

## EVALUAREA IMPACTULUI TERAPIEI PRIN STIMULARE MULTISENZORIALĂ CU REALITATE VIRTUALĂ ASUPRA MEMBRULUI INFERIOR ȘI ANALIZA MERSULUI, LA PACIENȚII CU ACCIDENT VASCULAR CEREBRAL

### ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE MULTISENSORY STIMULATION THERAPY USING VIRTUAL REALITY ON THE LOWER LIMB AND GAIT ANALYSIS IN STROKE PATIENTS

*Butuc Lavinia Raluca<sup>1</sup>, Lazăr Liviu<sup>2</sup>*

**Key words:** medical recovery via multi-sensory stimulation with virtual reality, video games, virtual environment

**Cuvinte cheie:** recuperare medicală prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală, jocuri video, mediu virtual

#### **Abstract**

##### **Introduction:**

The quality of patients' lives has always been pursued. Stroke is the first cause among neurological diseases and the third cause of mortality. This article has been analyzed the effects of multisensory stimulation therapy using virtual reality on lower limb functionality and this functionality has been measured objectively by us through gait analysis.

**Method:** The study was conducted in 66 patients with stroke. They were distributed in two homogeneous lots (the average age being over 50 years in the studied lots) The study group performed physiokinetherapeutic treatment and multi-sensory stimulation therapy with virtual reality, the control group performed physiokinetherapeutic treatment without virtual reality therapy. The motor function of the inferior paresis was initially evaluated and at 6 months.

**Result:** The results of the study showed that spasticity had an average that decreased in six months from 1,83 to 1,26 and in the control group from 1,95 to 1,81. Thus the treatment effect on lower limb spasticity was 3,5 times higher in the study group than the control group (ES=0,42, respectively ES=0,12). The effect of the treatment on the length of the waiting phase – left was 3.3 times higher in the study group as compared to the control group (ES=1.32, respectively ES= 0.40) by the Timed Up an Go test.

**Conclusion:** These new therapeutic methods have been demonstrated a significant impact not only on diagnosis but also on the prevention of pathological disorders of hemiplegic walking.

#### **Rezumat**

##### **Introducere:**

Calitatea vieții pacienților a fost dintotdeauna urmărită. Accidentul vascular cerebral este prima cauză în rândul bolilor neurologice și a treia cauză de mortalitate. În acest articol s-a analizat efectele terapiei prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală asupra funcționalității membrilor inferioare iar această funcționalitate am măsurat-o obiectiv prin analiza mersului

**Metodă.** Studiul s-a realizat pe un număr de 66 de pacienți cu accident vascular cerebral. Aceștia au fost distribuiți în două loturi omogene (media de vârstă fiind de peste 50 ani în loturile studiate). Lotul studiu a efectuat tratament fiziokineterapeutic și terapie prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală, lotul control a efectuat tratament fiziokineterapeutic dar fără terapie prin realitate virtuală. Funcția motorie a membrului inferior paretic a fost evaluată inițial și la 6 luni.

**Rezultate.** Rezultatele studiului au demonstrat faptul că spasticitatea a avut o medie care a scăzut în 6 luni de la 1,83 la 1,26 iar la lotul de control de la 1,95 la 1,81. Astfel efectul tratamentului asupra spasticității membrilor inferioare a fost de 3,5 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=0,42, respective ES=0,12). Efectul tratamentului asupra duratei fazei de așteptare – stânga a fost de 3,3 ori mai mare la lotul studiu față de lotul control (ES=1,32, respectiv ES=0,40) prin testul Timed Up and Go.

**Concluzii.** S-a demonstrat că aceste metode noi terapeutice au prezentat un impact semnificativ nu doar în diagnosticarea dar și în prevenirea tulburărilor patologice ale mersului hemiplegic.

#### **Introducere**

Calitatea vieții pacienților a fost dintotdeauna urmărită iar tehnologia a fost mereu în căutarea de noi metode pentru a o îmbunătăți. [1] *Terapia prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală* este un instrument pentru recuperare neuromotorie la pacienții cu deficiențe senzoriale și motorii, care implică atât

<sup>1</sup> University of Oradea, Faculty of Medicine and Pharmacy, 10 Decembrie 1 St., Oradea, România, e-mail: Corresponding author: [ligia\\_lavinia8@yahoo.com](mailto:ligia_lavinia8@yahoo.com)

<sup>2</sup> University of Oradea, Faculty of Medicine and Pharmacy, 10 Decembrie 1 St., Oradea, România, e-mail: [lazarlv@yahoo.com](mailto:lazarlv@yahoo.com)

membrele superioare cât și cele inferioare. [2] Evaluarea și examinarea posturii corpului (în timpul mersului) reprezintă elemente importante și integrale ale gestionării pacienților în aproape fiecare model de practică a fizioterapiei. [3] Accidentul vascular cerebral este prima cauză în rândul bolilor neurologice și a treia cauză de mortalitate după afecțiunile cardiace și boala neoplazică. [4]

Spasticitatea reprezintă una din tulburările care afectează abilitățile funcționale în urma leziunilor cerebrale iar tulburările asociate cu sindromul de neuron motor central sunt evaluate în general ca fiind negative sau pozitive. Astfel tulburările negative sunt acele funcții care au fost pierdute ca urmare a leziunilor cerebrale (spre exemplu pierderea dexterității și a forței musculare) în timp ce tulburările pozitive sunt acele funcții suplimentare de exemplu posturile anormale/defectuoase și spasticitatea (Jackson, 1958, Landau, 1980, Burke, 1988). [5] Rymer și Katz au sugerat că problemele legate de tonusul muscular sunt de origine centrală iar spasticitatea reprezintă un fenomen mediat periferic. [6]

Recuperarea medicală ajută supraviețuitorii de accident vascular cerebral să redobândească abilitățile pierdute atunci când o parte a creierului a fost afectată. Pacienții ce suferă accident vascular cerebral cu hemiplegie sau hemipareză pot avea numeroase dificultăți în activitățile vieții zilnice, cum ar fi de exemplu apucarea obiectelor sau mersul pe jos. [7]

## Scop

Scopul acestui studiu a fost acela de a aprecia și evalua aportul terapiei multisenzoriale cu realitate virtuală în ameliorarea echilibrului, mersului și a independenței funcționale astfel încât pacientul să aibă autonomie în viața de zi cu zi.

## Material și metodă

Am efectuat un studiu prospectiv randomizat alcătuit din două loturi omogene: lotul studiu alcătuit din 30 de pacienți cu accident vascular cerebral și care au urmat tratament fiziokinetoterapeutic și terapie prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală respectiv lotul martor în care au fost 36 de pacienți cu accident vascular cerebral cu tratament fiziokinetoterapeutic dar fără terapie prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală.

În loturile studiate majoritatea pacienților au avut vârste peste 50 ani (73, 33%, respectiv 80, 56%), fără a exista diferențe semnificative între cele două loturi ( $p = 0,1206$ ). În ambele loturi au predominat bărbații, raportul bărbați/femei fiind de 1,7:1 în lotul de studiu, respectiv 2:1 în lotul de control. Nu există diferențe semnificative între cele două loturi din punct de vedere al distribuției în funcție de sex ( $p = 0,7784$ ). Peste 55% dintre pacienții celor două loturi au suferit AVC ischemic (56, 67% respectiv 55, 56%) ( $p = 0,9285$ ).

Criteriile de includere au fost următoarele: pacienți cu AVC ischemic și hemoragic cu vârsta între 24 și 75 ani; vechimea evenimentului vascular fiind: I: între 3 -6 luni; II: între 6 luni – 1 an și III: peste un an; factori de risc pentru accident vascular cerebral prezenți și înțelegerea de către pacient a instrucțiunilor privind terapia prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală și testarea mersului iar criteriile de excludere au fost: pacienți cu vârsta mai mică de 24 de ani și mai mare de 75 de ani; pacienți care nu pot menține ortostatismul necesitând utilizarea unui baston/cadru fără de care nu poate efectua mersul; pacienți cu boli psihice. Toți pacienții au fost informați despre studiu și și-au dat acordul prin semnarea formularului de consimțământ informat. Studiul a fost efectuat în Spitalul de Recuperare Medicală din Băile Felix în perioada noiembrie 2016 – august 2017 datorită faptului că în cadrul acestei unități am avut acces la aparatul medical de terapie prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală. Pacienții au fost evaluați la introducerea în studiu și la 6 luni.

*Toți pacienții au efectuat: hidrokinetoterapie o ședință pe zi cu o durată de 20 de minute, kinetoterapie și masaj o ședință pe zi timp de 20 de minute. Totodată au efectuat electroterapie cu curent de joasă frecvență în scop antialgic și psihoterapie o ședință pe zi timp de 10 zile. Lotul studiu a efectuat în plus față de lotul martor tratament prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală o ședință pe zi timp de 10 zile ședința cuprinzând  $\frac{3}{4}$  jocuri a câte 10-15 minute. Testarea mersului a fost efectuată la toți pacienții procedură care a implicat o sesiune pe zi, ședința având o durată de 5 minute.*

Mersul este un act important în existența omului. Viața familială, socială, profesională a fiecăruia poate fi condiționată în mare măsură de ortostatism și locomoție. Articulațiile membrului inferior sunt caracterizate printr-o stabilitate mare în detrimentul mobilității mai reduse.

## Analiza mersului

Analiza mersului s-a realizat prin intermediul procedurii de Testare a mersului, aceasta urmărind să evidențieze evoluția mersului prin intermediul "Raportului de examinare" pe care software-ul din calculator îl afișează automat și imediat. Acest "Raport de examinare" cuprinde cinci secțiuni principale ale mersului prezente inițial și modificate ulterior final.

BTS G – WALK este un sistem wireless ce constă într-un senzor inerțial alcătuit dintr-un accelerometru triaxial, un senzor magnetic și un giroscop triaxial care se poziționează la nivelul L5 permițând astfel o analiză funcțională a mersului. [8]

Funcția motorie a membrului inferior paretic a fost evaluată inițial și la 6 luni după sfârșitul terapiei prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală folosind testul Tinetti pentru evaluarea echilibrului static/dinamic și mersul în diferite situații ale vieții cotidiene, în special pacienții vârstnici care prezintă riscuri sporite de a cădea, FIM pentru măsurarea independenței funcționale, RANKIN utilă ca indicator global al gradului de dependență/independență funcțională și scala Ashworth modificată pentru evaluarea spasticității.

## Rezultate

În loturile studiate majoritatea pacienților au avut vârste peste 50 ani (73,33%, respectiv 80,56%), fără a exista diferențe semnificative între cele două loturi ( $p=0,1206$ ), (tabelul I).

**Tabelul I Distribuția cazurilor în funcție de vârstă**

Age	Study group		Control group	
	No.	%	No.	%
≤ 40 years	3	10.00	1	2.78
41-50 years	5	16.67	6	16.67
51-60 years	10	33.33	11	30.56
> 60 years	12	40.00	18	50.00

În ambele loturi au predominat bărbații, raportul bărbați/femei fiind de 1,7:1 în lotul de studiu, respectiv 2:1 în lotul de control. Nu există diferențe semnificative între cele două loturi din punct de vedere al distribuției în funcție de sex ( $p=0,7784$ ), (tabelul II).

**Tabelul II Distribuția cazurilor în funcție de sex**

Gender	Study group		Control group	
	No.	%	No.	%
Female	11	36.67	12	33.33
Male	19	63.33	24	66.67
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100.00</b>	<b>36</b>	<b>100.0</b>

Tabelul III arată că peste 55% dintre pacienții celor două loturi au suferit AVC ischemic (56, 67% respectiv 55, 56%) ( $p=0,9285$ ).

**Tabelul III Distribuția cazurilor în funcție de tipul AVC**

Type of stroke	Study group		Control group	
	No.	%	No.	%
Hemorrhagic	13	43.33	16	44.44
Ischemic	17	56.67	20	55.56

Valorile medii ale scorurilor Tinetti au scăzut în ambele loturi la 6 luni față de evaluarea inițială, efectul tratamentului fiind moderat în cazul lotului de studiu ( $ES = 0,52$ ) și mic în lotul de control ( $ES=0,23$ ).

Față de valoarea la internare, la lotul de studiu, efectul tratamentului asupra scorului FIM a fost moderat, atât inițial cât și la 6 luni ( $ES = 0,62$ , respectiv  $ES=0,59$ ). Iar la lotul de control efectul la evaluarea inițială a fost moderat ( $ES = 0,51$ ) iar la 6 luni a fost mic spre moderat. ( $ES = 0,49$ ).

În evoluția scorului Rankin după 6 luni de tratament în lotul de studiu au rămas cu dizabilitate moderată 43,33% din pacienți. În lotul de control ameliorarea a fost într-o proporție mai mică. În acest caz 63,89% din pacienți au rămas cu dizabilitate moderată. Comparând proporția ameliorărilor în cazul celor cu dizabilitate moderată am constatat că 26,67% din pacienți aparținând lotului de studiu s-au ameliorat față de doar 5,55% pacienți ameliorați în lotul control.

Spasticitatea analizată prin scorul Ashworth a avut astfel la lotul de studiu, o medie care a scăzut în 6 luni de la 1,83 la 1,26 iar la lotul de control de la 1,95 la 1,81. Efectul tratamentului asupra spasticității membrului inferioare a fost de 3,5 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control ( $ES=0,42$ , respectiv  $ES=0,12$ ).

### Evoluția parametrilor mersului

Pentru analiza mersului, tehnologia utilizată și înțelegerea rolului analizei mersului în evaluarea și managementul clinic s-a dezvoltat semnificativ în ultimi ani. În ultima decadă a secolului al XIX-lea analiza mersului a fost inițial aplicată de frații Weber. [9]

S-a observat faptul că la lotul de studiu, media *duratei fazei de așteptare - stânga* a crescut în 6 luni de la 61,80 la 66,42 iar la lotul de control de la 62,57 la 64,46. Efectul tratamentului asupra duratei fazei de așteptare - stânga a fost de 3,3 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=1,32, respectiv ES=0,40).

Media *duratei fazei de așteptare - dreapta* a scăzut în 6 luni de la 63,51 la 62,24 la lotul de studiu, iar la lotul de control a scăzut de la 65,22 la 64,53. Efectul tratamentului asupra duratei fazei de așteptare - dreapta a fost de 3,2 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=0,38, respectiv ES=0,12).

*Indexul de simetrie* mediu a crescut în 6 luni de la 65,06 la 74,74 la lotul de studiu iar la lotul de control a scăzut de la 68,46 la 61,77. Efectul tratamentului asupra indexului de simetrie a fost de 1,4 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=1,08, respectiv ES=0,78).

*Indexul de simetrie - înclinare* a crescut în 6 luni de la 76,47 la 81,84 la lotul de studiu iar la lotul de control a crescut de la 65,80 la 69,64. Efectul tratamentului asupra indexului de simetrie a fost de 1,3 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=0,51, respectiv ES=0,40).

*Indexul de simetrie - oblicitate* a scăzut în 6 luni de la 47,90 la 44,81 la lotul de studiu iar la lotul de control a scăzut de la 52,46 la 48,88. Efectul tratamentului asupra indexului de simetrie a fost de 1,3 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=0,57, respectiv ES=0,45).

*Indexul de simetrie - rotație* a scăzut în 6 luni de la 69,67 la 58,06 la lotul de studiu iar la lotul de control a scăzut de la 65,22 la 60,71. Efectul tratamentului asupra indexului de simetrie a fost de 2,2 ori mai mare la lotul de studiu față de lotul de control (ES=1,22, respectiv ES=0,55).

Punctul central al acestui studiu a fost identificarea caracteristicilor biomecanice privind simetriile și asimetriile mersului importante în evaluarea mersului hemiplegicilor care au fost efectuate în timpul testului Timed Up and Go de către pacienți iar datele colectate arată diferențele semnificative în performanța motorie a pacienților

### Discuții

Tehnologiile cu terapia prin realitate virtuală în ultimii ani au început să fie utilizate ca instrument de evaluare și tratament în cadrul recuperării. Motivul utilizării acestei tehnologii pentru recuperarea medicală se bazează pe o serie de însușiri ale acestei tehnologii. (Schultheis și Rizzo, 2001; Riva et al., 1999.) [10]

Scopul acestui studiu a fost acela de a aprecia și evalua aportul terapiei multisenzoriale cu realitate virtuală în ameliorarea echilibrului, mersului și a independenței funcționale astfel încât pacientul să aibă autonomie în viața de zi cu zi. Tmaura și alții. de exemplu au examinat fiecare fază a testului TUG, testul ridicării și deplasării folosind senzori de inerție wireless. Ei au precizat că durata necesară pentru finalizarea fiecărei faze a variat semnificativ între pacienții cu risc scăzut de cădere și cei cu risc crescut de cădere. [11]

Analiza echilibrului și a mersului a identificat afectarea acestor pacienți în independența lor funcțională prin pierderea încrederii în sine. Astfel în ceea ce privește rezultatele scorurilor TINETTI am constatat valori medii fiind evidențiat scăderea în ambele loturi față de evaluarea inițială, efectul tratamentului fiind unul moderat în cazul lotului de studiu (ES=0,52) și mai mic în lotul de control (ES=0,23). O analiză sistemică efectuată de Marcela Cavalcanti Moreira et al. axată pe utilizarea tuturor tehnologiilor cu realitate virtuală sau pe îmbunătățirea posturii corpului (în timpul mersului) la pacienții ce au suferit AVC a demonstrat faptul că utilizarea tehnologiei cu realitate virtuală indică modificări ale parametrilor posturii/mersului. Această analiză a evidențiat de asemenea că tehnologia cu realitate virtuală este o metodă cu efecte promițătoare de îmbunătățire a posturii corpului în timpul mersului la pacienții cu AVC. [12]

În ceea ce privește spasticitatea am constatat pe parcursul terapiei prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală faptul că la lotul de studiu, media scorului Ashworth a scăzut în 6 luni de la 1,83 la 1,26, iar la lotul de control de la 1,95 la 1,81 ceea ce înseamnă că pacienții au tolerat bine sau foarte bine programul de exerciții din cadrul terapiei prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală și testarea mersului fapt confirmat și din discuțiile avute cu pacienții din lotul studiu în raport cu lotul martor.

O interacțiune între cele două membre inferioare este descrisă a fi mersul, unul fiind în contact cu solul producând astfel secvențial și propulsia dar și controlul în timp ce celălalt membru balansează liber și determină cu el momentul de înaintare al corpului. [13]

Abilitatea de a merge pe jos face parte din funcțiile de relație ale corpului uman și poate fi unul dintre principalii predictorii ai calității vieții în cazul pacienților cu AVC. [14] Faza de poziționare include susținerea

unică, susținerea dublă inițială și susținerea dublă terminală. Aceasta reprezintă o caracteristică generală a sprijinului unui picior pe sol iar durata acestui sprijin la o schimbare spontană de viteză este de aproximativ 60% din ciclul de mers. Astfel această fază scade cu viteza crescândă, măbind și durata de balansare. Faza de alergare reprezintă 40% din ciclul de mers atunci când piciorul nu mai este în faza de contact cu solul și este adus înainte iar faza de poziționare este adesea prelungită atunci când pacientul are o problemă de echilibru. Când tulburările aparatului locomotor afectează în mod specific o parte a corpului (de ex. durere, hemiplegie, proteză) poziția este scurtată pe piciorul afectat și crescută pe celălalt membru. [15] Durata măsurată de la un eveniment al labei unui picior și până la producerea simultană a aceluiași eveniment la nivelul labei piciorului opus reprezintă perioada de pas. Doi pași cuprinde fiecare ciclu de mers. Această perioadă de pas este importantă pentru măsurarea și identificarea asimetriei prezente în cele două flancuri al corpului în condiții patologice. [16]

Utilizarea analizei de mers pe baza senzorilor a făcut progrese semnificative în ultimii ani și a avut parte de un mare succes în recuperarea pacienților post accident vascular cerebral. [17] Rezultatele a 13 pacienți care au avut accident vascular cerebral și care au utilizat o serie de jocuri virtuale prin intermediul sistemului GX-VR au fost descrise de Kizony și colab. (2004). Aceste rezultate au arătat faptul că sistemul este potrivit pentru a fi utilizat la pacienții vârstnici care au deficiențe cognitive și motorii. În altă ordine de idei toți pacienții și-au exprimat încântarea față de această experiență. [18]

Potrivit unui studiu efectuat în Copenhaga cu privire la accidentele vasculare indică faptul că numai 10% dintre pacienții cu AVC și paralizie a membrilor inferioare își redobândesc funcția motorie ( în acest caz, mersul pe jos). Prognosticul funcției motorii este prin urmare, important, deoarece stabilește gradul de independență al pacientului. [19, 20, 21]

Dintre pacienții lotului de studiu toți pacienții au revenit după 6 luni în Spitalul de Recuperare Medicală Băile Felix. În urma revenirii lor după 6 luni ca și aspect al stării lor de sănătate generale am observat o ameliorare semnificativă și chiar importantă a funcției membrului inferior plegic și în special mersul acest lucru fiind foarte vizibil la pacienți. Toți acești pacienți din lotul studiu și-au exprimat doleanța de a repeta această terapie prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală, plăcerea și motivația de a continua acest tip de tratament datorită faptului că a determinat o influență pozitivă în evoluția și progresul recuperării dizabilității lor. Iată deci căci percepția influenței pozitive a acestei terapii asupra pacienților a devenit constantă chiar și după trecerea celor 6 luni fapt confirmat și de rezultatele datelor statistice analizate mai sus.

## Concluzii

În acest articol s-a analizat efectele terapiei prin stimulare multisenzorială cu realitate virtuală asupra funcționalității membrilor inferioare iar această funcționalitate am măsurat-o obiectiv prin analiza mersului. S-a demonstrat că aceste metode noi terapeutice au prezentat un impact semnificativ nu doar în diagnosticarea dar și în prevenirea și urmărirea tulburărilor neurologice și patologice ale mersului hemiplegic.

În urma rezultatelor de mai sus se concluzionează faptul că dizabilitatea prezentă s-a ameliorat și îmbunătățit considerabil la pacienții din lotul de studiu care au efectuat terapia multisenzorială cu realitate virtuală asociată cu testarea mersului față de pacienții din lotul martor care nu au efectuat aceste două proceduri.

O serie de parametri importanți din analiza mersului au fost extrași mai evidenți fiind parametri spațio-temporali ai mersului dar și rezultatele evaluării kinematice ai bazinului și care datorită importanței lor clinice au demonstrat îmbunătățirea și ameliorarea valorilor determinând un progres și o evoluție bună în recuperarea pacienților cu accident vascular cerebral în lotul studiu în comparație cu lotul martor.

## Referințe bibliografice

- [1] N. Caicedo-Rosero, O.A. Vivas-Albán y J. Londoño-Prieto (2017) Una revisión sobre los sistemas de rehabilitación de motricidad basados en juegos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 9, no. 1, pp. 24-33, agosto de 2017, pg. 25.
- [2] \*\*\* (2015) *BTS Nirvana Manual clinic Română Versiunea 2.0.0, User Manual-ENG.BTS G-WALK*, pdf english version 6.1.0, Copyright BTS SpA, pg. 9 – 10 , 51 – 69.
- [3] Montgomery Patricia, Connolly Barbara (2003) *Clinical applications for motor control*, by SLACK Incorporated, ISBN 1-55642-545-7, pg. 335.
- [4] [http://old.ms.gov.md/\\_files/13319-PROTOCOL%2520AVC%252022.11.12.pdf](http://old.ms.gov.md/_files/13319-PROTOCOL%2520AVC%252022.11.12.pdf), pg.8.
- [5] Barnes P. Michael, Johnson R. Garth (2008) *Upper Motor Neurone Syndrome and Spasticity Clinical Management and Neurophysiology*, Second Edition, Cambridge University Press, pg. 79.
- [6] Montgomery Patricia, Connolly Barbara (2003) *Clinical applications for motor control*, by SLACK

- Incorporated, ISBN 1-55642-545-7, pg 310.
- [7] U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service National Institutes of Health, (2014) *Post-Stroke Rehabilitation*, NIH Publication No. 14 1846 September, pg. 1,3. 8. BTS Nirvana Manual clinic Română Versiunea 2.0.0, User Manual-ENG.BTS G-WALK, pdf English version 6.1.0, 2015 BTS SpA, pg. 9 – 10, 51 – 69.
- [8] Randall L. Braddom (2015) *Medicină Fizică și de Reabilitare* ediția a IV - a, editia in limba romana, București, pg. 107.
- [9] Weiss L. Patrice, Kizony Rachel, Feintuch Uri and Katz Noomi (2006) *Virtual reality in neurorehabilitation*
- [10] Selzer E. Michael, Clarke Stephanie, Cohen G. Leonardo, Duncan W. Pamela, Gage H. Fred, (2006) *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation*, Cambridge University Press, pg. 187.
- [11] Amandine Dubois, Titus Bihl, Jean-Pierre Bresciani (2018) Automating the Timed Up and Go Test Using a Depth Camera, *Sensors*, 18, 14; doi: 10.3390/s18010014 www.mdpi.com/journal/sensors, pg. 11 of 13.
- [12] Zafar Anam, Malik Nawaz Arshad, Masood Tahir (2018) Effect of Virtual Reality Training on Dynamic Balance of Chronic Stroke Patients, *JIIJC* Vol. 13, No.1. pg. 23-24.
- [13] Randall L. Braddom (2015) *Medicină Fizică și de Reabilitare* ediția a IV - a, editia in limba romana, București, pg. 108.
- [14] Bensoussan Laurent, Viton Jean-Michel, Barotsis Nikos, and Delarque Alain (2008) Evaluation of patients with gait abnormalities in physical and rehabilitation medicine settings, *J Rehabil Med*; 40: 497–507, pg. 506.
- [15] Gouelle Arnaud and Mégrot Fabrice (2016) *Interpreting Spatiotemporal Parameters, Symmetry, and Variability in Clinical Gait Analysis*, Springer International Publishing
- [16] AG B. Müller, S.I. Wolf (eds.), *Handbook of Human Motion*, DOI 10.1007/978-3-319-30808-1\_35-1, pg. 7.
- [17] Randall L. Braddom (2015) *Medicină Fizică și de Reabilitare* ediția a IV - a, editia in limba romana, București 2015, pg. 108.
- [18] Weijun Tao , Tao Liu , Rencheng Zheng and Hutian Feng (2012) Gait Analysis Using Wearable Sensors, *Sensors*, 12, 2255-2283; doi:10.3390/s120202255, pg. 2270.
- [19] Weiss L. Patrice, Kizony Rachel, Feintuch Uri and Katz Noomi (2006) *Virtual reality in neurorehabilitation*,
- [20] Selzer E. Michael, Clarke Stephanie, Cohen G. Leonardo, W.Duncan Pamela, Gage H. Fred (2006) *Textbook of Neural Repair Rehabilitation* Volume II Medical Neurorehabilitation, Cambridge University Press, pg. 191.
- [21] Rene Cailliet, Lower Extremity in Stroke, Paul E. Kaplan, Rene Cailliet, Candia P. Kaplan (2003) *Rehabilitation of stroke*, Elsevier Science, Inc., pg 147.