

**ԻԴԻՈՊԱԹԻԿ ՄԿՈՒԻՉՈՉՎ ՀԻՎԱՆԳՆԵՐԻ ԿՈՐՍԵՏՆԵՐԻ
ԿՆՆՍԱՄԵԽԱՆՆԻԿԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՌԱԶԱԳ
ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ**

¹Երվանդ Հարությունյան, ²Տիգրան Պետրոսյան

¹Հայաստանի ֆիզիկական կուլտուրայի և սպորտի պետական ինստիտուտ
²Երևանի Հայբուսակ համալսարանի Բժշկական ինստիտուտ

Մուտքագրված է՝ 14.07.2023, ընդունված է՝ 24.08.2023

Ամփոփագիր. Ներկայացվող աշխատանքի նպատակն է շարժումների գրանցման համակարգի միջոցով ստեղծել եռաչափ գնահատման մոդել՝ սկոլիոզ ունեցող անձանց հետ տարվող վերականգնողական աշխատանքի արդյունավետության գնահատման համար: Ծարժումների գրանցման համակարգերի միջոցով գրանցելով կորսետների և վարժությունների ազդեցությունը ողնաշարի սեզմենտար մոբիլիզացիայի վրա, հնարավոր է առավել արդյունավետ դարձնել ողնաշարային շեղումների դեպքում կիրառվող վերականգնողական միջամտությունը: Ի տարբերություն ռադիոլոգիական մեթոդների, շարժումների գրանցման օպտոէլեկտրոնային և իներցիոն համակարգերը համարվում են հիվանդների ռեաբիլիտացիոն գործընթացի մշտադիտարկման ապահով մեթոդ: Ծարժումների գրանցման ժամանակակից տեխնոլոգիաները պրակտիկ կիրառման զգալի հեռանկար ունեն, ինչը պայմանավորված է գրանցման կինեմատիկական և ուժային բնութագրերի վերլուծության արդյունքների կիրառությամբ:

Հիմնաբառեր: Ծարժումների գրանցման համակարգ, սկոլիոզ, գնահատման մոդել, վերականգնողական բուժում

Ներածություն

Բժշկության մեջ շարժման գրանցման տեխնոլոգիաներն օգտագործվում են նորմալ և պաթոլոգիական պայմաններում մարդու տեղաշարժը ուսումնասիրելու, ինչպես նաև վերականգնողական միջոցառումների արդյունավետությունը գնահատելու համար [1-3]: Մարդու շարժումների վերլուծության ժամանակակից տեխնոլոգիաները կարող են օգնել անհատականացված ախտորոշիչ գործընթաց իրականացնելու ինսուլտով, Պարկինսոնի հիվանդությամբ, մանկական ուղեղային կաթվածով, ողնուղեղային վնասվածքով, ցրված սկլերոզով, ինչպես նաև նյարդային համակարգի այլ հիվանդություններով հիվանդների բժշկական վերականգնում պլանավորելու հարցում [4,5]: Ներկայումս հետազոտողների և բժիշկների առջև խնդիր է դրված բացահայտել այնպիսի պարամետրերը, շարժումների բնութագրերը որոշակի պաթոլոգիայում, որոնք կարող են հաշվի առնել բժշկական վերականգնման որակը զգալիորեն բարելավելու համար [6]:

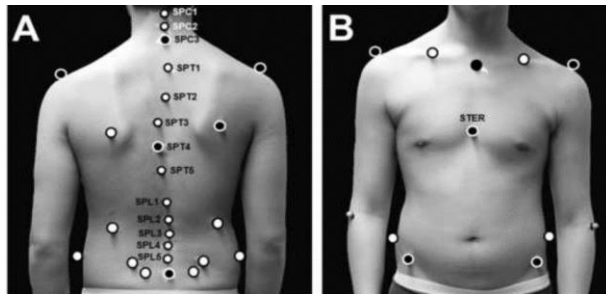
Մարդու շարժումների գրանցման համակարգերը կլինիկական օգտագործման խոստումնալից գործիք են շարժումների ճիշտ կատարումը գնահատելու և վերահսկելու, ինչպես նաև վնասվածքների ռիսկի գործոնները բացահայտելու համար, բայց դրանք հիմնականում օգտագործվում են միայն գիտական հետազոտություններում [7-9]: Կլինիկական պրակտիկայում բիոմեխանիկական շարժման գրանցման համակարգերի մշակումն ու ներդրումը կարող է օգնել բժիշկներին որոշել լավագույն լուծումը բժշկական վերականգնումը պլանավորելիս և դրանով իսկ նվազեցնել հիվանդների վերականգնման ժամանակը [10,11]:

Կլինիկական պրակտիկայում շարժումների գրանցման համակարգը հնարավորություն է տալիս հստակ գնահատել վիրահատական բուժման կամ վերականգնողական միջոցառումների արդյունավետությունը՝ համեմատելով նախքան միջամտությունը և միջամտությունից հետո կատարված կենսամեխանիկական գնահատման տվյալները [12,13]:

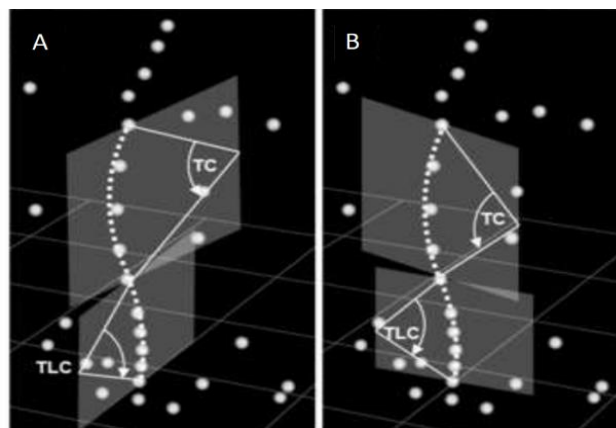
Ներկայացվող աշխատանքի նպատակն է շարժումների գրանցման համակարգի միջոցով գնահատել սկոլիոզ ունեցող անձանց հետ տարվող վերականգնողական աշխատանքի և կորսետների շտկող ազդեցությունը՝ ողնաշարի տարբեր սեգմենտներում անկյունային տեղաշարժերի որոշման հիման վրա:

Հետազոտության մեթոդները

Իդիոպաթիկ սկոլիոզի վերականգնողական բուժման մշտադիտարկման մոդելի ստեղծման համար հետազոտության մեջ ներգրավվել է տասնութ տարեկան 36° աստիճան սկոլիոզ ունեցող անձ: Հետազոտվողի նախնական գնահատումը իրականացվել է զննման միջոցով: Մասնակցի մոտ կատարված է եղել ողնաշարի ռենտգեն հետազոտություն, որի նպատակն էր գնահատել ողնաշարի Cobb-ի անկյունը: Ռենտգեն գնահատում կատարվել է նաև ֆիզիոթերապևտիկ ծրագրի ավարտից հետո, որի նպատակն էր գնահատել վերականգնողական գործընթացի արդյունավետությունը և համեմատել ստացված տվյալները համակարգչային շարժումների գրանցման մեթոդի միջոցով ստացված տվյալների հետ:



Նկար 1. Փոքր օղակները ներկայացնում են առկայծող մարկերների տեղադրման կետերը, որոնք կիրառվել են ողնաշարի կորության գրանցման համար (C3, C5, C7, T3, T5, T7, T9, T11 և գոտկային L1-L5 մակարդակներում)։ (C - cervical; T – thoracic; L- lumbar)



Նկար 2. կրծքագոտկային / (TLC) և կրծքային (TC) կորությունների անկյունները սագիտալ և ֆրոնտալ հարթության մեջ

Qualisys համակարգով գրանցվող կինեմատիկ տվյալները մշակվել են կենսամեխանիկական վերլուծության համար կիրառվող Visual3D V6 համակարգչային ծրագրով: Ողնաշարի կորության անկյունները որոշվում են փշաձև ելուստներին ամրացրած մարկերների միջոցով: Կրծքային և գոտկային կորությունները գնահատվում են սագիտայ և ֆրոնտալ հարթությունների մեջ (Նկար 1. A & B): Չորս առանձին մարկերներով ֆիքսվում է ողնաշարի կորությունը: Qualisys համակարգով գրանցման ընթացքում հնարավոր է մարկերների պրոեկտման սխալներ, քանի որ շարժվելիս կամ վարժություն կատարելիս ողնաշարը պտտվում է իր առանցքի շուրջը: Նման սխալներից խուսափելու նպատակով, որ մարկերները 3D գրանցվում են նաև ֆրոնտալ դինամիկ հարթության մեջ: Այդ նպատակի համար կիրառվել է ուղղորդող կրծքային մարկեր, որը դրվում է կրծոսկրի ստորին կետում: Ուղղորդող մարկերներ դրվում են նաև ուսագոտու վրա՝ անրակի և ուսելուստի վրա, ինչպես նաև կոնքի աղեղի հատվածում՝ ոսկրային արտահայտիչ կետերի վրա: Կրծքագոտկային կամ գոտկային աղեղները որոշվում են միայն առանցքային մարկերներով, քանի որ որովայնի վրա հնարավոր չէ ունենալ ռեֆերենս մարկեր կամ կետ:

Ֆիզիոթերապևտիկ միջամտության և նաև կորսետ կրելու արդյունավետությունը գնահատվել է պարբերաբար հինգ շաբթուսների միջոցով, որոնց դեպքում գրանցվել է մարկերներով կազմված հատվածների տեղաշարժը: Գնահատվողը կատարել է առաջ թեքում սագիտայ հարթության մեջ, աջ և ապա ձախ կողմնային թեքումներ, ինչպես նաև աջ և ձախ դարձումներ, որոնց ժամանակ ողնաշարի մարկերները կատարում են մասնակի պտույտ: Սագիտայ առաջթեքման և առանցքային պտույտների՝ դարձումների համար T1 մարկերը չի կիրառվել, քանի որ այս մարկերի գրանցումը տալիս էր մեծ տատանումներ, կամ առաջացնում էր մարկերների համընկնում տեսադաշտում՝ օկլուզիա:

Վեց ամիս տևած Ֆիզիոթերապևտիկ ծրագրից և կորսետ կրելուց հետո կրկին կատարվել է ողնաշարի ռենտգեն գնահատում և սեզմենտար անկյունային տեղաշարժի գրանցում շաբթուսների համակարգի միջոցով:

Արդյունքներ եվ քննարկում

Կորի անկյուն	
նախնական	վերջնական
38°	23°

Աղյուսակ 1 Ծարժումներից գրանցված անկյունները ըստ մարկերների դրանց փոփոխությունը ֆիզիոթերապիայից և կորսետ կրելուց հետո

Ծարժումներ	T1	T4	T7	T10	L1	L3
Սագիտայ	<i>Նախ.</i>	52.4	54.2	48.2	36.2	23.6
առաջ թեքում	<i>Վերջ</i>	58.1	57.7	52.2	46.2	30.6
Չախ լատերալ	<i>Նախ.</i>	48.6	54.8	44.6	34.2	15.0
թեքում	<i>Վերջ</i>	52.6	61.4	58.4	45.2	24.6
Աջ լատերալ	<i>Նախ.</i>	66.7	58.8	54.3	40.6	23.3
թեքում	<i>Վերջ</i>	68.2	62.6	62.3	46.6	27.3

Չախ առանց- քային պտույտ	<i>Նախ.</i> <i>Վերջ</i>	49.6 38.8*	25.6 20.2*	30.1 22.6*	28.7 21.8*	22.8 17.4*
Աջ առանցքա- յին պտույտ	<i>Նախ.</i> <i>Վերջ</i>	26.2 28.4	25.9 24.2	34.7 32.1	26.8 24.2	21.4 18.8

Qualysis track manager ծրագրի միջոցով գրանցվում են բոլոր մարկետների հետազոտերը, որոնք ծրագիրը վեր է ածում անհատական կորագծերի: Կորագծերի ընթացքի վերլուծության միջոցով track manager հավելվածը տալիս է մարկետների տեղաշարժման անկյունները: Գրանցված արդյունքները ցույց են տալիս, որ ռենտգեն մեթոդով գրանցված Կորի անկյան նվազումը ուղեկցվում է տարբեր մարկետների անկյունային տեղաշարժի մեծացմամբ, ինչը վկայում է գրանցված սեզմենտներում առկա փոփոխություններով: Առավել մեծ և նշանակալի էր այդ փոփոխությունը ճախակողմյան պտույտի/դարձման դեպքում, ինչը բացատրվում է կոմպենսատոր գոտկային աղեղի առկայությամբ, որը հեշտացնում է պտույտը: Չախակողմյան պտույտի անկյունը զգալիորեն նվազում է վեցամսյա ֆիզիոթերապևտիկ և կորսետային միջամտության արդյունքում, քանի որը կորսետային ճնշումը նպաստում է նաև կոմպենսատոր աղեղի նվազմանը:

Այս գրանցված անկյունները կամ մարկետների հետազոտերը կարող են հիմք ծառայել, ողնաշարի տարբեր սեզմենտներում բուժման և մանավանդ կորսետների ազդեցության գնահատման համար: Այս մեթոդով կարելի է գործնականում թիրախավորել սեզմենտներ, որոնց շտկողական տեղաշարժը կարող է զգալիորեն նվազեցնել ողնաշարի ընդհանուր կորությունը:

Մեթոդի հեռանկարը կայանում է նրանում, որ մեծաքանակ հիվանդների գնահատման տվյալների հիման վրա կարելի է ստեղծել ֆիզիոթերապևտիկ և կորսետային բուժման ալգորիթմներ, որոնք թիրախային կերպով կազդեն համապատասխան սեզմենտների վրա՝ ունենալով շտկողական ազդեցություն:

Բուժման արդյունավետության մասին կարող է վկայել ողնաշարի հիմնական կորության հակառակ կողմում գրանցված անկյունային մեծ տեղաշարժերը:

Եզրակացություն

Ժամանակակից վերականգնողական բժշկության մեջ մեծ նշանակություն ունի վերականգնման ընթացքում շարժողական խանգարումների դինամիկայի գնահատման մեթոդների մշակումը: Ներկայումս նյարդաբանական հիվանդությունների ժամանակ շարժողական խանգարումներին նվիրված հետազոտություններում ակտիվորեն օգտագործվում են մարկետային օպտոէլեկտրոնային և իներցիոն շարժման գրանցման համակարգեր: Միաժամանակ, էլեկտրամագնիսական և ուլտրաձայնային գրանցման համակարգերը դեռևս չեն գտել իրենց կիրառումը նյարդաբանական հիվանդների մոտ՝ շարժողական խանգարումների գնահատման մեջ՝ տեխնիկական սահմանափակումների պատճառով: Ծարժումների գրանցման ժամանակակից տեխնոլոգիաները զարգացման զգալի հեռանկար ունեն, ինչը կապված է գրանցման ընթացակարգերի կինեմատիկական և ուժային բնութագրերի վերլուծության, դրանց համակցման և ստացված տվյալների հետազոտական այլ մեթոդներից ստացված արդյունքների հետ համեմատելու վրա:

Շարժման գրանցման համակարգերը հնարավորություն են տալիս ստանալ բժշկի համար կարևոր օբյեկտիվ տեղեկատվություն՝ պարզաբանելով նյարդային համակարգի տարբեր հիվանդությունների շարժողական խանգարումների բնույթը, ինչպես նաև վերահսկել վերականգնման դինամիկան: Գրանցելով կորսետների և վարժությունների միջոցով ողնաշարի սեգմենտար մոբիլիզացիայի դինամիկան, հնարավոր է առավել արդյունավետ դարձնել ողնաշարային շեղումների դեպքում կիրառվող վերականգնողական միջամտությունը: Օպտոէլեկտրոնային և իներցիոն շարժումների գրանցման համակարգերը համարվում են հիվանդների վերականգնման գործընթացի մշտադիտարկման ապահով մեթոդ: Մեծաքանակ մասնակիցների գնահատմամբ կատարվող նոր հետազոտություններ են անհրաժեշտ այս գնահատման ալգորիթմը մշակելու և կատարելագործելու նպատակով:

Գրականության ցանկ

1. Cholewicki J, McGill K, Shah KR, Lee AS.. The effects of a three-week use of lumbosacral orthoses on trunk muscle activity and on the muscular response to trunk perturbations. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010, 11(1).
2. Cholewicki J, Reeves NP, Everding VQ, Morrisette DC.. Lumbosacral orthoses reduce trunk muscle activity in a postural control task. *J Biomech.* 2007, 40(8):1731–1736.
3. Field, M., Pan, Z., Stirling, D. & Naghday, F.. Human motion capture sensors and analysis in robotics. *Industrial Robot: An International Journal* 2011, 38(2) 163–171
4. Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, Mihas C, Koufopoulos G: Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis* 2006, 1:9.
5. Hawkinson NV. 2016. Back conditions treated by spinal bracing. [accessed 2018 August 13]. <https://www.spineuniverse.com/treatments/bracing/back-conditions-treatedspinal-bracing>
6. Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, Williams G, Smith E, Vos T, Barendregt J, et al. 2014. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 73(6):968–974.
7. Klippert, J., Gudehus, T. & Zick, J. . A Software–Based Method for Ergonomic Posture Assessment in Automotive Preproduction Planning: Concordance and Difference in Using Software and Personal Observation for Assessments. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 2012, 22(2) 156–175
8. Lariviere C, Caron J-M, Preuss R, Mecheri H.. The effect of different lumbar belt designs on lumbopelvic rhythm in healthy subjects. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014,15(307).
9. Longo UG, et al.. Conservative management of patients with an osteoporotic vertebral fracture. A review of the literature. *J Bone Joint Surg.* 2012, 94(2):152–157.
10. Morl F, Bradl I.. Lumbar posture and muscular activity while sitting during office work. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013, 23(2):362–368.
11. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:3. Published 2018 Jan 10. doi:10.1186/s13013-017-0145-8

12. Page P. Beyond statistical significance: clinical interpretation of rehabilitation research literature. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9: 726-36.

13. Pfister A., West, A.W., Bronner, S. & Noah J. A., . Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *Journal of Mechanical Engineering & Technology* 2014, 38(5), 274–280.

Ерванд Арутюнян, Тигран Петросян - ТРЕХМЕРНЫЙ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРСЕТОВ У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ. Целью работы является создание трехмерной модели с использованием системы регистрации движений для оценки эффективности реабилитационной работы при сколиозе позвоночника. Регистрируя влияние корсетов и упражнений на сегментарную мобилизацию позвоночника с помощью систем регистрации движений, можно сделать реабилитационное вмешательство, применяемое при отклонениях позвоночника, более эффективным. В отличие от рентгенологических методов, опто-электронные и инерционные системы регистрации движений считаются безопасным методом мониторинга процесса реабилитационного лечения пациентов. Современные технологии регистрации движений имеют значительную перспективу практического применения, что обусловлено использованием результатов анализа кинематических и силовых характеристик регистрации.

Ключевые слова. Система регистрации движений, сколиоз, модель оценки, реабилитационное лечение

Yervand Harutyunyan, Tigran Petrosyan - A THREE-DIMENSIONAL ANALYSIS OF THE BIOMECHANICAL EFFICACY OF BRACES IN PATIENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS. The aim of the work is to create a three-dimensional evaluation model based on the motion capture system for the assessment of rehabilitation therapy efficacy in individuals with scoliosis. Registration of the impact of spinal braces and exercises on the segmental mobilization of spine through motion capture systems provides a possibility to make the rehabilitation intervention of spinal deviations more effective. Unlike radiological methods, optoelectronic and inertial motion capture systems are a safe registration method for monitoring the rehabilitation process of patients. Modern technologies of motion capture have a significant potential for application in practice, due to the analysis of kinematic and kinetic characteristics of the registered data.

Key words. Movement registration system, scoliosis, evaluation model, rehabilitation treatment