

## A térsérülések és a dinamikus térd valgus közötti kapcsolat feltárása

### Exploring the relationship between knee injuries and dynamic knee valgus

Uhlár Ádám, Fodor Eszter, Lacza Zsombor

Testnevelési Egyetem, Sport és Egészségtudományi Intézet, Sportélettani Kutatóközpont

**Absztrakt** - A nemzetközi szakirodalomban a térsérülések, keresztszalag szakadások sokszor visszavezethetők az alsó végtag izomzatának nem kielégítő működésére, illetve izomgyengeségére. A statikusan, illetve dinamikusán mért megnövekedett értéket mutató Q (quadriceps) szög – az eddigi vizsgálatok alapján – erősen korrelál a térdfájdalommal, illetve a térsérülések kialakulásának kockázatával. A Q szög a combfeszítő izom (m. quadriceps femoris), azon belül is az egyenes combizom (rectus femoris) eredési pontjától, vagyis az elülső alsó csípőtövistől kiinduló, és a térdkalács középpontján átmenő egyenes, valamint a sípcsonti érdesség és a térdkalács középpontján átfutó egyenes által bezárt szög. A funkcionális tesztek – pl. egy lábás guggolás, lépcsőn járás, lépcsőről lelépés – során tapasztalt, medial irányba befelé billenő térd, azaz a dinamikus valgus helyzetbe forduló térd, izomgyengeségre enged következtetni, mely a sérülés kialakulása szempontjából rizikófaktornak tekinthető. A prevenció manapság a statikusan mért Q szög helyett inkább a dinamikus helyzetben realizálható Q értéket veszi figyelembe. A megnövekedett Q érték szerepet játszik az oszteoarthritis, keresztszalag sérülés, patellofemorális fájdalom és egyéb térdproblémák kialakulásában is. A dinamikus Q szög értéke a nemzetközi kutatások alapján rendszeres fizikai aktivitással, illetve alsó végtagra kiterjedő mozgásprogrammal sikeresen és eredményesen csökkenthető. A mozgásterápiának igen jelentős szerepe jut mind a népesség átlag egészségi állapotának a fejlesztésében, mind pedig a sportolók és versenyzők sérülés megelőzésében. Az erőfejlesztő edzések technika javító edzésekkel együtt még inkább hatásosnak bizonyultak.

**Kulcsszavak:** Q szög, térd valgus, dinamikus valgus állás, helyes guggolás, egy lábás guggolás, mozgáselemzés

**Abstract** - There is ample scientific evidence for the causal relationship between knee injuries, ACL ruptures and weak or unsatisfactory muscle activity. The increased static and dynamic Q (quadriceps muscle angle) shows significant relationship between patellofemoral pain (PFP) and the risk of multiple knee injuries. The Q angle is calculated from a line that goes through the origin of the quadriceps femoris muscle (anterior inferior iliac spine) and the center of patella, and another line from the tibial tubercle to the center of patella. In case of functional tests eg., one-leg squat, stair climb or step-down a medial tilt of the knee may be observed, which signals muscle weakness and unsatisfactory muscle activity, both of which are known risk factors for knee injuries. Instead of measuring the static Q angle we can more adequately use the dynamic Q angle as a diagnostic sign. The increased Q angle plays a role in the appearance of osteoarthritis, ACL injuries, patellofemoral pain and many other knee problems. According to the scientific literature the increased dynamic Q angle can be reduced with physical activity and specific training programs of the lower extremities. Exercise therapy can play a significant role in the healthy development of youth and also in the injury prevention programs for professional athletes.

**Keywords:** Q angle, knee valgus, dynamic valgus position, correct squat, one-leg squat, movement analysis

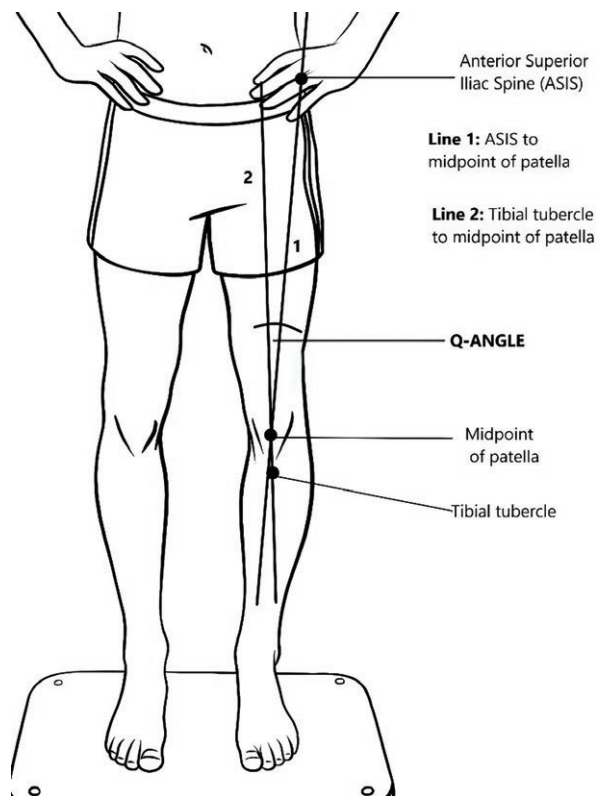
## Bevezetés

Napjainkban egyre több sportágban a térd sérülések fokozódó számával találkozhatunk. A térd sérülések kialakulásának körülményei változatosak, ugyanakkor a predisponáló tényezők köre viszonylag jól körülhatárolható. A nem-kontaktusból származó sportsérülések kialakulása jelentős mértékben izom eredetű jelenségre vezethető vissza. A legtöbb szerző úgy véli, hogy az alsó végtag mechanikai és anatómiai tengelye közötti kapcsolat erőteljesen befolyásolja a sérülések kialakulásának lehetőségét. Az alsó végtag dinamikus körülmények közötti mozgását erőteljesen meghatározza az egyes izmok ereje, leginkább a combfeszítő izomé és a csípőtávolításért felelős középső farizomé. Izomgyengeség esetén a leggyakoribb jelenség a térd medial (befelé dőlő) irányú, vagyis a természetes valgus helyzet további fokozódása. A valgus helyzet mértékének számszerűsítését a Q (quadriceps) szög értékének megadásával írják le.

## Mi a Q szög?

A Q szöget a szakirodalomban először Brattsröm írta le 1964-ben (Brattsröm, 1964). A térdízületi

Q szög megállapítása a térd valgus állásba fordulásának, vagyis a térdízület medial irányú bedőlésének a vizsgálatára szolgáló számítási módszer. A Q szög a musculus quadriceps femoris, azaz a négyfejű combfeszítő izom húzási iránya és a lábszár hossz tengelye által bezárt szög. A szakirodalom pontos megfogalmazása úgy hangzik, hogy a Q szög az elülső alsó csípőtővistől (spina iliaca anterior inferior) húzott, a térdkalács (patella) középpontján áthaladó egyenes, valamint a sípcsonti érdesség (tuberositas tibiae) középpontjából húzott és a térdkalács középpontján áthaladó egyenes által bezárt szög. Férfiak esetében a Q szög átlagos mértéke 13 fok, míg nők esetében a szélesebb medence miatt általában a 18 fokhoz közelít (Placzek és Boyce 2016). Kapandji (2016) a térd valgus állásának mérését úgy írja le, hogy "Mivel a femur nyaka kinyúlik a combcsontból, a femur tengelye nem esik egybe a lábszár tengelyével, lateralis irányban 170-175 fokos szöget zárnak be. Ez adja a térd fiziológiás valgus állását." A szerző fokozott valgus helyzetet említ, amennyiben a femur és a lábszár által bezárt szög 165 foknál kisebb. Mindkét számítási módszer esetében a 15-18 fokot meghaladó érték fokozott valgus helyzetnek tekinthető.



(1. ábra): A Q-szög értelmezése, meghatározása

A statikus Q szög mérésére sok helyen a kézi goniométert használják (Kishali, Imamoglu, Burmaoglu, Atan és Yildirim, 2004; Khasawneh, Allouh és Abu-El-Rub, 2019), de röntgen felvétellel is eredményesen mérhető. A két mérési módszer egymáshoz viszonyított pontossága nagyon jónak mondható (Chevidikunnan, Saif, Harish és Mathias, 2015).

### A Q szög és az alsó végtagi térdízületi elváltozások kapcsolata

A fokozott mértékű Q szöget, vagyis a térdízület túlzott valgus állását a szakirodalomban kapcsolatba hozzák különböző térdízületi problémákkal, pl. oszteoartritisz (Kapandji, 20016), patellofemoralis fájdalommal (Placzek és Boyce, 2016, ) és ACL (anterior cruciate ligament), azaz keresztszalag szakadással (Hewett, Myer, Ford, Heidt, Colosimo, McLean, Bogert, Paterno és Succop, 2005).

A Q szög mérése a klinikumban az egyik leginkább elterjedt paraméter több térdízületi probléma, az elülső térdfájdalommal összefüggő betegségek, valamint az oszteoartritisz diagnosztizálásában (Khasawneh, Allouh és Abu-El-Rub, 2019). A Q szög mérését diagnosztikus céllal sok rendellenesség felderítésére, pl: egy ép és egy sérült térd összehasonlítására vagy a sérülés utáni rehabilitáció hatékonyságának a felmérésére (Kishali és mtsai, 2004) használják.

A Q szög mértéke hozzájárulhat a patellofemoralis fájdalom (PFP= patellofemoral pain) kialakulásához. A gyenge csípőízületi kifelé forgató izmok közrejátszanak a Q szög megnövekedéséhez és a patellofemoralis fájdalom kialakulásához is. Nem teljesen tisztázott, hogy a PFP okozza a csípő abduktorok gyengeségét, vagy a gyengeség okozza a PFP-t.

A női sportolók 2,4 x-9,5 x gyakrabban szenvednek el ACL sérülést mint a férfiak. Ebben az alábbi faktorok játszanak szerepet: relatíve kisebb izomtömeg, fokozott ízületi lazaság, a keresztszalag kisebb átmérője és a szélesebb medence (Placzek és Boyce, 2016). Becslések szerint az USA-ban éves szinten 100.000-200.000 ACL műtétet hajtanak végre (Placzek és Boyce, 2016; Horschig, Sonthana és Neff, 2016). Elméletileg a

Q szög idejében való csökkentésével akár több ezer ACL sérülést, és ebből kifolyólag műtétet lehetne megelőzni.

### A statikus Q szög és a fizikai aktivitás kapcsolata

Sener és Durmaz (2019) sport területen tanuló egyetemistákon (n=840 fő) kézi goniométerrel végeztek vizsgálatot álló és fekvő testhelyzetben, illetve kérdőíves formában felmérték a fizikai aktivitás mértékét is. Az eredmények tekintetében úgy gondolják, hogy a rendszeres fizikai aktivitás és sportolás csökkentheti a statikus Q szög mértékét.

A megnövekedett Q szög befolyásolhatja a neuromuszkuláris választ és a quadriceps reflex válasz idejét (Khasawneh, Allouh és Abu-El-Rub, 2019), ami egy felugrás utáni talajraérkezéskor akár sérülések kialakulásához is vezethet.

A térdvalgus kialakulásában több predisponáló tényezőt is ismerünk, melyek esetenként egyszerre, de akár elemenként, külön-külön is jelentkezhetnek. Az egyik leggyakoribb és legjellemzőbb az izomgyengeségből adódó valgus helyzet, mikor a csípőtávolításért felelős izmok alulfejlett izomereje okán a medence addukciós helyzetbe billen, a térd pedig medial irányba dől. A combfeszítő izom, főként a belső vaskosizom izomgyengesége, szintén valgus helyzetet okoz, csakúgy mint a pronáló lábfej, mely a lábszár tengelyét medial irányba mozdítja el és ezáltal a térdet befelé dönti. A valgus helyzet kialakulását a térdízület strukturális elváltozásai is okozhatják, pl: az elülső keresztszalag, a lateralis meniszkusz hiánya, a térdízületi belső oldalszalagok gyengesége, vagy akár a külső femur kondilusok alulfejlettsége.

### A dinamikus térd valgus állás

A nemzetközi szakirodalom alapján a pontosabb diagnózis érdekében, azonban különbséget kell tenni a statikus és a dinamikus Q szög között (Silva, Briani, Pazzinato, Goncalves, Ferrari, Araga, és Azevedo, 2015b). Amint a fentebbiekből is látszik, a Q szög számítása széles körben elterjedt a klinikai gyakorlatban, habár az utóbbi évtizedben jelentek meg olyan tanulmányok, melyek megkérdőjelezzik a statikusan mért

Q szög hasznosságát (Park és Stefanyshyn, 2011), megbízhatóságát (Smith, Hunt és Donell, 2008), valamint a korreláció erősségét az elülső térdfájdalommal kapcsolatban (Freedman és Sheehan, 2013).

Saját véleményünk szerint, ha engedünk annak a fajta vélekedésnek, hogy a megnövekedett statikus Q szög nem feltétlenül predisponáló tényező az elülső térdfájdalomban, nem felejtkezhetünk el azokról a további hatástényezőkről – oszteoartritisz, ízületi túlterhelés –, melyeken keresztül a megnövekedett Q szög veszélyezteti az ember egészségügyi és fizikális állapotát.

Mivel a sportsérülések, nevezetesen a térdízületi sérülések pl: ACL szakadás, elülső térdfájdalom nem hanyattfekvésben, statikus helyzetben alakul ki, hanem fizikai aktivitás és sportolás közben, ezért a kutatók a statikus Q szög vizsgálata helyett, egyre többször a dinamikus Q szög vizsgálatához folyamodnak (Silva és mtsai, 2015b; Silva, Briani, Pazzinato, Ferrari, Aragao, Albuquerque, Alves és Azevedo, 2015a). Pantano, White, Gilchrist és Leddy (2005) vizsgálataik során azt találták, hogy a statikusan mért Q szög nagysága és a dinamikus Q szög – vagy térd valgus helyzet – között nincsen összefüggés. Véleményük szerint a dinamikus térd valgus állapot sokkal inkább predisponáló tényező az ACL sérülések esetében, mint a statikusan mért Q érték.

A térdízület dinamikus valgus állásának a megfigyelésére a nemzetközi szakirodalomban digitális kamerákat, illetve mozgáselemző rendszereket alkalmaznak, melyek több kamera összekapcsolásával a tér minden irányában képes monitorozni és rögzíteni a térd anterior-posterior, lateralis-medialis és vertikális elmozdulásait (Almeida, Silva, Franca, Magalhaes, Burke és Marques, 2016; Silva és mtsai, 2015b; Silva és mtsai, 2015a; Pantano és mtsai, 2005, Levinger, Gilleard és Coleman, 2007; Stefanyshyn, Stergiou, Lun, Meeuwisse és Worobets, 2006).

A dinamikus valgus helyzet mérésére általában az egy lábás guggolás (Levinger, Gilleard és Coleman, 2007; Pantano és mtsai, 2005), a lépcsőről való lelépés (Almeida és mtsai, 2016) és a lépcsőn járás (Silva és mtsai, 2015b) mozgásmin-táját használják. A dinamikus valgus elnevezés

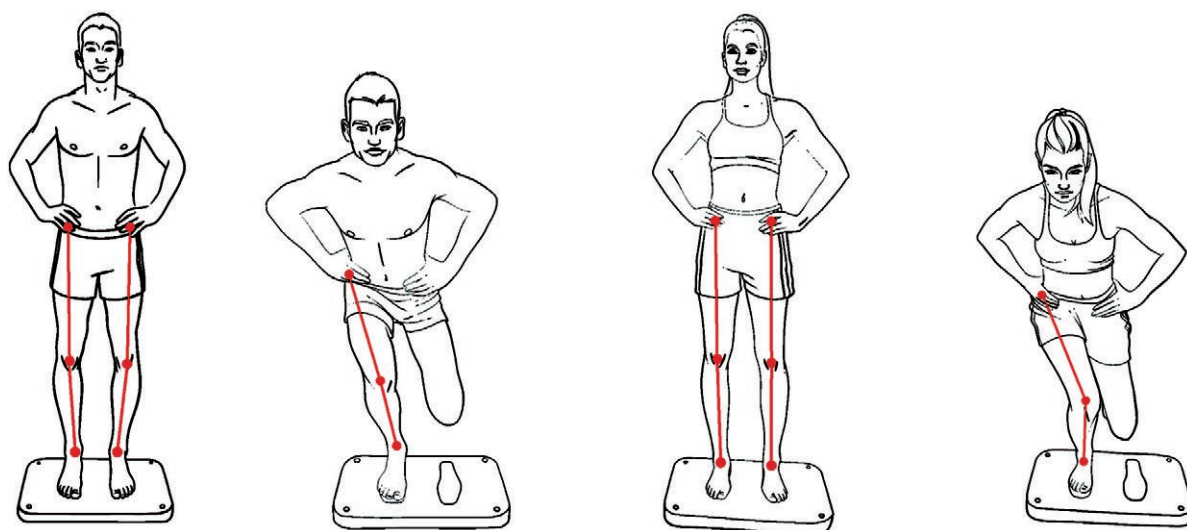
mellet, a nemzetközi szakirodalomban használják még a frontális síkra kivetített ízületi szöghelyzet (frontal plane projection angle) elnevezést is (Levinger, Gilleard és Coleman, 2007).

A térdízületi problémák tárgyalásánál fontos beszélni az alsó végtagi kinematikai láncról, mely az alsó végtagi nagy ízületeket (boka-térd-csípő) foglalja magába. Amennyiben a lánc valamely tagjában eltérés mutatkozik, az a többi területre is jelentős hatást gyakorol. A befelé pronáló lábfej, vagy a gyenge csípő távolító izmok a térdízületet egyből valgus helyzetbe juttatják.

### A dinamikus térd valgus állás és a fizikai aktivitás kapcsolata

Azt a megváltozott alsó végtagi láncolatot, amely a medence lebillenésével, vagyis a csípő addukciójával és befelé rotációjával, valamint a térd kifelé történő rotációjával jár, együttesen dinamikus térd valgusnak nevezzük (Salsich, Graci és Maxam, 2012).

Elülső térdfájdalommal (patellofemorális fájdalom – PFP) rendelkező futók esetében megfigyelték, hogy a futás közbeni térd abdukció, tehát a térd valgus helyzetbe billenése és az elülső térdfájdalom nagysága között erős szignifikáns kapcsolat van (Stefanyshyn és mtsai, 2006). Mozgás során a térd valgus helyzetbe billenését gyakran vizsgálják egy lábás guggolás segítségével. A bokaízület és a térdízület befelé billenése a térd valgus állásának nagyságát közösen növeli, mely hozzájárulhat az elülső térdfájdalom fokozódásához (Levinger, Gilleard és Sprogis, 2006). Biomechanikai modelleken bemutatták (Chaudhari és Andriacchi, 2006), hogy a felugrás utáni talajra történő egy lábás visszaérkezéskor a megnövekedett varus és valgus helyzet fokozza az elülső keresztszalag-sérülések kockázatát. Levinger és munkatársai (2007) azt találták, hogy elülső térdfájdalommal rendelkező személyek egy lábás guggolás közben mért dinamikus valgus értékei jelentősen nagyobbak a kontroll csoporthoz viszonyítva. Véleményük szerint az egy lábás guggolás teszt kiváló klinikai diagnosztikai eszköz az elülső térdfájdalommal rendelkező egyének kategorizálásához.



**2. ábra:** A térdízület terhelés alatti elmozdulásai. Az 1. és a 3. képen normál, fiziológiás térd tartás látható. A 2. képen egy lábás guggolás során a térd nyílirányú síkban, normál pozícióban előre felé halad. A 4. képen a térd medial irányba befelé billen, dinamikus valgus helyzetbe. Annak ellenére, hogy két lábon állva statikus helyzetben mindkét alany térdízülete neutrális pozícióban van, dinamikus helyzetben markáns különbség figyelhető meg.

Salsich és mtsai (2012) egy lábás guggolás során hasonlították össze a térd és a csípő elhelyezkedését, valamint az érzett fájdalom nagyságát elülső térdfájdalommal rendelkező nők esetében. A vizsgálati személyek normál, eltúlzott valgusos és korrigált egy lábás guggolásokat mutattak be. A guggolások csúcspontján mérték a térd és csípő elmozdulását, valamint az alanyok szubjektív fájdalom érzését. Megállapításaik szerint a térd valgus helyzetének fokozódása szignifikáns kapcsolatot mutatott a szubjektív fájdalomérzés fokozódásával. Véleményük szerint a dinamikus Q szög növekedésének elkerülése fontos tényező lehet a patellofemorális rehabilitációs programok során. A vizsgálatok során az is kiderült, hogy a csípőízületi merevég és gyengeség növeli az ACL szakadás kialakulásának kockázatát, míg a csípőkörüli izmok fokozott ereje, magassintű erőállapota csökkenti az ACL sérülés esélyét (Chaudhari és Andriacchi 2006). Elülső térdfájdalommal rendelkező nők esetében megállapították, hogy az egy lábás guggolás során a térd medial irányba befelé billent, a csípőízületben addukció alakult ki és a térdfájdalom nagysága is jelentős volt. Azonban a helytelen guggolást kijavítva, a guggolási technikára odafigyelve a medence heyzete normalizálódott, a térd neutrális irányban előre felé haladt és a fájdalomérzés mértéke is csökkent (Graci és Salsich, 2015). Az oldalirányba lebillenő medence, vagyis a nagyobb mérvű csípő

addukció a Q szög mértékét növeli, ami Noehren, Hamill és Davis (2013) prospektív vizsgálati szerint az elülső térdfájdalom kialakulását fokozza.

### A térd terhelés alatti valgus helyzetbe fordulásának csökkentése

Claiborne és mtsai (2006) kutatásukban az egy lábás guggolás során mért oldalirányú térd mozgásokat, valamint a combfeszítő, combhajlító, csípőízületi befelé és kifelé forgató és a csípőtávolító izmok erejét vizsgálták. Azt találták, hogy minél nagyobb volt a fentebb nevezett izmok ereje, annál kisebb volt a térd valgus helyzetbe történő billenése. A tanulmány szerzői úgy vélik, hogy ezen izmok ereje minden más tényezőnél jobban hozzájárul a valgus helyzet megelőzéséhez. Hollman és mtsai (2009) EMG vizsgálatok során kimutatták, hogy a térd oldalirányú bedőlése – tehát valgus állásba billenése – lépcsőről lelépés alkalmával, fordítottan arányos a gluteus maximus izomaktivitásával. Vagyis minél kisebb volt a gluteus maximus aktivitása, annál kifejezettebb volt a dinamikus valgus helyzet. Horsich (2016) a Squat Bible című könyvében részletesen elemzi, hogy guggolás során a térd befelé dőlése maga után vonja a boka bedőlését is, mely a gyakorlat stabil végrehajtását lehetetlenné teszi, az ízületek arányos, helyes terhelése felborul, mely rengeteg sérülés kialakulásához

vezet. A könyv szerzője szerint a rendszeres, helyes technikával végrehajtott guggolás a térd stabilitását növeli.

Sac et al (2018) azt találták, hogy a Q szög mértéke és a maximális izokinétiás erőkifejtés között fordított arányosság van, tehát minél nagyobb a térdízületi Q szög mértéke, annál alacsonyabb az erőkifejtés nagysága. Feltételezhetjük, hogy szisztematikus erőfejlesztéssel a Q szög mértéke csökkenthető.

Herrington és mtsai (2015) vizsgálatukban kimutatták, hogy egy 6 hetes erőfejlesztő és felugrás-leérkezés technikákat tartalmazó program során az alsó végtag ereje jelentősen fejleszthető, illetve az egy lábás guggolás során mért dinamikus térd valgus mértéke jelentősen csökkenthető. A szerzők véleménye szerint az ilyen típusú edzés-gyakorlatokkal az elülső keresztzalag sérülések esélye jelentősen csökkenthető.

Ahogy az az előző részekben kifejtettük, a pronáló lábfej, lúdtalp szintén okozhat fokozott térdízületi valgus állást, vagyis megnövekedett Q-szög értéket. Nem nehéz belátni, hogy amennyiben a láb statikai helyzetén sikerül javítani, tehát a láb pronáció mértéke csökken, az magával vonja a térdízületi valgus helyzet csökkenését is. Jelen esetben a lábra vonatkozó fejlesztés olyan erősítő gyakorlatokat jelent, melyek a hosszanti és haránt lábholtozat kialakításáért felelős izmok erőállapotát fokozzák. A láb izmainak fejlesztésével, azok erőállapota, és ezáltal a statikai tartó funkciójuk jelentősen javul. Rendszeresen végzett erősítő tornával a hosszanti-, és haránt boltozat funkciójában visszaállítható, mellyel a térd valgus helyzet mértéke jelentősen csökkenthető (Perjés, 2008).

### Kitekintés

A fentebb közölt tanulmányok és összefüggések ismeretében azt mondhatjuk, hogy rendkívül fontos lenne egy olyan sportdiagnosztikai eszköznek a fejlesztése, amely egyszerűen, költséghatékonyan, gyorsan és pontosan képes megállapítani az alsó végtagi statikai és funkcionális eltéréseket, izomgyengeségeket és funkcióbeli hiányosságokat. Az eddigi tanulmányokat figyelembe véve a vizsgálati személyeknek a megfigyelésére és mozgásuknak az elemzésére olyan kamerarendszerek lennének optimálisak, melyek megbízhatóan képesek érzékelni és rögzíteni a vizsgált személyek motoros teszteken nyújtott teljesítményét és ízületi mozgásait. A

rohamosan fejlődő mesterséges intelligenciával rendelkező kamerák új utakat nyithatnak meg a gyors és automatikus mozgásszervi kiértékelések előtt. Tekintettel a fentebb kifejtettekre, ennek a sportbeli hasznossága és használhatósága a sportfelkészítés, prevenció és rehabilitáció szerves részét képezheti. Amennyiben sikerülne olyan adatbázis kiépíteni, mely nagy elemszámú mintán alapul, akkor létre lehetne hozni egy olyan rendszert, mely alapján felállíthatóak lennének a referencia tartományok, így következtethetnénk az egyes kategóriába kerülő esetek sérülési hajlandóságára, illetve sérülési rizikó szerinti besorolására. A létrehozott eszközt sportorvosok, gyógytornászok, gyógytestnevelők és akár edzők is sikeresen vonhatnák be a saját praxisukba, gyakorlatukba. Véleményünk szerint az említett eszköz a sportolói populáción kívül az átlag népesség körében is sikeresen adaptálható lenne.

### Szakirodalom

1. Almeida, G. P. L., Silva, A. P. M. C. C., Franca, F. J. R., Magalhaes, M. O., Burke, T. M. és Marques, A. P. (2016): Q-angle in patellofemoral pain: relationship with dynamic knee valgus, hip abductor torque, pain and function. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 51. 2, 181-186.
2. Brattström, H. (1964): Shape of the Intercondylar Groove Normally and in Recurrent Dislocation of Patella: A Clinical and X-Ray Anatomical Investigation. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 68. 1-148.
3. Chaudhari, A. M. és Andriacchi, T. P. (2006): The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. *Journal of Biomechanics*, 39. 2, 330-338.
4. Chevidikunnan, M. F., Saif, A., Harish, P. K. és Mathias, L. (2015): Comparing goniometric and radiographic measurement of Q angle of the knee. *Asian Biomedicine*, 9. 5, 631-636.
5. Freedman, B. R. és Sheehan, F. T. (2013): Predicting three-dimensional patellofemoral kinematics from static imaging-based alignment measures. *Journal of Orthopaedic Research*, 31. 3, 441-447.
6. Graci, V. és Salsich, G. B. (2015): Trunk and lower extremity segment kinematics and their relationship to pain following movement instruction during a single-leg squat in females

- with dynamic knee valgus and patellofemoral pain. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18. 3, 343-347.
7. Herrington, L., Munro, A. és Comfort, P. (2015): A preliminary study into the effect of jumping-landing training and strength training on frontal plane projection angle. *Manual Therapy*, 20. 5, 680-685.
  8. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Bogert, A. J., Paterno, M. V. és Succop, P. (2005): Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33. 4, 492-501.
  9. Hollman, J. H., Ginos, B. E., Kozuchowski, J., Vaughn, A. S., Krause, D. A. és Youdas, J. W. (2009): Relationship between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18. 1, 104-117.
  10. Horschig, A., Sonthana, K. és Neff, T. (2016): *The Squat Bible: The ultimate guide to mastering the squat and finding your true*. Createspace Independent Publishing Platform
  11. Kapandji, A. I. (2016): *Az ízületek élettana*, Medicina Könyvkiadó, Budapest. 68-70.
  12. Khasawneh, R. R., Allouh, M. Z. és Abu-El-Rub, E. (2019): Measurement of the quadriceps (Q) angle with respect to various body parameters in young Arab population. *Plos One*, 14. 6.
  13. Kishali, N. F., Imamoglu, O., Burmaoglu, G., Atan, T. és Yildirim, K. (2004): Q-angle values of elite soccer and taekwondo. *The Pain Clinic*, 16. 1, 27-33.
  14. Levinger, P., Gilleard, W. és Coleman, C. (2007): Femoral medial deviation angle during a one-leg squat test in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Physical Therapy in Sport*, 8. 4, 163-168.
  15. Levinger, P., Gilleard, W. L. és Sprogis, K. (2006): Frontal plane motion of the rearfoot during a one-leg squat in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 96. 2, 96-101.
  16. Noehren, B., Hamill, J. és Davis, I. (2013): Prospective evidence for a hip etiology in patellofemoral pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45. 6, 1120-1124.
  17. Pantano, K. J., White, S. C., Gilchrist, L. A. és Leddy, J. (2005): Differences in peak knee valgus angles between individuals with high and low Q-angles during a single limb squat. *Clinical Biomechanics*, 20. 9, 966-972.
  18. Park, S. K. és Stefanyshyn, J. D. (2011): Greater Q angle may not be a risk factor of Patellofemoral Pain Syndrome. *Clinical Biomechanics*, 26. 4, 392-396.
  19. Perjés, K. (2008): *Ortopédia*, Semmelweis Egyetem Testnevelési és Sporttudományi Kar, Budapest. 214-219.
  20. Placzek, J. D. és Boyce D. A. (2016): *Orthopaedic Physical Therapy Secrets, Third Edition*, Elsevier, 533-536. 541. 554.
  21. Salsich, B., G., Graci, V. és Maxam, D. E. (2012): The effects of movement pattern modification on lower extremity kinematics and pain in women with patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42. 12, 1017-1024.
  22. Sener, O. A. és Durmaz, M. (2019): Effect of Sport Training and Education on Q Angle in Young Males and Females, *Journal of Education and Training Studies*. 7. 7.
  23. Silva, D. O., Briani, R. V., Pazzinatto, M. F., Ferrari, D., Aragao, F. A., Albuquerque, C. E., Alves, N. és Azevedo, F. M. (2015a): Reliability and differentiation capability of dynamic and static kinematic measurements of rearfoot eversion in patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*, 30. 2, 144-148.
  24. Silva, D. O., Briani, R. V., Pazzinatto, M. F., Goncalves, A. V., Ferrari, D., Aragao, F. A. és Azevedo, F. M. (2015b): Q-angle static or dynamic measurements; which is the best choice for patellofemoral pain? *Clinical Biomechanics*, 30. 10, 1083-1087
  25. Smith T. O., Hunt, N. J. és Donell, S. T. (2008): The reliability and validity of the Q-angle: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 16. 12, 1068-1079.
  26. Stefanyshyn D., J. Stergiou, P., Lun, V. M. Y., Meeuwisse, W. H. és Worobets, J. T. (2006): Knee angular impulse as a predictor of Patellofemoral Pain in Runners. *The American Journal of Sports Medicine*, 34. 11, 1844-1851.