

Mesterséges intelligencia és sportorvoslás

Dr. Berkes István, Berkes Anna

Bevezetés

A magyar sport versenyképességének javításához a technológiai innovációk jobb kihasználása is szükséges. A sportolókat támogató innovatív sportorvosi módszerek a nemzetközi szinten folyamatosan fejlődnek. E terület fejlesztése lehetőséget teremthet a magyar sportegészségügynek, hogy még jobban támogassa a sportolók egészségét és teljesítményét minden szinten, a szabadidős sportolóktól a versenysportolókig, valamint felzárkózzon a világ élvonalához. A mesterséges intelligencia egyre nagyobb figyelmet kap az egészségügy és a sport területén egyaránt. A sportorvoslásba való integrálása új lehetőségeket kínál a sportolók ellátásában. A következőkben ismertetjük, hogy miben segítheti a mesterséges intelligencia a sportorvoslást, illetve milyen kihívásokkal kell szembenézni a sportorvosoknak.

Miben tudja segíteni a mesterséges intelligencia a sportorvoslást?

A mesterséges intelligencia (továbbiakban MI) integrálása a sportorvoslásba a következő területeken látszik célszerűnek: 1.) teljesítmény-optimalizálás, 2.) sérülésmegelőzés és kezelés, 3.) távkonzultáció, 4.) oktatás-kutatás.

A sportolók teljesítményének optimalizálása

A korszerű elektronikus teljesítménykövető rendszerekkel (GPS, pulzus monitorok, gyorsulásmérők) nagyon részletesen rögzíthetők a sportolók testi paraméterei, valamint az edzések és mérkőzések terhelésének adatai. Az MI különféle algoritmusok segítségével elemzi ezeket az értékeket, kimutatja a fellelhető tendenciákat, azonosítja a sportolók egyéni erősségeit és gyengeségeit. Ezek az eredmények a sportolók igényeinek és korábbi teljesítményének figyelembevételével felhasználhatók személyre szabott edzésprogramok kidolgozásakor. Az MI-alapú rendszerek képesek a mentális állapot nyomon követésére, a teljesítmény versenytársakkal való összehasonlítására, valamint egyéni étrend kialakítására. Az MI-algoritmusok folyamatos monitorozása és értékelése révén lehetőség nyílik a sportolók egészségének és teljesítményének nyomon követésére, ami segítheti az edzőmunka, illetve a versenysztratégia optimalizálását, szükség esetén (például fáradtság, letörés) pedig az időben történő beavatkozást és a problémák megelőzését.

A sportsérülések megelőzése és kezelése

Az MI-alapú vizuális érzékelési technikákkal feltérképezhetők a sportolók testalkati paraméterei, fizikai jellemzői, azonosíthatók a sportsérülésekre hajlamosító tényezők. Az MI által vezérelt, automatizált képelemzéssel lehetőség nyílik a sportolók mozgásának részletes vizsgálatára, valamint a sérülésekhez vezető rendellenességek előrejelzésére és megelőzésére. Röntgen- MR- és CT-felvételek vizsgálata alapján előzetes diagnózis vagy valószínűsíthető következmények megállapítása lehetséges. A jellemző eltérés keresése két módon történhet: 1.) MI-klasszifikáció alapján (ismert ok), illetve 2.) MI-alapú anomália keresése alapján (az ok nem ismert, csak az okozat). Az MI-algoritmusok által előállított prediktív modellek lehetővé teszik a sportorvosoknak a sérülések előrejelzését és megelőzését, még mielőtt azok komoly problémává válnának. Ezt a lehetőséget saját gyakorlatunkban, elülső keresztszalag szakadásra hajlamosító térdízületi paraméterek meghatározása esetében eredményesen teszteltük. Az MI-módszerek bizonyos betegségek (például porcelváltások, gerincbetegségek) felismerésekor

jobb teljesítményre képesek, mint a hagyományos klinikai értékelések, és jól használhatók törések, szalagsérülések azonosítására, beültetett implantátumok helyzetének megítélésére. Az MI-algoritmusok segíthetnek a sebészeti beavatkozások tervezésében és végrehajtásában is. Az MI a rehabilitációs gyakorlatokat az egyéni igényekhez igazítja, nyomon követi a felépülés előrehaladását, lehetővé téve a teljes felépülést és a sporthoz való biztonságos, mielőbbi visszatérést.

Távellenőrzés és szaktanácsadás

Az MI sportegészségügyi rendszerbe történő integrálása lehetővé teszi olyan szolgáltatás megvalósítását, melynek révén a sportolók - a sportorvosi szakrendelőben való személyes megjelenés nélkül – azonnal, hiteles egészségügyi információkat kaphatnak. Előre összeállított kérdéshalmaz alapján a sportoló MI segítségével történő gépi párbeszéddel való értelmezett, strukturált írásban vagy szóban történő kikérdezése lehetséges. Az MI nyelvi motort használ a kérdés/válasz értelmezésben. Az irányított kérdések alapján a sportoló panaszainak, valamint tüneteinek és/vagy valószínűsített betegségének ellenőrzésével hiteles diagnózis felállítása, szakszerű terápiás javallat, illetve megfelelő szakrendelésre való irányítás lehetséges. Így módon a sportoló bárhol, idővesztés nélkül szakszerű ellátáshoz juthat.

Oktatás-kutatás

Az MI és a gépi tanulás által nyújtott, folyamatosan fejlődő lehetőségek új gyógyszerek és gyógy módok kifejlesztésén túl az on- és az offline oktatást is hatékonyan segíthetik.

Az MI lehetséges előnyei a sportorvoslásban

Az MI használatával gyors, mélyreható információ-bányászat, optimalizált képalkotási munkafolyamat és kvantitatív elemzés lehetősége révén a szokásos klinikai értékelési módszereket felülmúló pontosság érhető el. Az MI segítségével kiküszöbölhetők a felesleges, megismételt laboratóriumi tesztek és képalkotó vizsgálatok. A sportorvosok és munkatársaik adminisztratív terhei (betegadatok rögzítése, időpontok egyeztetése) jelentősen csökkenthetők, így több idő marad a szakmai feladatok ellátására. A páciensekkel kommunikáló chatbotok és virtuális asszisztensek támogatják az egészségügyi személyzetet a munkafolyamatok hatékonyabb irányításában és optimalizálásában, amivel jelentős időmegtakarítás, illetve munkaerő-optimalizálás érhető el. Egy olyan korszakban, amikor az egészségügyi költségek folyamatosan emelkednek, az MI hasznosítása jelentős előnyökkel járhat az erőforrások elosztása és a gazdasági hatékonyság tekintetében. Az MI-algoritmusokkal való adatelemzés révén jobban megérthetők a sportteljesítmény mögötti összetett folyamatok. Az MI által vezérelt képelemzés jelentősen javítja a mozgásszervi betegségek diagnosztizálásának pontosságát. Az MI a sérülések és a betegségek kora felismerésével, azonosításával és szakszerű kezelésének elősegítésével személyre szabott kezelési tervek összeállítását teszi lehetővé jelentősen lerövidítve a felépülési időt és csökkentve a kezelési költségeket. Mindezek alapján a sportorvosok könnyebben és pontosabban tudnak döntéseket hozni a sportolók egészségének megőrzése és teljesítményének javítása érdekében.

Az MI sportorvoslásban való alkalmazásával kapcsolatos aggályok

Az MI-alapú új technológiák integrálása a sportorvoslásba - bár sok előnnyel jár - számos etikai és jogi kérdést vet fel mind a hatóságok mind a sportorvosok számára. Nagyon fontos figyelembe venni a használatával járó kihívásokat is, mint például adatvédelem, algoritmusok

megbízhatósága és az emberi szakértelem helyettesítése. Mivel az MI-rendszereknek hatalmas mennyiségű betegadathoz kell hozzáférniük a tanulás és fejlesztés érdekében, felmerül a kérdés, hogy ki irányítja ezeknek az érzékeny információknak a feldolgozását, s hogyan használja azokat. A nagy mennyiségű, érzékeny adat kezelése kockázatokkal jár az adatvédelem és a biztonság szempontjából, különösen, amikor érzékeny egészségügyi adatokat gyűjtenek a sportolókról. Szigorú biztosítékokat kell kidolgozni a sportolók magánéletének védelme érdekében, és biztosítani kell, hogy az adatokat kizárólag az egyén javára használják fel. Az MI algoritmusok által gyűjtött és feldolgozott adatok tárolása és biztonsága is különös figyelmet érdemel. Az adatok tulajdonjoga és felhasználása a sportolók és a sportorvosok között etikai vitákat válthat ki. Az MI-algoritmusok pontossága és megbízhatósága főleg a sportolók egészségével kapcsolatos döntéseknél fontos kérdés. Az etikai problémák közé tartozik az is, hogy az MI algoritmusok hogyan kezelik és reprezentálják a sportolók személyes preferenciáit és életstílusát az ajánlások elkészítésekor. Az MI által javasolt döntések átláthatósága és értelmezése nem csak a sportolók, hanem a sportorvosok számára is kihívást jelenthet. Az MI-alapú rendszerek torzításai súlyos következményekkel járhatnak, főleg akkor, ha az algoritmusok nem megfelelően kezelik az egyéni különbségeket. Az adatok hibás vagy hiányos előrejelzéseinek súlyos következményei lehetnek, főképp akkor, ha jelentősen befolyásolják a sportolók életvitelét vagy karrierjét. A sportorvoslásban, ahol minden sportoló egyedi, az MI által terjesztett, uniformizált megközelítés tévedésekhez vezethet. Az MI-modellek tanítására használt adatok gyakran elfogult forrásokból származnak. Óvatosan kell kezelni ezeket az elfogultságokat, és gondoskodni kell arról, hogy az MI-modelleket folyamatosan finomítsák, hogy hitelesebbek legyenek. Az MI felhasználása során felmerülhet a felelősség kérdése is, vagyis ki a felelős az esetleges hibás döntésekért, netán sérüléseket okozó prognózisokért. Az MI-algoritmusok által generált egészségügyi tanácsok vagy terápiás ajánlások elfogadása kockázatot jelenthet a sportolók számára, különösen akkor, ha azok nem megfelelően vannak validálva vagy tesztelve. Fontos etikai kérdés az is, hogy az MI-algoritmusok miként kezelik és interpretálják az egyéni genetikai adatokat, és ez milyen következményekkel jár a sportolók egészségére nézve. Az MI alapú rendszerek által gyűjtött adatok hozzáférhetősége és felhasználása a marketingben vagy egészségügyi termékek promóciójában szintén komoly etikai aggályokat vet fel. Habár az MI költséghatékonysága a sportorvoslásban ígéretes, mégis óvatosnak kell lenni az idő előtti feltételezéseket illetően. Átfogó költség-haszon elemzéseket kell végezni az MI integrálásának valódi gazdasági hatásait illetően, figyelembe véve a beruházás és a karbantartás költségeit, valamint a hosszú távú eredményeket. Az MI alkalmazása a sportolók és a sportorvosok közötti bizalom és kommunikáció szempontjából is felvetethet bizonyos etikai kérdéseket. Fennáll a valós veszélye annak, hogy az MI elterjedésével olyan mértékben támaszkodnak rá, ami csökkenti a szakmai jártasságot és a kritikai gondolkodást. A legfontosabb alapelv, hogy az MI soha nem helyettesítheti a sportorvos szakértelmét. Értékes eszközként kell szolgálnia a sportorvosok tudásának és készségeinek kiegészítésére, nem pedig helyettesítésére. Hiszen egy gép, akármilyen fejlett is, soha nem pótolhatja azt az árnyalt, empatikus gondoskodást, amit csak egy ember tud nyújtani. Az MI soha nem fogja helyettesíteni az orvost. Napjaink sportorvosát csak az MI-t használó sportorvos helyettesítheti.

Az MI jövője a sportorvoslásban

A következő években további fejlesztések és innovációk várhatók ezen a területen. Az egyre fejlettebb MI-algoritmusok segítségével még pontosabb, még inkább személyre szabott edzéstervet készíthetők, figyelembe véve a sportolók egyedi tulajdonságait és igényeit. Az MI

által vezérelt mozgáselemző rendszerekkel lehetőség nyílik a sportmozgások még részletesebb megfigyelésére, ezzel tovább optimalizálva a sportolók teljesítményét, csökkentve a sérüléseik kockázatát. Az MI alkalmazása a teljesítményelemzésben és a stratégiai döntések támogatásában még inkább segítheti a jobb eredmények elérését és a versenyképesség növelését. A modern rehabilitációs eszközök (antigravitációs futópadok, exoskeletonok, robotszerkezetek) képesek jelentősen lerövidíteni a felépülési időt és enyhíteni a gyógyulási folyamat során tapasztalt kellemetlenségeket. A bizonyítékokon alapuló rehabilitációs protokollok ötvözése a legmodernebb VR-technológiákkal (kiterjesztett valóság / virtuális valóság), amelyek „odavarázsolják” a játékosokat a saját stadionjukba, a szurkolók zajával együtt, értékes fejlesztés lehet. Ezek a lehetőségek élvezetesebbé teszik a fizioterápiás gyakorlatokat a sportolók számára, miközben az orvosok és gyógytornászok könnyen ellenőrizhetik és elemezhetik azokat. A kiterjesztett valóság alkalmazása segítheti a sportorvosokat a sportolók küzdelem közben bekövetkező ütközéseinek valós idejű ellenőrzésében is, lehetővé téve, hogy felmérjék a kontaktus hatását, és döntéseket hozzanak a sporttevékenység folytatásáról, és személyre szabott edzésprogramot dolgozzanak ki továbbá biztató lehetőség adódik a pálya- és a biomechanika vizsgálatok továbbfejlesztésére

Megjegyzendő üzenet

Ahhoz, hogy az MI valóban hatékony eszközzé váljon a sportorvoslásban további fejlesztésekre és kutatásokra, mindenekelőtt megfelelő szabályozásra van szükség. A sportorvosok, informatikusok és bioetikusok közötti együttműködés szükséges annak biztosításához, hogy az MI-rendszereket a sportolók elvárásait szem előtt tartva alakítsuk ki. Az MI képességeinek megértéséhez és hatékony kiaknázásához nem csak a sportorvosok és a sportegészségügyi dolgozók, hanem az edzők folyamatos képzése, oktatása is elengedhetetlen.

Az MI-ben megvan a lehetőség, hogy megváltoztassa a sportorvoslást, ehhez azonban újfajta megközelítésre van szükség az érintettek részéről. Az ötlettől a cselekvésen át a valódi értékteremtésig még hosszú út vezet, aminek ráadásul mérhetőnek, gazdaságosnak és fenntarthatónak kell lennie. Az érdemi fejlődés eléréséhez az eddigiektől eltérő gondolkodás szükséges. Jól működő innovációs folyamatot csak új kritériumok alapján lehet kiépíteni. Ezek nélkül az MI csupán egy hangzatos hívószó marad tartalom nélkül.

Javasolt irodalom

1. **Prem N Ramkumar 1 2, Bryan C Luu 1 3, Heather S Haeberle 1 4, Jaret M Karnuta 1, Benedict U Nwachukwu 4, Riley J Williams 4:** Sports Medicine and Artificial Intelligence: A Primer
PMID: 33900125 DOI: 10.1177/03635465211008648
2. **João Gustavo Claudino, Daniel de Oliveira Capanema, Thiago Vieira de Souza, Julio Cerca Serrão, Adriano C. Machado Pereira & George P. Nassis:** Current Approaches to the Use of Artificial Intelligence for Injury Risk Assessment and Performance Prediction in Team Sports: a Systematic Review Sports Medicine - Open volume 5, Article number: 28 (2019) Cite this article

3. **Fayed, A.M., Mansur, N.S.B., de Carvalho, K.A. et al.:** Artificial intelligence and ChatGPT in Orthopaedics and sports medicine. J EXP ORTOP 10, 74 (2023).
<https://doi.org/10.1186/s40634-023-00642-8>

Táblázatok

I. Táblázat Definíciók

A **mesterséges intelligencia (MI)** olyan terület, amely a számítógépek és rendszerek fejlesztésével foglalkozik, hogy azok képesek legyenek emberi intelligencia-szintű feladatokat elvégezni, például tanulni, érzékelni, döntéseket hozni és problémákat megoldani.

A **mély tanulás (deep learning)** egy olyan mesterséges intelligencia módszer, amely neurális hálózatokat használ, hogy automatikusan tanuljon és kinyerje a bemeneti adatokban rejlő összetett mintákat és jellemzőket. A mély tanulás hálózatok segítségével tanul adatokból, és képes összetett feladatokat megoldani. Ez a technológia alkalmazható szöveg-, kép- és hangfelismerésben, autonóm járművekben és egyéb területeken is.

A **felügyelt tanulás** során a rendszernek olyan bemeneti-adatokból kell tanulnia, amelyekhez címkék vagy válaszok vannak rendelve, így az algoritmus előre meghatározott kimenetet tanul megjósolni a bemenet alapján.

A **nem-felügyelt tanulás** során a rendszernek olyan bemeneti adatokból kell tanulnia, amelyekhez nincsenek címkék vagy válaszok rendelve, így az algoritmusnak magának kell felfedeznie a bemenetben rejlő mintákat és szerkezeteket.

A **szakértői rendszerek** olyan számítógépes rendszerek, amelyek emberi szakértői tudást és szabályokat tartalmaznak egy adott területen. Ezek a rendszerek képesek következtetéseket levonni, problémákat megoldani és döntéseket hozni az adott szakterületen belül, gyakran használva a tudás reprezentálásának és következtetési mechanizmusoknak speciális technikáit.

A **természetes nyelvi feldolgozás (NLP)** olyan számítógépes technika, amely lehetővé teszi a számítógépek számára, hogy értelmezzék, megértsék és válaszoljanak az emberi nyelven megfogalmazott információkra. Ez magában foglalja a szövegértés, a nyelvtanulás, a beszédfelismerés és a generálás képességét is.

A **logisztikus regresszió** egy statisztikai módszer, amelyet kategóriaváltozók becslésére és előrejelzésére használnak. Célja egy bináris vagy több kategóriájú függő változó előrejelzése a független változók alapján, azáltal, hogy valószínűségeket becsül meg és átalakítja logaritmikus szintre.

A **Bayes-hálózatok** olyan grafikus modellek, amelyek a valószínűségi változók közötti kapcsolatokat modellezzik. Ezek a hálózatok hasznosak az ismeretlen változók közötti összefüggések feltárásában és a valószínűségi modellezésben. A Bayes-hálózatok kiterjesztik a Bayes-hálózatokat a sztochasztikus (változó) kapcsolatokra, és rugalmasabb modellezést tesznek lehetővé.

A **véletlenszerű erdő algoritmusok (random forest)** olyan gépi tanulási technikák, amelyek az erdők (fák csoportja) összességének használatával hoznak döntéseket. Ezek a módszerek az "egész erdőtől az ágig" stratégiát alkalmazzák, ahol több döntési fát hoznak létre és kombinálják őket a legjobb teljesítmény elérése érdekében. A véletlenszerű erdők a túltanulás kockázatát csökkentik, és hatékonyan alkalmazhatók osztályozási és regressziós feladatokra is.

A **támogató vektorgépek (Support Vector Machines, SVM)** olyan felügyelt gépi tanulási módszerek, amelyeket osztályozási és regressziós feladatokra használnak. A lényegük az, hogy olyan hipertérbe helyezik az adatpontokat, ahol a két osztály közötti tér maximális. Ezeket a

hipertereket támogató vektorok határolják, és a feladat az, hogy megtaláljuk a leghatékosabb hipertér az adatok között. A SVM az osztályok közötti határok megteremtésére és az új adatpontok osztályozására használható.

A mesterséges mély neurális hálózatok (Artificial Neural Network, ANN) olyan összetett mesterséges intelligencia rendszerek, amelyek több rétegben szerveződnek és nagyszámú neuront tartalmaznak. Ezek a hálózatok képesek komplex feladatokat megoldani, például kép-, hang- vagy szövegfelismerést, adatok előrejelzését és döntési modellek kialakítását. A "mély" jelző arra utal, hogy a hálózatban több rétegben történik az adatok átalakítása és az információfeldolgozás, ami lehetővé teszi az összetettebb mintázatok és jellemzők megtanulását.

A mesterséges neurális hálózat (ANN) egy olyan számítógépes modell, amely az emberi agy biológiai neurális hálózatainak absztrakt modelljére épül. Ezek a hálózatok képesek tanulni és alkalmazkodni az adatokhoz, és széles körű feladatokat képesek megoldani, például osztályozást, regressziót, klaszterezést, idősorok előrejelzését stb. Az ANN-k neuronokból (vagy egységekből) és azok közötti kapcsolatokból állnak, amelyek adatokat továbbítanak és feldolgoznak. Az ANN-k általában több rétegben szerveződnek, például bemeneti, rejtett és kimeneti rétegekből állnak, és tanulási algoritmusok segítségével képesek optimalizálni a súlyokat és paramétereket a feladat megoldása érdekében.

A konvolúciós neurális hálózatok (CNN) olyan mély tanulási modelljei a gépi tanulásnak, amelyek kifejezetten a kép- és hangfelismerés, valamint a szövegfeldolgozás területén alkalmazzák. Ezek a hálózatok képesek hatékonyan kezelni a többdimenziós bemeneti adatokat, például képeket, mivel speciális rétegeik vannak, amelyeket konvolúciós rétegeknek nevezünk. Ezek a rétegek olyan műveleteket végeznek el, amelyek az adatokban rejlő hierarchikus jellemzőket kinyerik, például élkeresését, textúrafelismerést, stb. Ezt követően a hálózatok általában tartalmazznak egy vagy több teljesen összekötött réteget, amelyek a kinyert jellemzőket osztályokba vagy kimeneti címkékbe rendezik. A konvolúciós hálózatok széles körben alkalmazhatók például képrészlet osztályozásában, objektumfelismerésben, arcérzékelésben, autonóm járművekben és még sok más területen.

II. Táblázat Mely MI-algoritmusok tudnak segíteni a sportorvosnak?

Konvolúciós neurális hálózatok (CNN): a sportolók mozgásának elemzése, így az esetleges sérülések vagy biomechanikai problémák azonosítása

Támogató vektorgépek (Support Vector Machines, SVM): a sérülések diagnosztizálása, az adatok alapján különféle sérülési mintázatok azonosítása

Döntési fák véletlenszerű erdő algoritmusok (random forest) trees: a sportolók teljesítményének és sérülési kockázatának predikciója az összetett adatok elemzése alapján

Bayes-hálózatok: a sérülések kockázatának becslése és a megfelelő megelőző intézkedések meghatározása

Regressziós modellek: a sportolók teljesítményének előrejelzése és a sérülések kockázatának becslése

Klaszterezési algoritmusok: azon csoportok vagy mintázatok azonosítása, amelyek nagyobb kockázattal bírnak a sérülésekre

K means klaszterezési algoritmus: a hasonló jellemzőkkel rendelkező sportolók csoportosítása személyre szabott edzésterve vagy kezelés összeállítására

Random forest algoritmus: a sportolók teljesítményének előrejelzése és a sérülések kockázatának becslése több változó figyelembevételével

Mély neurális hálózatok ((Arteficial Neural Network, ANN)): az összetett adatokból való tanulás és a sportolók teljesítményének optimalizálása

Genetikus algoritmusok: a sportoló egyedi jellemzőit és igényeit figyelembe vevő személyre szabott e gazdaságosabban észleli.