 선택된 키워드가 포함되어 있는 논문, 서적 및

보고서를 검색하였다. 평가 방법론 및 핵심 관련 변수 조사를 위한 검색 영문 키워드는 "Stroke motion", "Stroke predictions", "Stroke application", "Stroke detection", "Stroke" 등이었으며, 국문 키워드는 "뇌졸중 예측", "뇌졸중 평가", "뇌졸중 관련 변수", "뇌졸중 인자", "뇌졸중 특성", "뇌졸중 행동" 등을 활용하였다. 키워드로 검색된 자료는 제목 검토를 통하여 본 연구와 관련성이 높다고 판단되는 자료를 1차적으로 선정하고, 이를 대상으로 초록 검토를 실시하였다. 이후 초록 검토를 토대로 평가 방법론 및 핵심 관련 변수 정리를 위한 사용된 자료를 선정하였다.

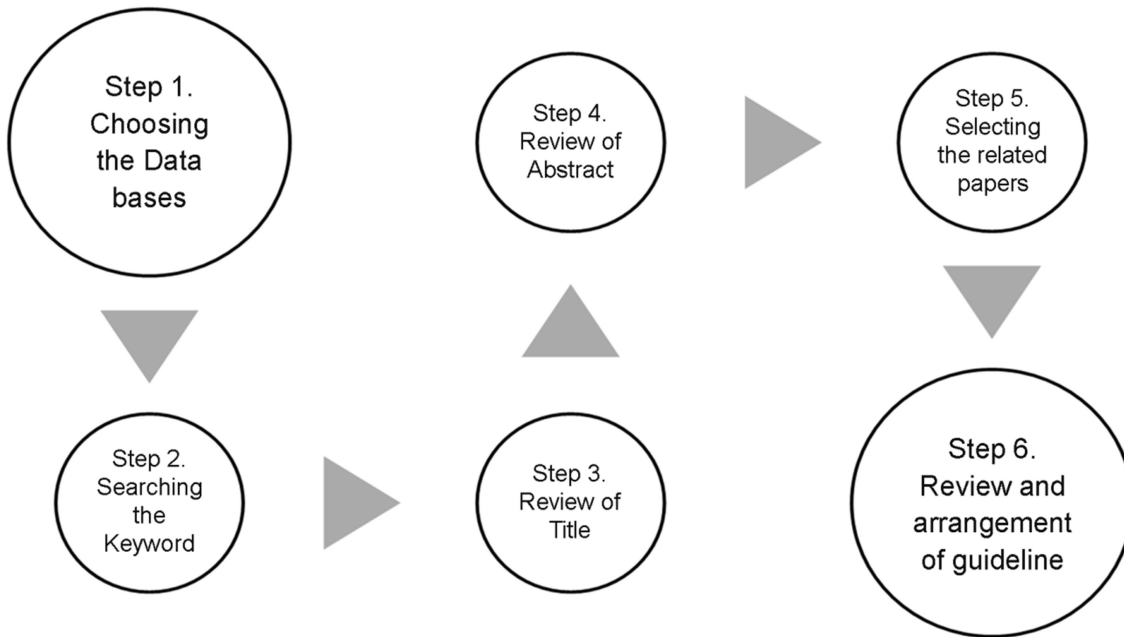


Figure 1. Process of literature review

3. Results

연구 방법론에서 제시한 문헌조사 절차에 의하여 최종적으로 34편의 자료를 선정하여 설문지 평가 방법, 행동특성 평가 방법, 개인특성 평가 방법, 그리고 생리적 평가 방법으로 구분하여 관련 내용을 정리하였다.

3.1 Questionnaire evaluation

설문지 평가 방법은 뇌졸중의 초기증상을 분류하고 뇌졸중이 인지 및 신체기능에 미치는 영향을 파악하기 위한 방법으로 활발하게 활용되고 있다(Table 1). Lee et al. (2004)는 뇌졸중의 유형별 초기 진단을 위한 전문가 시스템을 개발하였다. 환자들에게 현재 나타나고 있는 머리가 아프다, 한쪽 눈이 흐리게 보인다, 말을 제대로 할 수 없다, 한쪽 팔다리를 움직이기 힘들다 등과 같은 50개의 문항을 토대로 상태를 파악하고 환자의 데이터베이스(성별, 신장, 몸무게, 혈액형, 과거 병력 등)를 활용하여 인공지능망 학습을 통하여 진단 결과를 추론하는 시스템이다. 이 시스템은 평균 87% 이상의 추론 적중 결과를 나타낸다.

Kim and Kim (2009)은 노인용 인지검사(Cognitive Scale for Older Adults) 설문지를 활용하여 뇌졸중이 인지기능에 미치는 효과를 평가하였다. 그 결과, 뇌졸중 환자군에서 통제군에 비해서 기초기능의 차이는 크지 않은 반면 관리기능에서 현저하게 낮았으며, 뇌졸중 군 내에서 NCI(무인지장애)군, VCI(혈관성 인지장애)군, VAD(혈관성 치매)군을 비교한 결과 각 군의 기초기능 저하에 비해 관리기능 저하가 보다 현저하였다고 보고하였으며, 좌뇌 뇌졸중 환자는 우뇌 뇌졸중 환자에 비해 언어기능 및 언어 기억능력이 낮은 것으로 나타났다.

설문지 평가 방법은 단순히 인지적인 능력을 평가하는 것뿐만 아니라, 신체적인 능력을 평가하기 위한 목적으로도 활발하게 활용된다. Ahn et al. (2012)는 한국판 낙상 효능감 척도(Falls Efficacy Scale-Korean Version; FES)를 활용하여 뇌졸중으로 편마비 진단을 받은 환자의 낙상 효능감 지속능력을 평가하였다. 그 결과, 낙상 효능감 척도는 연령, BMI, 낙상 횟수 등과 높은 상관관계를 보였으며, 이를 토대로 임상에서 뇌졸중 환자의 낙상 관련 자기 효능감을 평가하는 도구로 사용될 수 있을 것이라고 제시하였다.

뇌졸중 환자에 대한 상태 평가를 위하여 Cincinnati Prehospital Stroke Scale (CPSS)과 Los Angeles Prehospital Stroke Screen (LAPSS) 체크리스트가 활용되고 있다. Kothari et al. (1999)가 개발한 CPSS는 얼굴 처짐의 존재 유무, 비대칭적인 상지근력 약화 유무, 비정상적인 말하기 등으로 구성되어 있으며 이를 통하여 여러 가지 질병으로부터 뇌졸중을 예측해 낼 수 있다고 하였다. 또한 LAPSS는 비대칭적인 얼굴의 처짐, 손 쥐기, 상지근력의 약화 등의 항목을 평가하여 뇌졸중을 예측하는데 활용되고 있다(Kidwell et al., 2000).

Table 1. Previous studies of questionnaire evaluation about Stroke prediction and diagnosis

Author	Variables	Parameters
Lee et al. (2004)	50 questions and individual data of patients	Observable symptoms related with stroke, sex, height, weight, blood type, disease history etc.
Kim and Kim (2009)	Cognitive abilities test for elderly (CSOA)	Basic intelligence, management intelligence
Ahn et al. (2012)	Falls efficacy scale-Korean version (FES)	Reliability, validity of FES
Kothari et al. (1999)	CPSS	Presence of facial sagging, asymmetric weakness of upper limb weakness, unusual speaking etc.
Kidwell et al. (2000)	LAPSS	Asymmetric sagging of the face, grasping of the hand, weakening of upper limb strength

3.2 Behavioral characteristics evaluation

행동특성을 평가하는 방법은 뇌졸중 환자를 예측하거나 정도를 판단하는 것에 매우 흔히 사용되는 방법으로, 다른 질병에서도 그 활용도가 높다. 특히, 행동특성 평가 방법은 뇌졸중 환자의 정도를 판단하거나 치료 결과를 확인하고 정상인과의 행동특성 차이를 평가하는 측면에서 활발히 연구가 진행되고 있다. 행동특성의 평가는 크게 보행 평가, 상지기능 평가, 및 자세 유지 평가가 가장 활발히 활용된다(Table 2).

보행 평가를 통해 뇌졸중 환자를 평가한 연구를 살펴보면, Lee et al. (2005)는 미국흉부학회(American Thoracic Society, ATS)에서 제시한 6분 보행 검사를 실시하여 뇌졸중 환자의 생리 변수와의 관련성과 검사의 유용성과 및 신뢰도를 평가하였다. 그 결과, 심혈관과 관련된 변수들은 증가하지 않았지만 6분간 걸은 거리는 유의미하게 증가하였으며 최소 3회 이상 보행 평가를 수행할 것을 권고하였다. Won and Kim (2011)은 뇌졸중 환자 105명을 대상으로 기능적 보행 평가, 버그 균형척도, 일어나 걸어가기 검사 간의 타당도와 측정도구에 대한 천장효과(Ceiling Effect)를 평가하였다. 그 결과, 기능적 보행 평가 총점과 버그 균형 척도 사이에는 $r=0.80$ ($p<0.01$), 기능적 보행 평가와 일어나 걸어가기 검사 사이에는 $r=-0.77$ ($p<0.01$), 일어나 걸어가기 검사와 버그 균형 척도 사이에는 $r=-0.75$ ($p<0.01$)의 상관관계를 보였으며, 세 측정도구 모두 집단 간 평균차를 비교한 결과, 각 평가도구의 만점을 고려했을 때 세 집단 간의 평균차가 기능적 보행 평가에서 더 크게 나타남을 보고하였다. 또한 보행 가능한 뇌졸중 환자를 대상으로 했을 때, 버그 균형척도보다 기능적 보행 평가의 민감도가 더 높음을 확인하였다.

뇌졸중 환자와 정상인의 자세 및 동작의 차이를 평가하는 연구 또한 뇌졸중 환자의 정도를 파악하거나 치료의 효과를 검증하는 측면에서 활발하게 진행되고 있다. Ryerson and Levit (1997)은 급성 반마비 뇌졸중 환자를 대상으로 다양한 자세를 평가한 결과, 척추와 가슴, 어깨, 골반, 그리고 엉덩이 부위에서 비대칭적 자세를 나타내고 위쪽몸통 굽힘 자세가 빈번히 발생한다고 보고하였다. Lee et al. (2014)의 연구에서는 한국어판 뇌졸중 자세 평가 척도(Modified Postural Assessment Scale for Stroke; Mpass)를 활용하여 동시(Concurrent)

와 집중(Convergent validity)의 관계를 파악하였다. 그 결과, 뇌졸중 자세 평가 척도는 동시(Concurrent)와 집중(Convergent validity)과 높은 관련성을 나타내기 때문에 임상에서 뇌졸중 환자의 자세를 평가하는데 유용한 도구라고 하였다.

Price et al. (2001)과 De Baets et al. (2016)은 뇌졸중 환자를 대상으로 동작 수행능력에 따른 차이를 비교하는 연구를 수행하였다. 그 결과 뇌졸중 환자는 정상인에 비하여 견갑골 위치의 변화가 현저하게 나타났으며 Scapular와 Trunk 움직임 시 정상인과 근육들의 Onset time과 Offset time에서 큰 차이를 나타냈다. 특히, 뇌졸중 환자는 정상인에 비하여 lower trapezius가 가장 빠른 onset time을 나타냈으며, infraspinatus는 가장 늦은 offset time을 나타났음을 보고하였다. 또한 뇌졸중 환자와 정상인간의 Trunk rotation과 Lateral bending의 동작 범위 또한 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 이와 유사하게 Dean et al. (2000)은 뇌졸중 환자와 정상인을 대상으로 shoulder positioning에 대한 평가를 수행하였다. 연구 결과 뇌졸중 환자의 85%는 shoulder muscle의 이상 증상이 나타났으며, 뇌졸중 환자는 passive external rotation range of motion이 급격히 감소하였다. 또한 뇌졸중 환자와 정상인간의 Active abduction range는 약 10도 차이가 나타남을 보고하였다. Culham et al. (1995)은 뇌졸중 환자를 이완성 마비그룹과 경직성 마비그룹으로 구분하여 팔이음 부위의 위치와 어깨관절 부분탈구의 상관관계를 알아본 결과 이완성 마비그룹에서 부분탈구의 증가가 나타난다고 하였다.

Table 2. Previous studies of behavioral characteristics evaluation about Stroke prediction and diagnosis

Author	Variables	Parameters
Lee et al. (2005)	6-min gait test	Walking length in 6-min, heart rate, blood pressure, Borg's RPE
Bang et al. (2009)	Function of upper limbs	Grip force, muscle strength of upper limbs, muscle tension, proprioceptive sensation, pain
Won and Kim (2011)	Gait test	Functional gait test, Balance test, Bug balance scale, Standing and gait test
Lee et al. (2014)	Modified postural assessment scale for stroke (mPASS)	
Ryerson and Levit (1997)	Postures	Postures of back, chest, shoulder, pelvis, hip etc.
Price et al. (2001)	Postures of shoulder	Dislocation, position, rotation of the scapula
De Baets et al. (2016)	Kinematic characteristics, EMG	3-dimension kinematic characteristics of scapula and trunk, onset time and offset time of related muscles
Dean et al. (2000)	Shoulder positioning	Range of motion
Culham et al. (1995)	Prevalence	Prevalence of partial dislocation of shoulder

3.3 Individual characteristics evaluation

뇌졸중은 개인이 지니고 있는 고유특성 및 건강특성에 따라 유병률과 발생 위험도에 영향을 미친다. 따라서 선행연구들에서는 개인이 지니고 있는 성별, 흡연 여부 등의 고유 특성과 혈압, 혈당, 콜레스테롤 등의 건강특성에 따른 뇌졸중의 관련성을 파악하기 위한 연구들이 활발하게 진행되어 왔다(Table 3).

Jung et al. (1998)는 급성 뇌졸중 환자군과 대조군을 대상으로 고혈압, 당뇨, 흡연, 음주 등의 위험인자, 감염, 추위에서의 노출, 정신적 스트레스 지수의 차이를 평가하였다. 그 결과, 뇌졸중 환자군과 대조군에서 발병 1개월 전 위험인자의 변동은 차이가 없었으나, 음주의 부정적 변화는 뇌졸중 환자군에서 높았으며, 뇌졸중 환자군이 대조군에 비해 발병 1개월 전 감염의 유병율이 높게 나타났다. 뇌졸중 환자군에서 대조군에 비해 발병 1개월 전 추위에의 노출 빈도가 높았으며, 발병 1개월 전과 1년 전에 정신적 스트레스의 정도가 높게 나타났다. 이는 선행된 감염, 추위에의 노출, 정신적 스트레스, 음주의 부정적 변화 등은 뇌졸중을 일으키는 유발인자로 작용할

수 있다는 것을 의미한다. Kim et al. (2007)의 연구에서는 뇌졸중으로 입원한 2주 이내의 급성기 환자들을 대상으로 환자-대조군 연구를 통하여 사회적 위험요인을 배우자의 유무, 교육기간, 종교 및 스트레스의 유무 등으로 구분하여 각 유형별 뇌졸중의 발생 위험을 알아보았다. 연구 결과 배우자가 없는 경우 허혈성 뇌졸중의 발생 위험이 유의하게 증가하는 것으로 나타났고 교육을 받은 기간이 짧을수록 허혈성 뇌졸중의 발생 위험이 유의하게 증가하는 것으로 나타났다.

Shin (2013)의 연구에서는 허혈성 뇌졸중 환자의 일반적인 특성, 대사증후군 유병률과 관련요인을 성별에 따라 파악하였다. 자료 수집 대상 변수로는 흡연, 체질량지수, 허리둘레, 혈압, 공복혈당, 중성지방, 총 콜레스테롤, 저/고지단백 콜레스테롤을 측정하였다. 연구 결과 대사증후군 유병률은 남성 48.4%, 여성 20.0%로 남성이 보다 높았으며, 복부비만 유병률은 여성이 23.3%, 남성 17.3%로 여성의 경우가 더 높았다. 그러나 복부비만의 경우 NCEP-ATP III의 진단 기준을 적용하여 아시아인 기준으로 여성 80cm, 남성 90cm를 적용하기 때문에 논란의 여지가 있다고 보고하였으며, 체질량지수, 허리둘레, 허리/엉덩이 둘레와 뇌졸중 발생률은 성별에 따라 차이가 존재하고 고밀도 지단백 콜레스테롤의 경우 남성 46.5%, 여성 8.9%로 유의한 차이가 있으며, 이러한 큰 차이를 보이는 원인에 대해서는 성별에 따른 선별 관리가 필요하다고 하였다. 이렇듯 선행연구의 결과를 종합하여 보면, 개인이 지니고 있는 고유특성 및 건강특성은 뇌졸중 발병에 유의한 영향을 준다고 할 수 있다.

이러한 결과를 토대로 Lee et al. (2010)은 한국인을 대상으로 각 개인이 가지고 있는 뇌졸중 위험요인들의 크기에 근거하여 개인별 뇌졸중 발생 위험도를 예측하는 모델을 개발하였다. 이 연구에서는 뇌졸중 발생 위험요인으로 고혈압, 당뇨병, 고지혈증, 심방세동, 허혈성 심질환, 뇌졸중 과거력, 비만 및 흡연 여부 및 추가로 연령과 성별을 고려하여 10개의 요인을 선택하였으며 발생 위험요인을 예측하기 위한 통계적 모형을 근거하여 모델을 개발하였다.

Table 3. Previous studies of individual characteristics evaluation about Stroke prediction and diagnosis

Author	Variables	Parameters
Shin (2013)	General characteristics of Ischemic stroke patients	Sex, metabolic syndrome, prevalence and related factors, smoking, BMI, blood pressure etc.
Lee et al. (2010)	Development of model for risk of stroke	Hypertension, diabetes, hyperlipidemia, atrial fibrillation, ischemic heart disease, history of stroke, obesity and smoking, age, sex
Jung et al. (1998)	Difference between acute stroke patients and controls	Hypertension, diabetes, smoking, drinking, prior infection, exposure to cold, mental stress etc.
Kim et al. (2007)	Risk of each type of stroke	Presence of spouse, duration of education, religion and presence of stress etc.

3.4 Physiological characteristics evaluation

뇌졸중을 평가하기 위한 방법으로 가장 유용하게 사용되는 것이 생리학적 지표를 평가하는 것이다. 생리학적 지표를 평가하기 위한 방법은 근활성도 평가, 경동맥 내막-중막 두께 변화 측정, 체성감각유발전위의 변화, 심박수 측정, 눈동자 움직임 변화 등이 있다(Table 4).

Yang et al. (2012)는 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 안정성 한계와 균형능력을 평가하는 기능적 팔 뻗기 동작을 평가하였다. 실험 결과 기능적 팔 뻗기의 길이와 앞정강이근, 장딴지근의 활성도가 양의 상관관계를 보였으며, 이는 균형능력의 저하가 원인이라고 하였다. Ko et al. (2012)는 건강한 성인군과 뇌졸중 환자군을 대상으로 손 뻗기 동작 시 방향에 따른 이동시간, 수축유지시간, 근활성도 차이를 분석하였다. 뇌졸중 환자군에서 건강한 성인군에 비해 이동시간이 증가하였으며, 위팔세갈래근을 제외하고 뇌졸중 환자군이 건강한 성인군에 비해 긴 수축유지시간을 보였으며, %MVC에서는 손을 뻗는데 사용하는 근육들이 방향에 따라 유의하게 나타남을 발견하였다. Hammond et al. (1988)은 뇌졸중 환자를 대상으로 손목관절 근육의 근전도 활성도를 평가하였다. 연구 결과 환측 상지의 근전도 반응

속도가 건축 상지에 대해 현저히 저하되어 있다고 보고하였다. Chae et al. (2002)과 Chae et al. (2006)은 환측 상하지 근전도 활성의 시작지연(Initiation delay) 및 종료지연(Termination delay) 정도가 운동기능의 객관적 지표인 Fugl-Meyer 운동 평가와 유의한 상관관계를 나타낸다고 보고하였다.

선행연구 결과에 의하면 뇌졸중 환자는 경동맥 두께의 변화를 나타낸다는 결과들이 많아 이를 활용하여 뇌졸중 환자를 예측하고자 하는 연구들이 일부 실시되고 있다. Kim et al. (2012)의 연구에서는 경동맥 초음파 검사를 실시하여 뇌혈관 질환의 예측에 지표로 평가되는 경동맥 내막-중막 두께와 죽상경화성병변 사이의 관련성 및 허혈성 뇌혈관 질환의 발생률을 확인하였다. 죽상경화증은 위험인자로 인해 혈관벽이 비후되고 탄력성을 잃어버린 상태를 의미하며, 죽상경화가 진행되면 혈관벽을 침식하여 혈관의 협착이 일어나는 질병이다. 경동맥 내막-중막 두께의 증가에 따라 뇌혈관 질환의 발생률이 높게 나타났으며 특히 1.0mm를 기준으로 하였을 때, 7배 정도 더 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이와 유사하게, Jung et al. (2012)의 연구에서는 KSRP(Korean stroke risk prediction model, 한국인 뇌졸중 예측모형)에 의한 뇌졸중 위험도와 경동맥 IMT(intima-media thickness, 내중막 두께) 증가 및 죽상경화판의 관련성을 확인하였다. 연구 결과 KSRP 위험도와 경동맥 최대 IMT는 0.29의 유의한 상관계수를 보였으나 상관성이 높지는 않았으며, 이는 IMT가 1.5mm를 초과하는 경우 죽상경화판으로 분류하므로 IMT 분포가 상한성을 가지고 있는 것에 비해 KSRP 위험도 분포는 상한선이 없기 때문인 것으로 판단된다고 하였다. 일본의 경우에도 동맥경화 판정을 위한 2차 검사로서 경동맥 초음파 검사를 채택하고 있으며 뇌졸중 1차 예방 지침에서 예방 목적으로 아스피린 복용을 고려하는 위험군을 심혈관질환 전제위험점수가 6~10%로 명시한 점을 감안하면 KSRP 위험도가 6% 이상일 때 경동맥 초음파 검사를 단계적으로 실시하는 방안을 생각해볼 필요가 있다고 하였다.

La Joie et al. (1982)는 뇌졸중 후에 동반되는 반신마비 환자를 대상으로 체성감각유발전위(Somatosensory evoked potential; SEP)의 상태와 오른쪽 상지의 기능 변화(Right upper extremity)를 분석하였다. 뇌졸중 환자의 체성감각유발전위의 정보를 토대로 뇌졸중을 예측하는데 활용 가능하다고 보고하였으며, Macdonell et al. (1989)와 Kandler et al. (1991)는 운동전위 유발 검사를 통해 뇌졸중의 예후 상태를 예측하는 것은 매우 신뢰할 만하며 체성감각유발전위 보다 예측력에서 우위가 있다고 보고하였다. Overell et al. (2000)은 심방 세동은 심방내에서 발생하는 다발성 회귀성 파에 의한 회귀성 빈맥이며, 부정맥성 기질이 있으며 유발인자 및 자율신경계의 변화 등의 환경의 변화로 발생한다고 하였다. 또한 부정맥성 기질은 심방 전기도의 분절화(fragmentation) 또는 심방내 전도 지연 등으로 나타나는데, 심방내 전도 지연 현상은 P파 지속시간의 연장으로 추정되며, 불균질한 심방내 전도 속도는 P파 유발 신호 평균호 심전도 상에서 RMS 전압과 P파 지속시간으로 추정하였다. 이러한 심박 정보의 이상은 뇌졸중의 증후를 나타낸다.

안구 움직임을 통하여 뇌졸중을 예측하고 정도를 파악하는 연구도 활발하게 진행되고 있다. Edlow et al. (2008)과 Nelson and Viirre (2009)은 전정기능을 이용한 충동 검사(HIT, head impulse test)에서 나타나는 전정안근반사(VOR, vestibule ocular reflex)와 이를 이용하여 주요 증상인 소뇌졸중(cerebellar stroke)과 부수적 증상인 전정 신경염(vestibular neuroitis)을 구분하는 연구를 진행하였다. Newman-Toker et al. (2013)은 응급실에서 사용하기 용이하게 하기 위하여 병상 안구운동 테스트(head impulse test, nystagmus, test-of-skew)를 표준화하는 연구를 진행하였다. 본 연구에서 실시간으로 전정 기관을 생리학적으로 측정하기 위하여 새로운 형태의 휴대용 안구운동 측정 장치를 사용하였고 이 장치를 이용한 병상 안구운동 테스트는 100%의 정확도를 보였다.

Table 4. Previous studies of physiological characteristics evaluation about Stroke prediction and diagnosis

Author	Variables	Parameters
Yang et al. (2012)	Functional arm stretching motion, EMG	Length of functional arm stretching motion, muscle activation of tibialis and gastrocnemius
Ko et al. (2012)	sEMG	Differences of moving time, contraction time, muscle activation
Kim et al. (2012)	Carotid ultrasound test	Carotid intima-media thickness
Hammond et al. (1988)	EMG	EMG activation of muscles of wrist joint

Table 4. Previous studies of physiological characteristics evaluation about Stroke prediction and diagnosis (Continued)

Author	Variables	Parameters
Chae et al. (2002, 2006)	EMG, Fugl-Meyer exercise evaluation	Initiation delay and termination delay of muscle activation in affected side
Overell et al. (2000)	ECG	RMS amplitude, P-wave duration
Fukunami et al. (1991)	ECG	RMS20 amplitude, P-wave duration

4. Discussion

뇌졸중은 전세계적으로 가장 중요한 사망 원인 중 하나이며, 고령화로 인하여 뇌졸중 발생이 해가 지남에 따라 증가할 것이며 최근에는 환자의 연령대가 점차 낮아지고 있다. 따라서 뇌졸중 발병 이전에 뇌졸중 위험군을 사전에 예측하고 판별하는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 전조증상을 사전에 예측하기 위하여 뇌졸중 평가 방법론 및 핵심 관련 변수를 조사하는 것이 궁극적이 목적이다. 뇌졸중 평가 방법론 및 핵심 관련 변수 조사를 위한 연구고찰 절차는 1) 연구 데이터베이스 선택(Choosing the target databases), 2) 최근 10년간 연구논문 keyword 검색(Selecting the keyword in the last 10 years), 3) 제목 평가(Evaluation of titles), 4) 초록 평가(Evaluation the abstract), 5) 최종 관련 문헌 선정(Available full-text articles), 6) 최종 문헌 검토 및 평가 방법론 및 핵심 관련 변수 정리로 진행되었다.

선행연구 결과를 종합해 보면, 뇌졸중 발병 및 증상 정도를 파악하기 위해서는 크게 설문평가 방법(Questionnaire evaluation), 행동특성 평가 방법(Behavioral Characteristics evaluation), 개인특성 평가 방법(Individual characteristics evaluation), 생리학적 평가 방법(Physiological characteristics evaluation)이 일반적으로 활용되고 있다. 설문평가 방법(Questionnaire evaluation)의 경우, 국내에서는 흡연 여부, 머리가 아프다, 말을 제대로 할 수 없다 등에 문항으로 설문지를 구성하고 정확도를 검증하는 연구(Lee et al., 2004; Ahn et al., 2012)로 피실험자가 스스로 작성한 설문지를 분석하여 뇌졸중 여부를 판단하는 연구가 진행되었다. 반면, 국외 연구들에서는 얼굴 처짐의 존재 유무, 비정상적인 말하기 등으로 체크하여(Kidwell et al., 2000) 뇌졸중 여부를 판단하는 방법이 활용되고 있다. 즉, 국내에서는 간접적으로 뇌졸중을 판단하려는 연구 방법들이 활용되고 있는 반면에 국외 연구에서는 뇌졸중 증상으로 나타나는 직접적인 인자를 가지고 뇌졸중의 증상 정도를 판단하는 설문지를 사용하고 있다.

행동특성 평가 방법(Behavioral Characteristics evaluation)을 활용한 연구들을 살펴보면, 뇌졸중 환자와 정상인간의 균형능력의 차이와 근 수축유지시간, 근활성도, 상지기능 도수시험으로 뇌졸중을 판단하거나 증상 정도를 평가하고 있다(Ko et al., 2012; Kim and Kim 2009; Bang et al., 2009). 또한 국내에서 수행된 대다수의 행동특성 연구들은 뇌졸중 환자의 치료 후 경과를 평가하는데 그 초점을 두고 있다. 반면 국외 연구들에서는 근전도를 이용하여 Onset time과 offset time을 평가하거나 ROM (range of motion) 측정을 통하여 뇌졸중 환자들의 행동특성을 파악하였으며(De Baets et al., 2016), 견갑골 위치 변화, 척추와 가슴 등의 비대칭적 자세 등을 측정하여 정상인과의 차이점을 분석하는 연구가 활발하게 진행되고 있다(Price et al., 2001; Ryerson and Levit, 1997).

개인특성 평가 방법(Individual characteristics evaluation)을 활용한 연구들을 살펴보면, 허혈성 뇌졸중의 경우에는 흡연, 체질량지수, 허리둘레, 혈압, 공복혈당, 중성지방, 총 콜레스테롤 등의 개인 특성 요인이 뇌졸중 발병에 높은 연관성을 나타냈다(Shin, 2013; Lee et al., 2010), 생리학적 평가 방법(Physiological characteristics evaluation)은 주로 경동맥의 두께를 평가하거나 심전도를 활용하여 심박 특성을 파악하는 연구가 대부분이었다. 그 결과를 종합하여 보면, 경동맥 내막과 중막 두께가 허혈성 뇌졸중과 관련있다고 보고되고 있으며(Kim et al., 2012), 경동맥 1.5mm를 초과하는 경우 뇌졸중 발생 확률이 높아진다(Jung et al., 2012). 또한 국외의 연구에서는 심전도를 이용한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 심방내 P파의 지속시간을 연구하여(Fukunami et al., 1991; Overell et al., 2000) 뇌졸중을 예측하려는 시도가 주로 이루어지고 있다. 그 이외에 두부충동검사(head impulse test)를 통하여 안구의 움직임을 평가하여 뇌졸중의 발병 유무를 판단하는 연구를 비롯하여 안경타입의 착용하기 편리한 장비를 개발하여 빠르고 정확하게 뇌졸중을 진단하려는 노력들이 활발하게 진행되고 있다.

종합적으로 본 연구의 결과를 정리하면, 뇌졸중 환자 진단에 관련된 연구들은 뇌졸중 환자의 재활 후 효과 검증이나 뇌졸중이 왔을 때 어떠한 변화가 일어나는 지에 대해서 초점이 맞추어져 있으며, 뇌졸중의 초기 진단을 위한 연구는 기본적인 뇌졸중 발생을 일으킬 수 있는 생활 습관이나 유전요인과 같은 위험인자를 기반으로 한 연구가 주를 이루고 있는 것으로 판단된다. 또한 대부분의 연구들이 뇌졸중 환자의 일반적인 특징은 근육의 약화와 감각 변화로 인한 몸통조절의 어려움, 보행능력의 감소, 운동기능 장애가 발생한다는 기본적인 가정을 가지고 연구가 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 또한 뇌졸중 환자와 정상인간의 비교를 위하여 Eye tracking, ECG, EMG, Kinematic, Somatosensory evoked potential; SEP, Motor evoked potential; MEP 등의 객관적인 평가와 주관적인 체크리스트가 활발하게 사용되고 있다.

5. Conclusion

본 연구에서는 전조증상을 사전에 예측하기 위하여 뇌졸중 평가 방법론 및 핵심 관련 변수를 문헌조사를 토대로 조사하였다. 문헌조사의 결과를 종합해 보면, 선행연구들에서는 뇌졸중의 발병 유무 및 증상 정도를 파악하기 위하여 설문평가 방법(Questionnaire evaluation), 행동특성 평가 방법(Behavioral Characteristics evaluation), 개인특성 평가 방법(Individual characteristics evaluation), 생리학적 평가 방법(Physiological characteristics evaluation)이 일반적으로 활용되고 있었다. 또한 뇌졸중에 관련된 핵심 변수들은 각 평가 방법마다 조금씩 차이를 나타냈으며 이들을 종합적으로 고려한 연구 찾아보기 힘들다. 따라서 이들 다양한 평가 방법을 종합적으로 고려하여 뇌졸중을 사전에 진단하는 평가 프로토콜 및 평가 장비를 개발하는 것이 선제적으로 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 정리한 평가 방법들은 대부분 인간의 특성을 평가하는 것으로 인간공학에서 활용되고 있는 실험설계, 신호처리 및 통계적 분석 방법 등이 활용되고 있다. 하지만 선행연구들에서는 대부분 의학이나 재활분야의 연구자들만이 관련연구를 수행하고 있다. 따라서 인간의 특성을 평가하기 위한 실험설계가 다소 부족한 부분이 존재한다. 따라서 보다 신뢰성 있는 평가를 위해서는 실험설계 및 분석단계에서 인간공학적 접근 방법이 활용되어야 할 것으로 판단된다. 또한 최근에는 실시간으로 인간특성 정보를 추출하고 분석하기 위한 다양한 웨어러블 장비들이 개발되고 있는데, 본 연구의 결과를 활용하여 예측 정확성이 높은 변수를 선별적으로 추출하여 장비개발에 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

Acknowledgements

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-05-ETRI)의 지원을 받아 수행된 연구임.

This work was supported by the National Research Council of Science & Technology (NST) grant by the Korea government (MSIP) (No. CRC-15-05-ETRI).

References

- Ahn, S.H., Shin, H.H., Cho, H.Y. and Lee, G.C., The reliability and validity of the falls efficacy scale (Korean version) in stroke patients, *Special Education and Rehabilitation Science Research*, 51(3), 363-381, 2012.
- Bang, Y.S., Kim, H.Y. and Lee, M.K., Factors affecting the upper limb function in stroke patients, *The Journal of the Korea Contents Association*, 9(7), 202-210, 2009.
- Chae, J., Quinn, A., El-Hayek, K., Santing, J., Berezovski, R. and Harley, M., Delay in initiation and termination of tibialis anterior contraction in lower-limb hemiparesis: relationship to lower-limb motor impairment and mobility, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(9), 1230-1234, 2006.
- Chae, J., Yang, G., Park, B.K. and Labatia, I., Delay in initiation and termination of muscle contraction, motor impairment, and physical disability in upper limb hemiparesis, *Muscle & Nerve*, 25(4), 568-575, 2002.

Clinical Research Center for stroke, Clinical practice guidelines for stroke, 2015.

Culham, E.G., Noce, R.R. and Bagg, S.D., Shoulder complex position and glenohumeral subluxation in hemiplegia, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(9), 857-864, 1995.

De Baets, L., Van Deun, S., Monari, D. and Jaspers, E., Three-dimensional kinematics of the scapula and trunk, and associated scapular muscle timing in individuals with stroke, *Human Movement Science*, 48, 82-90, 2016.

Dean, C.M., Mackey, F.H. and Katrak, P., Examination of shoulder positioning after stroke: a randomised controlled pilot trial, *Australian Journal of Physiotherapy*, 46(1), 35-40, 2000.

Edlow, J.A., Newman-Toker, D.E. and Savitz, S.I., Diagnosis and initial management of cerebellar infarction, *The Lancet Neurology*, 7(10), 951-964, 2008.

Fukunami, M., Yamada, T., Ohmori, M., Kumagai, K., Umemoto, K., Sakai, A., Kondoh, N., Minamino, T. and Hoki, N., Detection of patients at risk for paroxysmal atrial fibrillation during sinus rhythm by P wave-triggered signal-averaged electrocardiogram, *Circulation*, 83(1), 162-169, 1991.

Halmagyi, G., Aw, S., Cremer, P., Curthoys, I. and Todd, M., Impulsive testing of individual semicircular canal function, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 942(1), 192-200, 2001.

Hammond, M., Kraft, G. and Fitts, S., Recruitment and termination of electromyographic activity in the hemiparetic forearm, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69(2), 106-110, 1988.

Jung, B.W., Shon, H.K., Yang, J.H., Lee, H.P. and Lee, C.Y., The association between the 10-year risk of the Korean stroke risk prediction model and the carotid intima-media thickness, *Journal of the Korean Neurological Association*, 30(4), 274-278, 2012.

Jung, S.J., Kim, J.S. and Lee, C.H., Precipitants of stroke: Roles of risk factor changes, preceding infection, exposure to coldness, and psychologic stress, *Journal of the Korean Neurological Association*, 16(5), 609-615, 1998.

Kandler, R., Jarratt, J. and Venables, G., Clinical value of magnetic stimulation in stroke. *Cerebrovascular Diseases*, 1(4), 239-244, 1991.

Kidwell, C.S., Starkman, S., Eckstein, M., Weems, K. and Saver, J.L., Identifying stroke in the field prospective validation of the Los Angeles prehospital stroke screen (LAPSS), *Stroke*, 31(1), 71-76, 2000.

Kim, G.Y. and Kim, H.K., Effects of stroke on cognitive functions measured by the cognition scale for older adults, *Korean Journal of Clinical Psychology*, 28(2), 587-603, 2009.

Kim, J.W., Yoo, B.C., Choi, S.M., Ahn, J.J., Cho, H.K., Yoo, H.R. and Kim, Y.S., Case-control study on social risk factors of stroke in Korea, *Journal of Physiology & Pathology in Korean Medicine*, 21(6), 1631-1636, 2007.

Kim, M.S., Kook, U.Y., Kim, Y.M., Jeon, M.R., Jung, S.W. and Lee, H.B., The carotid artery ultrasonography's usefulness for the prediction of ischemic brain vessel disease, *The Korean Society of Medical Sonographers*, 3(1), 15-24, 2012.

Ko, B.W., Song, W.K., Kim, K., Lee, H.Y., Lee, S.J. and Park, D.S., The effect of directions of targets on muscle activity healthy and stroke during reaching task, *Proceedings of the HCI 2012*, 506-510, 2012.

Kothari, R.U., Pancioli, A., Liu, T., Brott, T. and Broderick, J., Cincinnati prehospital stroke scale: reproducibility and validity, *Annals of Emergency Medicine*, 33(4), 373-378, 1999.

Kwon, Y.D., Chang, H.J., Choi, Y.J. and Yoon, S.S., Nationwide trends in stroke hospitalization over the past decade, *Journal of Korea Medical Association*, 55(1), 1014-1025, 2012.

La Joie, W., Reddy, N. and Melvin, J., Somatosensory evoked potentials: their predictive value in right hemiplegia, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(5), 223-226, 1982.

Lee, K.S. and Jung, M.C., A guideline on the operation phase of manual material handling task through literature review, *Journal of Ergonomic Society of Korea*, 36(4), 325-341, 2017.

Lee, J.H., Shin, H.I. and Jeong, Y.S., Reliability of 6-minute walk test in stroke patients, *Journal of the Korean Geriatrics Society*, 9(1), 39-44, 2005.

Lee, J.S., Park, J.M., Park, T.H., Lee, K.B., Lee, S.J., Cho, Y.J., Han, M.G., Bae, H.J. and Lee, J.Y., Development of a stroke prediction model for Korean, *Journal of the Korean Neurological Association*, 28(1), 13-21, 2010.

Lee, J.W., Jeong, W.G., Park, S.R., Kang, I.T., Kim, Y.I. and Lee, G.K., A design of expert systems for stroke in the early diagnosis, *Journal of Communications and Networks*, 8(4), 873-878, 2004.

Lee, Y.B., Ahn, S.H. and Lee, K.C., The Reliability and Validity of the Modified Postural Assessment Scale for Stroke (Korean Version) in Stroke Patients, *The Research Institute for Special Education & Rehabilitation Science*, 53(3), 333-351, 2014.

Macdonell, R.A., Donnan, G.A. and Bladin, P.F., A comparison of somatosensory evoked and motor evoked potentials in stroke, *Annals of Neurology*, 25(1), 68-73, 1989.

Nelson, J.A., and Viirre, E., The clinical differentiation of cerebellar infarction from common vertigo syndromes, *Western Journal of Emergency Medicine*, 10(4), 273, 2009.

Newman-Toker, D.E., Tehrani, A.S.S., Mantokoudis, G., Pula, J.H., Guede, C.I., Kerber, K.A., Blitz, A., Ying, S.H., Hsieh, Y.H., Rothman, R.E., Hanley, D.F., Zee, D.S. and Kattah, J.C., Quantitative Video-Oculography to Help Diagnose Stroke in Acute Vertigo and Dizziness, *Stroke*, 44(4), 1158-1161, 2013.

Overell, J., Bone, I. and Lees, K., Interatrial septal abnormalities and stroke A meta-analysis of case-control studies, *Neurology*, 55(8), 1172-1179, 2000.

Price, C.I., Rodgers, H., Franklin, P., Curless, R.H. and Johnson, G.R., Glenohumeral subluxation, scapula resting position, and scapula rotation after stroke: a noninvasive evaluation, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(7), 955-960, 2001.

Ryerson, S. and Levit, K., Functional movement reeducation: a contemporary model for stroke rehabilitation, *Churchill Livingstone*, 1997.

Shin, S.O., Prevalence and Associated Factors of Metabolic Syndrome in Ischemic Stroke Patients by Gender, *Journal of Korea Entertainment Industry Association*, 7(4), 209-216, 2013.

Statistics Korea, 2016 cause of death statistics, 2016.

Tarnutzer, A.A., Berkowitz, A.L., Robinson, K.A., Hsieh, Y.H. and Newman-Toker, D.E., Does my dizzy patient have a stroke? A systematic review of bedside diagnosis in acute vestibular syndrome, *Canadian Medical Association Journal*, 183(9), E571-E592, 2011.

Won, J.I. and Kim, K.S., Concurrent Validity of the Functional Gait Assessment, Berg Balance Scale, and Timed Up and Go Test in Patients With Stroke, *Physical Therapy Korea*, 18(2), 43-51, 2011.

Yang, D.J., Kim, J.H., Jung, Y.S., Um, Y.H. and Park, S.K., Correlation between balance and lower extremity muscle activity in stroke patients, *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology*, 10(1), 1-5, 2012.

Author listings

Seung Nam Min: msnijn12@hanmail.net

Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Hanyang University

Position title: Professor, Department of fire and safety Management, Shinsung University

Areas of interest: Ergonomics, safety, cognition, WMSDs, Job Stress, Human Error

Dong Joon Kim: whatsdream@naver.com

Highest degree: Bachelor in Mechanical Engineering

Position title: Ph.D. Student

Areas of interest: Biomechanics, UX/UI, Safety

Se Jin Park: sjpark@kriss.re.kr

Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Korea University

Position title: Principal Research Scientist, KRISS/ETRI, Professor, University of Science & Technology

Areas of interest: Medical Physics, Ergonomics, Emotion & Sensibility, Biomechanics, Work Physiology

Kyung-Sun Lee: kyungsunlee81@gmail.com

Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Ajou University

Position title: Professor, Department of Industrial safety Management, Suncheon Jeil College

Areas of interest: Ergonomics, Safety, Biomechanics, WMSDs, UX/UI, Human error