

A kiadványhoz kapcsolódó viták, statisztikák és szerzői profilok a következő címen olvashatók: <https://www.researchgate.net/publication/350448858>.

Artificial Intelligence in Surgical Education and Training: A Systematic Literature Review

cikk - szeptember 2020

SZITÁCIÓK

2

READS

896

3 szerzők:



Hamza Azhar

Shalamar Orvosi és Fogorvosi Főiskola

3 PUBLIKÁCIÓS HIVATKOZÁSOK2

NÉZZE MEG
AZ
ADATLAPOT



Talat Waseem

Shalamar Orvosi és Fogorvosi Főiskola

86 PUBLIKÁCIÓS HIVATKOZÁSOK788

NÉZZE MEG
AZ
ADATLAPOT



Hira Ashraf

Shalamar Orvosi és Fogorvosi Főiskola

5 PUBLIKÁCIÓS HIVATKOZÁSOK2

NÉZZE MEG
AZ
ADATLAPOT

E kiadvány néhány szerzője szintén dolgozik ezeken a kapcsolódó projekteken:



A bélrendszeri adaptáció hormonális szabályozása [Projekt megtekintése](#)



Általános sebészet: Outcomes & Innovations [Projekt megtekintése](#)

Az ezt az oldalt követő összes tartalmat [Talat Waseem](#) töltötte fel július04ban. 2021.

A felhasználó a letöltött fájll továbbfejlesztését kérte.

Archives of Surgical Research | Szisztematikus irodalmi áttekintés

Mesterséges intelligencia a sebészeti oktatásban és képzésben: Szisztematikus irodalmi áttekintés

Hamza Azhar, Talat Waseem, Hira Ashraf

BEVEZETÉS A sebészképzés hagyományos módszere a tanoncképzésre és az árnyékképzésre összpontosít. A technikai készségek értékelése szubjektív és nagymértékben a mentoroktól függ, pusztán a gyakornok szakértelmét tükrözi. E módszer bizonyos szempontjai akadályozzák a gyakornokok technikai képzését. A mesterséges intelligencia (AI) azonban segíthet forradalmasítani a sebészeti oktatást és képzést. A mesterséges intelligenciát (AI) úgy határozzák meg, hogy a számítógép képes az emberi agy által végrehajtott műveletekkel analóg műveleteket végrehajtani. Használható a sebészeti készségek objektív értékelésére. gyakorló sebész.

E tanulmány **célja** az volt, hogy átfogó képet adjon a mesterséges intelligencia sebészeti képzésre és oktatásra gyakorolt hatásáról.

MÓDSZEREK 2021 februárjában 7 szisztematikus számítógépes keresést végeztünk a PubMedben. A szisztematikus áttekintések és metaanalízis preferált jelentési elemeit (PRISMA) követve végeztük el ezt a szisztematikus áttekintést. A kereséshez használt kulcsszavak a következők voltak: ("Mesterséges intelligencia") ÉS ("Sebészeti oktatás" VAGY "Sebészeti képzés"). A 2019-3-1 és 2021-2-25 között megjelent összes olyan cikket felvettük, amely megfelelt a befogadási kritériumoknak. Csak angol nyelvű cikkeket adtunk hozzá. A PRISMA-irányelveket követve 700 cikket azonosítottunk, amelyek közül a cím elolvasása után 83 cikket választottunk ki. Az absztrakt elolvasása után 30 cikket választottunk ki, és végül 16 cikket választottunk ki a tematikus elemzéshez és az irodalmi áttekintéshez a teljes elolvasás után. szöveges papír.

MEGJEGYZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉS A mesterséges intelligencia forradalmasíthatja a sebészeti oktatást és képzést. Használható a sebészeti készségek értékelésére és a sebészek képzésének optimalizálására. Segíthet a gyakornokok objektív értékelésében. A mesterséges intelligenciát széles körben használják a szemészet, plasztikai sebészet és érsebészet. A radiológiában és a diagnosztikában is alkalmazásra került.

Mesterséges intelligencia, AI, gépi tanulás, neurális hálózatok, sebészeti oktatás, sebészeti képzés, műtéti **képzés**

HOGYAN Hivatkozzunk: Azhar H, Waseem T, Ashraf H. Mesterséges intelligencia a sebészeti oktatásban és képzésben: A Systematic Literature Review *Archives of Surgical Research*. 2020;1(3):39-46.

<https://doi.org/10.48111/2020.03.09>

D sebészképzés történetének egyik leginnovatívabb sebészeként tartják számon.

Legnagyobb hozzájárulása az alaptudományok és a klinikai készségek oktatásának integrálására

volt fiatal sebészek képzésében

.Képzési módszere elsősorban a teljes munkaidős tanárok képzésére összpontosított. A sebészképzésnek ez a hagyományos módszere azonban számos hátránnyal jár. Többnyire a tanonckodásra és az árnyékolásra összpontosít. A technikai készségek értékelése nagymértékben a mentortól függ. A mentorok aktív visszajelzése szubjektív és csupán a gyakornok munkájának tükrözése. A különböző sebészeti eljárások változó betegszámmal rendelkeznek, ami akadályozza a sebészeti képzését. Ráadásul a cadaverek drágák és számos

Szisztematikus irodalmi áttekintés

érhetetlenek. A tantermi passzív tanulás ismeretek megszerzéséhez, azonban ez

Levelező szerző:

Talat Waseem FRCS
Eng, FACS,
Sebész szakorvos
Shalamar Medical &
Dental College, Lahore

twaseem@gmail.com

092-333-8078705

<https://doi.org/10.48111/2020.03.09>

a 2D-s képek és tankönyvek gyakorlati dimenzióban történő fordítását igényli az alapvető technikai készségek tanításához.

John McCarthy használta először a mesterséges intelligencia (AI) kifejezést a 1956. A mesterséges intelligenciát (AI) úgy határozzák meg, mint a számítógép képességét az emberi agy által végzett műveletekkel analóg műveletek végrehajtására. Használható egy sebész sebészeti készségeinek értékelésére. A mélytanulás és a gépi tanulás a mesterséges intelligencia két fontos ága. A gépi tanulás olyan számítógépes programok fejlesztésével foglalkozik, amelyek a tapasztalattal automatikusan fejlődnek, míg a mélytanulás a mesterséges neurális hálózatok (ANN) fejlesztésével és alkalmazásával foglalkozik. A mesterséges intelligencia beépíthető a sebészeti képzésbe és oktatásba, hogy a robotsebészetben, a virtuális valóságon alapuló sebészeti képzésben és a műtéti videók műtét utáni elemzésében való alkalmazásával objektív módszert biztosítson a gyakorlók sebészeti készségeinek értékelésére.

Ez a szisztematikus irodalmi áttekintés a sebészeti képzésben az ML keretében rendelkezésre álló eszközökről és azok hatékonyságáról ad áttekintést a különböző területeken, például a szemészet, az idegsebészet, a szívsebészet, a laparoszkópos sebészet és az endoszkópia területén. Emellett az objektív készségértékelés hatékonyságát és a pontos tanulási görbék kiszámítását is áttekintjük ebben a cikkben.

MÓDSZEREK

A szisztematikus irodalmi áttekintés elvégzéséhez a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta- Analysis) irányelveket követték.

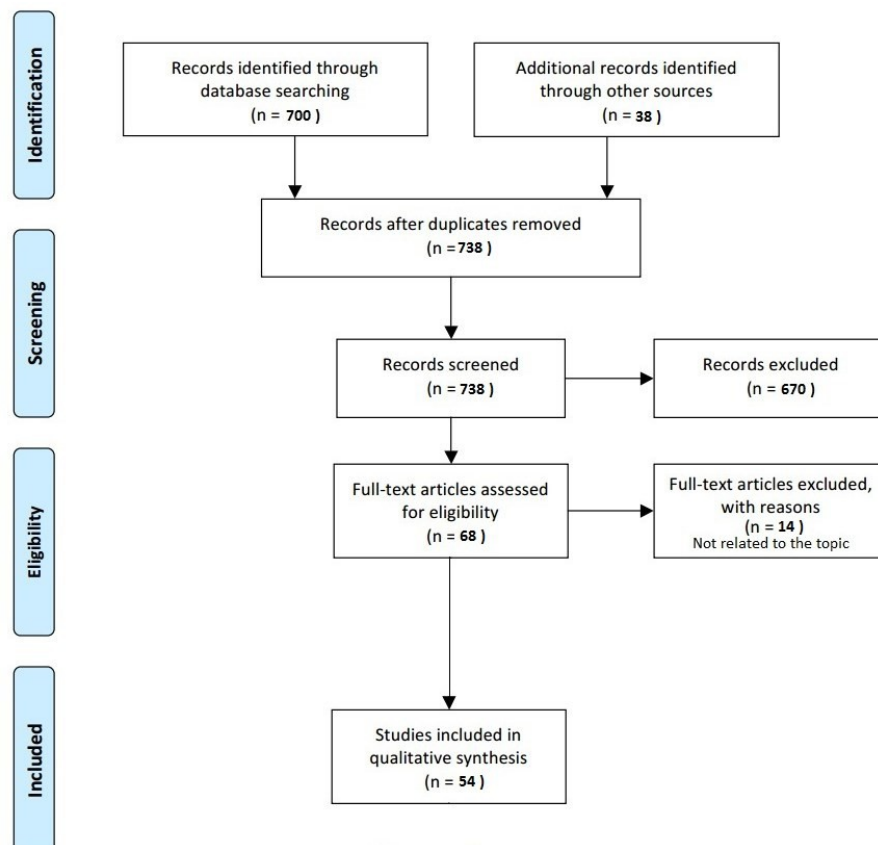
2.1. Irodalomkutatási folyamat: A PRISMA-irányelveket követve szisztematikus irodalomkutatást végeztünk a PubMed adatbázisában a keresőszavak ("Mesterséges intelligencia") ÉS

("Sebészeti oktatás" VAGY "Sebészeti képzés"). A 2019-3-1 és 2021-2-25 között megjelent összes cikket kiszűrtük. Ezenkívül a referencia kutatási cikkeket is bevonták a felülvizsgálatba.

2.2. Cikkbevonása és az adatok összegzése: A PRISMA-irányelveket követve azonosították a cikkeket 700. Egyetlen cikket sem zártak ki duplikáció miatt. A cikkeket 83 a cím elolvasása után választották ki. Az absztrakt elolvasása után 30 cikket választottunk ki, és végül 16 cikket választottunk ki a tematikus elemzéshez és az irodalmi áttekintéshez a teljes szöveg elolvasása után. Csak angol nyelvű, teljes szövegű cikkeket választottak ki. A témához nem kapcsolódó tanulmányokat nem vették figyelembe. A kiválasztási folyamatot az ábra folyamatábrája mutatja be. 1.

A tanulmányba bevont minden egyes tanulmány tematikus elemzését elvégezték. Az elemzés során azonosított témákat a végén található táblázat ismerteti.

1. ábra: PRISMA folyamatábra - Cikkválasztási folyamat a számítógépes irodalomkeresés és elemzés révén:



EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

3.1. Mesterséges intelligencia alapú sebészeti készségértékelés

A sebészi készség értékelését általában olyan bírálók végzik, akik a műtéti videókat posztoperatíván megnézik. Most a mesterséges intelligencia használható az eljárás különböző lépéseinek azonosítására a

sebészeti videó, amely hasznos lehet a sebészeti készség értékeléséhez.^{2,3} A műtéti művelet a mesterséges intelligencia segítségével detektálható. Egy tanulmány mély tanulási modellt használt, amely 94%-os átlagos felidézési arányt és 91%-os átlagos pontosságot mutatva képes volt felismerni a sebészeti műveletet. A műtéti készségszintet is meg tudta állapítani, 78%-os átlagos felidézési aránnyal és 77%-os átlagos pontossággal.⁴ Az ilyen típusú rendszerek a sebészeti képzésben is alkalmazhatók a sebészek képzésének optimalizálására. Számos tanulmány kimutatta, hogy összefüggés van az egyén kézmozgása és a sebészeti^{5,6} készségszintje között. Ez az információ felhasználható a sebész sebészeti készségszintjének értékelésére. Egy mély neurális hálózati algoritmust fejlesztettek ki és képeztek ki a sebészre erősített viselhető inerciális mérőegység érzékelőivel gyűjtött adatok felhasználásával. A rendszer 98,2%-os pontosságot ért el a sebész⁷ készségszintjének megállapításában. A sebész készség mesterséges intelligenciával történő értékelése sok drága berendezést igényel. Egy tanulmány ezt a problémát a JIGSAW adatbázisból gyűjtött videók formájában gyűjtött adatok felhasználásával próbálta megoldani. A 3D-s konvolúciós neurális hálózatot (CNN) ezzel az adatkészlettel képezték ki, amely 95,1% és 100%⁸ közötti pontossággal tudta a résztvevőket a készségszintjük alapján osztályozni. A robotsebészet lehetőséget adott arra, hogy a robot által végzett sebészeti beavatkozások kinematikai adatait összegyűjtsük. Ezek az adatok felhasználhatók a sebészeti készség értékelésére mesterséges intelligencia segítségével. A korai tanulmányok kinematikai adatokat használtak a GMF-ek (globális mozgásjellemzők), például a mozgás simasága, a feladat sebessége, a feladat befejezési ideje stb. kinyerésére, de e modellek eredményei a kinyert jellemzők⁹ minőségétől függenek. A legújabb tanulmányok nem használnak GMF-eket, ehelyett a sebészeti feladatot a képzési fázis előtt sebészeti gesztusokra bontják, majd a sebész készségének értékelését a gesztus során nyújtott teljesítménye alapján végzik. Ez a technika kézi szegmentálást igényel gesztusokra, ami költséges és időigényes folyamat¹⁰. Egy nemrégiben készült tanulmány csak a JIGSAW adatbázisból gyűjtött kinematikai adatokat használta a különböző sebészeti készségekkel rendelkező sebészekről, amelyeket egy konvolúciós neurális hálózat képzésére használtak, amely képes volt kategorizálni a sebészeti készségeket. Ezzel a megközelítéssel a folyamathoz szükséges költségek összege minimalizálható¹¹. A videokommentár egy másik módja a sebész sebészeti szakértelem értékelésének. Ebben a technikában a sebészeknek sebészeti eljárásokról készült videókat mutatnak, és arra kéri őket, hogy mondják el a videókon látható összes anatómiai tájékozódási pontot, eszközt és az eljárás lépéseit. Ezután a videokommentár alapján pontozzák őket. A gépi tanulás felhasználható e technika termelékenységének növelésére. Egy tanulmányban a sebész PGY-szintje és az egyéni videokommentár (VC) pontszáma közötti kapcsolatot vizsgálták. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a

kettő között összefüggés áll fenn. Vannak azonban bizonyos korlátok, például az ML-alapú rendszer túlbecsüli a PGY1-esek készségét, és alábecsüli a PGY3-as és PGY4-esek készségét. A videokommentár (VC) videójának kiválasztása szintén akadály volt, mivel a videó kiválasztása befolyásolja az eredményt. A vizsgálathoz kiválasztott minta mérete is nagyon kicsi¹² volt. A mesterséges intelligencia az optimalizáláshoz is használható

a sebészeti képzésben azáltal, hogy képes előre jelezni a gyakornok sebészeti tanulási görbáját. Egy felügyelt gépi tanulási modellt képeztünk ki a virtuális laparoszkópiai alapkészség-oktatóból és a fizikai FLS oktató dobozból vett tanulási görbék adatai alapján. Ez a modell képes volt megjósolni a sebészeti tanulási görbét a gyakornok első néhány próbájából gyűjtött adatokból. Ez az előrejelzés segíthet egy személyre szabott képzési program létrehozásában, amelyet a sebészek képzésére terveztek a különböző sebészeti tanulási görbéik alapján. Nem felügyelt gépi tanulási megközelítést is alkalmaztunk, amely képes volt a sebészeti gyakornokokat a különböző sebészeti tanulási görbéiknek megfelelően osztályozni. Az említett vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy már néhány kísérletből származó adat is elegendő ahhoz, hogy előre jelezze a gyakorlottá váláshoz szükséges összes kísérlet számát. A módszer alkalmas volt arra is, hogy megjósolja a gyakornok végső készségszintjét a 40. próba¹³ után. Ezek az adatok segíthetnek egy objektív sebészeti képzési rendszer modellezésében, ahol a gépi tanulási algoritmusok segítségével értékelik majd az egyes gyakornokok által a jártasság eléréséhez elvégzendő sebészeti eljárások számát. Ez a megközelítés időt és pénzt takaríthat meg a gyakornokok és az oktatók számára.

Bay Labs	Jun 2018	Az Ejekciós frakció meghatározása a Echokardiogram
Viz.ai	Február 2018	A stroke diagnózisa CT-n
Arterys	Jan 2017	Az MRI értelmezése szív
Alivacor	Nov 2017	Nézzé meg a weboldalt.
MaxQ-AI	Jan 2018	Agyvérzés CT diagnózis

3.2. Mesterséges intelligencia a radiológiában és a diagnosztikában

Algoritmusokat képezhetünk ki az adatokban található minták felismerésére. Ez a képesség a radiológia és a diagnosztika területén használható, ahol a mesterséges intelligencia segítségével algoritmusokat képezhetünk ki a radiológiai leletek mintázatainak felismerésére. A mesterséges intelligenciát a CT-, MRI- és PET-felvételek¹⁴ értelmezésére használták. Az 1. táblázat az FDA által jóváhagyott, különböző klinikai indikációkban¹⁵ használt összes mesterséges intelligenciát alkalmazó rendszert mutatja. Az AI segíthet a rosszindulatúság azonosításában is, ami segíthet a sebésznek eldönteni, hogy egy daganat rosszindulatú vagy jóindulatú^{16,17}. A mesterséges intelligencia segíthet a különböző betegségek, például a vakbélgyulladás^{18,19} diagnosztizálásában is.

Gyártó vállalat	A jóváhagyás dátuma FDA	Jelzés
Apple	Sep 2018	A pitvari sugárzás észlelése Fibrilláció
iCAD	Aug 2018	A mell sűrűsége a mammográfia
Aidoc	Aug 2018	Agyvérzés CT diagnózis
Neurális analitika	Május 2018	A stroke diagnózisa
IDx	Április 2018	Diabéteszes retinopátia diagnózis
Zebra Medical	Július 2018	A korszorúér pontozása kalcium

3.3. Mesterséges intelligencia és robotika

Sebészeti készségtékelés:

A robotsebészet fejlődésével számos formában lehet adatokat kapni a robottól. Ez lehet videoadatok vagy kinematikai adatok formájában. Ennek a hatalmas adatmennyiségnek a feldolgozása költséges és időigényes feladat, de a gépi tanulás segítségével megoldható. A kezdeti tanulmányok kinematikai adatokat használtak a készségtékeléshez. A mesterséges intelligencia alapú sebészeti készségtékeléshez a globális mozgásmetrikákat használó kinematikai adatok

azaz a mélységérzékelés, a feladat elvégzésének ideje, a mozgás simasága, az útvonal hossza, a sebesség, a görbület stb. kerültek felhasználásra²⁰. Hasonlóképpen a sebész mozgásstílusa is használható a sebészeti készség értékelésére. Ez a sebész²¹ vállára, csuklójára és kezére erősített elektromágneses érzékelők segítségével valósítható meg. Az olyan robotok, mint a Da Vinci, képesek adatokat gyűjteni, például a kamera és a sebészeti eszköz mozgását, amelyeket gépi tanulással lehet osztályozni a gyakornok sebészeti készsége szerint^[22]. Az eszközalapú metrikákat és a kognitív alapú metrikákat is alkalmazták a szakértő és nem szakértő sebészgyakornokok gépi tanulással történő²⁴ osztályozására.²³

Haptikus visszajelzés:

Az érintés módszere nagyon fontos a sebészeti képzésben. A robotika lehetővé tette a sebész által alkalmazott tapintási erő mérését. A gépi tanulást olyan rendszer kifejlesztésére alkalmazták, amely figyelmeztetést ad a varratszakadásra, ha a tapintási erő elég erős ahhoz, hogy a varrat elszakadjon. Ez az ML-alapú rendszer sikeresen csökkentette a varratszakadás^{25,26} arányát.

Autonóm robotok:

Bár a robotika még mindig nagyon kezdetleges, a sebészeti automatizálás még nincs olyan messze²⁷. A kezdeti erőfeszítések elsődlegesen a feladat dekonstrukciójára és az olyan egyszerű feladatok elvégzésére összpontosítottak, mint a varrás. Most AI alapú robot képes elvégezni a felsőbbrendű bél anasztomózisokat sertésszövetben^{28,29}.

3.4. Mesterséges intelligencia és sebészeti logisztika

A mesterséges intelligencia felhasználható az eljárások költségeinek minimalizálására és az értékes idő megtakarítására. A műtéti eljárások költségei csökkenthetők a műtéti idő³⁰ pontos előrejelzésével. Erre a célra a gépi tanulás használható. Kifejlesztettek egy gépi tanulási rendszert, amely 16,8%-os pontossággal³¹ képes megjósolni a műtéti időt.

3.5. A mesterséges intelligencia alkalmazása a sebészeti eljárásban

A mesterséges intelligencia segíthet felismerni a fontos

anatómiai tájékozódási pontokat egy sebészeti beavatkozás során. Sebészek bevonásával felmérést végeztek, és a felmérés során a válaszadók 40,5%-a mondta azt, hogy az epevezeték sérülése, amellyel laparoszkópos epehólyag-eltávolítás során szembesültek, az anatómiai tájékozódási pontok^{32,33} téves azonosítása miatt következett be. A YOLOv3 nevű objektumdetektáló algoritmust rövid videókon képezték ki az anatómiai⁴ elemek felismerésére.

tájékoztató pontok, azaz a tisztas csatorna, a bal középső szegmens alsó szélé, a közös epevezeték és a Rouviere-szulcus. Bár az egyes tájékoztató pontok esetében az átlagos pontosság nem volt jó, de a YOLOv3 modell 23 videóból³⁴ 22-ben felismerte az epevezeték sérülésének elkerülése szempontjából fontos tájékoztató pontokat. A műtéti eszközök felismerése a laparoszkópos beavatkozások során az AI segítségével szintén lehetséges, ami segíthet a sebészeti képzésben. Kifejlesztettek és betanítottak egy neurális hálózatot használó rendszert, amely 87%-os pontossággal és 83%-os³⁵ felidézéssel képes volt megfejteni a sebészeti eszközök manipulációját a laparoszkópos gyomoreltávolítások felvételein.

3.6. Mesterséges intelligencia és virtuális valóság (VR)

A virtuális valóság a sebészeti képzés eszközeiként használható. A VR-ben végzett eljárásokból gyűjtött adatok elégségesek a gyakorlók sebészeti készségének értékeléséhez. Egy tanulmányban egy támogató vektor gépi algoritmust használtak a különböző sebészek által különböző sebészeti készségekkel végzett hemi-laminektómiákból gyűjtött adatokon. Az algoritmus 97,6%-os pontosságot³⁶ ért el.

A mesterséges intelligencia alapú VR-képzést az idegsebészetben is alkalmazták. A biztonság és a mozgás biztonságának mérőszámait⁴ használva létrehoztak egy virtuális operatív asszisztensnek nevezett keretrendszert. Ez az egyes metrikák súlya alapján metrikus bölcs értékelést biztosít. Ez alkalmazható a gyakorlók³⁷ készség szintjének értékelésére. Egy másik, mesterséges intelligenciával támogatott VR-vizsgálatot végeztek az idegsebészeti tumorrezekeziós készségek értékelésére. A gépi tanulás segítségével a résztvevőket készség szintjük alapján 4 szintre sorolták be, 90%-os³⁸ pontossággal. Hasonlóképpen VR-szimulált elülső nyaki diszektómiát végeztek, amelyben 21 személy vett részt. A 16 metrika segítségével neurális hálózatot képeztek ki, amely a résztvevőket a készség szintek szerint osztályozta, 83,3%-os tesztelési pontossággal és 100%-os³⁹ képzési pontossággal.

A mesterséges intelligencia alapú VR-rendszerek nagyon hasznosak a sebészeti képzésben, de nagyon nehéz őket fejleszteni, és a szakterületek közötti kommunikáció nem jó. Az MLASE (Machine Learning to Assess Surgical Expertise) ellenőrző listát a különböző szakterületek közötti szakadék áthidalására tervezték. Az ellenőrző lista 4 szakaszból áll, azaz a megbeszélés minősége, a tanulmány tervezése, az adatok szerkezete és a felügyelt gépi tanulás, amelyek tovább vannak osztva alszakaszokra, amelyek bizonyos pontokat kapnak. Ez az ellenőrzőlista pontozási rendszert biztosít a sebészeti szakértelem értékelésére alkalmas AI-alapú VR-rendszer értékeléséhez.

Szisztematikus irodalmi áttekintést végeztünk, és minden egyes kiválasztott tanulmányt az MLASE ellenőrzőlista alapján pontoztunk. Az eredmények azt

mutatták, hogy az orvosi cikkek pontszáma az adatok szerkezete és a felügyelt gépi tanulás tekintetében a legalacsonyabb, a vita minősége tekintetében pedig a legmagasabb volt. A mérnöki cikkek a legalacsonyabb pontszámot kapták a vita minőségében, és a legmagasabbat a vizsgálat felépítésében és a felügyelt gépi tanulásban⁴⁰. A szakadék áthidalásához interdiszciplináris kommunikációra van szükség.

Az AI szerepe a sebészeti oktatásban: Azhar et al, 2021

Év	Cikk	Szerző(k)	Kutatói módszer	Azonosított témák
2020	Videókommentár és gépi tanulás: Mondd el, mit látsz, én megmondom, ki vagy te.	Mohamed S Baloul , Vicky J-H Yeh , Fareeda Mukhtar , Fareeda Mukhtar	Másodlagos elemzési tanulmány	A mesterséges intelligencia felhasználása a következő összefüggések megtalálására Egyéni készség és videókommentár pontszáma
2020	Gépi tanulás és mesterséges intelligencia a sebészeti területeken	Melissa Egert , James E Steward , Chandru P Sundaram	Irodalmi áttekintés	Az ML és az AI felhasználásának áttekintése a különböző sebészeti területeken
2019	Mesterséges intelligencia és robotika: a kombináció megváltoztatja a műtőt	Iulia Andras , Elio Mazzone , Fijs W B van Leeuwen , Fijs W B van Leeuwen	Narratív irodalmi áttekintés	A mesterséges intelligencia alkalmazása a robotikában
2020	Mesterséges intelligencia rendszer fejlesztése mély tanulást alkalmazva az anatómiai tájékozódási pontok jelzésére laparoszkópos cholecystectomy során	Tatsushi Tokuyasu , Yukio Iwashita , Yusuke Matsunobu	Prospektív tanulmány	Anatómiai struktúrák mesterséges intelligenciával támogatott felismerése; A mesterséges intelligencia alkalmazása eljárásokban
2019	Mesterséges intelligencia az orvosi oktatásban: A legjobb gyakorlatok a gépi tanulás alkalmazásával a sebészeti szakértelem értékelésére a virtuális valóság szimulációban	Alexander Winkler-Schwartz , Vincent Bissonnette , Nykan Mirchi	Prospektív tanulmány	AI-alapú készségértékelés a virtuális valóságban (VR) és szimulációkban
2020	A mesterséges intelligencia és a virtuális valóság kora: a sebészeti oktatás átalakítása a természetben	Shaunak K Bakshi , Shawn R Lin , Daniel Shu Wei Ting	Áttekintő cikk	A mesterséges intelligencia alkalmazása a természetben
2020	A digitális sebész: Hogyan változtatja meg a sebészeti gyakorlatot a nagy adatmennyiség, az automatizálás és a mesterséges intelligencia?	James Wall , Thomas Krummel	Áttekintő cikk	A mesterséges intelligencia alakítja a sebészet jövőjét
2020	VR és gépi tanulás: új utak a sebészeti gyakorlati képzésben	Domenico Veneziano , Giovanni Cacciamani , Juan Gomez Rivas	Rendszeres felülvizsgálat	AI-alapú készségértékelés a virtuális valóságban (VR) és szimulációkban
2019	A sebészeti szakértelemmel kapcsolatos sebészeti és operatív tényezők gépi tanulási azonosítása a virtuális valóság szimulációban	Alexander Winkler-Schwartz , Recai Yilmaz , Nykan Mirchi	Prospektív tanulmány	AI-alapú készségértékelés a virtuális valóságban (VR) és szimulációkban
2020	Mélytanulási modellek értékelése a sebészeti műveletek azonosítására és a teljesítmény mérésére	Shuja Khalid , Mitchell Goldenberg , Teodor Grantcharov	Prospektív tanulmány	AI-alapú sebészeti készségértékelés
2019	Sebészeti készség szintek: Neurális hálózat modell és mozgásjelek segítségével történő osztályozás és elemzés.	Xuan Anh Nguyen , Damir Ljuhar , Maurizio Pacilli	Prospektív tanulmány	AI-alapú sebészeti készségértékelés
2019	Videóalapú sebészeti készségértékelés 3D konvolúciós neurális hálózatok segítségével	Isabel Funke , Sören Torge Mees , Jürgen Weitz	Prospektív tanulmány	AI-alapú sebészeti készségértékelés
2020	Gépi tanulási megközelítés a sebészeti tanulási görbék előrejelzésére	Yuanyuan Gao , Uwe Kruger , Xavier Intes	Prospektív tanulmány	A sebészeti tanulási görbék mesterséges intelligencia alapú előrejelzése
2019	A sebészeti készségek pontos és értelmezhető értékelése kinematikai adatokból, teljesen konvolúciós neurális hálózatok segítségével	Hassan Ismail Fawaz , Germain Forestier , Jonathan Weber	Prospektív tanulmány	AI-alapú képességek megkülönböztetése kinematikai adatokból
2020	Automatizált műtéti műszer észlelése laparoszkópos műszerekből Gasztrektómia videóképek egy nyílt forráskódú konvolúciós neurális hálózati platform segítségével	Yuta Yamazaki , Shingo Kanaji , Takeru Matsuda	Prospektív tanulmány	A sebészeti műszer manipulációjának mesterséges intelligencia alapú felismerése videofelvételen
2020	Mesterséges neurális hálózatok a virtuális valóságban végzett elülső nyaki diszektómia teljesítményének értékelésére	Nykan Mirchi , Vincent Bissonnette , Nicole Ledwos	Prospektív tanulmány	AI-alapú készségértékelés a virtuális valóságban (VR) és szimulációkban

A szakirodalmi áttekintésbe bevont tanulmányok áttekintését bemutató táblázat.

3.7. Mesterséges intelligencia a sebészeti oktatásban a szemészetben

A mesterséges intelligencia szemészetben való alkalmazásának legújabb fellendüléséről rengeteg szakirodalom született. Az FDA jóváhagyott egy diagnosztikai rendszert a diabéteszes retinopátia^{41,42} diagnosztizálására. A gyakornokok sebészeti teljesítménye gépi tanulással értékelhető. Olyan konvolúciós neurális hálózatokat (CNN) fejlesztettek ki, amelyek képesek felismerni a sebészeti eszközöket, ami eszközt ad az eljárás^{43,44,45} kontextusának és szakaszának azonosítására. Ez felhasználható a műtét utáni értékeléshez és a rezidensek sebészeti teljesítményének értékeléséhez. A CNN-eket arra is használták, hogy a gyakornokok capsulorhexis készségeit szürkehályogműtéti videók segítségével értékeljék.

⁴⁶. Lehetőséget jelenthet a mesterséges intelligencián alapuló intraoperatív útmutatás és visszajelzés. Egy tanulmány 23 szürkehályogműtétnél mutatott ki fázisfelismerést az inception V3 hálózat segítségével. A műszer helyzetének és orientációjának felismerése az eszközkövető rendszerrel szintén segítheti a sebészt a tájékozódásban⁴⁷. A mesterséges intelligencia a műtéti eredményeket is megjósolhatja. A szürkehályogműtét utáni endophthalmitis arányát^{48,49} már előre lehet jelezni.

3.8. A mesterséges intelligencia szerepe a plasztikai sebészetben

A mesterséges intelligenciát az égési sebészetben, a mikrosebészetben, a koponya- és arcsebészetben, a kéz- és perifériás idegsebészetben, valamint az esztétikában alkalmazzák. A műtéti készségek mesterséges intelligenciával történő értékelése egyre inkább elfogadottá válik a plasztikai sebészet területén. A plasztikai sebészetben nagyon fontos a műtét utáni eredmény. A mesterséges intelligencia segíthet azonosítani az eljárás során alkalmazott egyedi technikát, amely egy adott eredményhez vezet. A technika és a műtét utáni eredmény közötti kapcsolat felismerése segíthet a rezidenseknek a műtét utáni komplikációk⁵⁰ minimalizálásában. Az AI-t az esztétika területén is alkalmazzák. A mesterséges intelligenciát alkalmazták annak felismerésére, hogy az emberek mit tekintenek esztétikusnak, és milyen érzelmi reakciót váltanak ki a kozmetikai eljárásokkal kapcsolatban, ami segíthet a sebészeti beavatkozási terv eldöntésében, és a beteg^{51,52,53} személyre szabott tanácsadásában is felhasználható.

3.9. A mesterséges intelligencia szerepe az érsebészeti oktatásban

Az orvosi szakirodalom nagyon gyors ütemű növekedése miatt nagyon nehéz naprakésznek maradni a legújabb szakirodalommal. A mesterséges intelligencia segíthet az irodalomkeresésben és az ajánlati adatkészletek kezelésében, ami segíthet az orvosi kutatásban^{54,55}. A

laparoszkópos képzés nagyon fontos az érsebészetben. Most egy sebészeti készségre képes laparoszkópos képzési rendszert hoznak létre mesterséges neurális hálózattal (ANN). Ennek a rendszernek a használatával a sebészeti ügyesség és a tanulási görbe növekedését figyelték⁵⁶ meg. Az elektronikus orvosi nyilvántartások felhasználhatók a mesterséges intelligencia által végzett prediktív elemzésre a jobbítás érdekében.

orvosi oktatás. A klinikai képzés standardizálása érdekében a mesterséges intelligencia felhasználható a legkevesebb olyan eljárás megjósolására, amelyet a gyakornokoknak el kell végeznie a kívánt eredmények eléréséhez.^{57,58,59}

KORLÁTOZÁSOK

Ezen a területen nem áll rendelkezésre elegendő szakirodalom. Több kutatást kell végezni ezen a téren, hogy a mesterséges intelligencia beépüljön a sebészeti képzésbe és oktatásba.

ETIKAI MEGFONTOLÁSOK

A meglévő etikai kódexek nem veszik figyelembe az interaktív mesterséges intelligens ágensek használatát az egészségügyi rendszerünkben. Átfogó vitára van szükség a bizalom, a magánélet és a beteg biztonságának etikai kérdéseinek megoldásához.

JÖVŐBELI KILÁTÁSOK:

A mesterséges intelligenciát a műtét előtti tervezésben, az intraoperatív irányításban és a robotikában használják. A diagnosztika az egyik legfontosabb terület, ahol az AI szerves szerepet fog játszani. A radiomika egy olyan módszer, amely a radiográfiai képalkotást és a gépi tanulási algoritmusokat használja a diagnosztikai pontosság fokozására. Alkalmazásra került az onkológia területén. Nagy pontossággal képes diagnosztizálni a

különböző ráktípusokat^{60,62}. A radiomikát nemrégiben a Covid-19⁶³ kimutatására használták. A radiomika segíthet a jövő orvosainak a helyes diagnózisok felállításában. A jövőben a klinikai döntéshozatal a mesterséges intelligencia egyik fő alkalmazási területe lesz. A Bayes-hálózatok már most is képesek segíteni annak eldöntésében, hogy a végtagsérülés következtében artériás sérülést szenvedett betegeknél előnyös lenne-e a revaszkularizáció⁶⁴. A mesterséges intelligenciának ez a képessége, hogy segítsen nekünk a klinikai döntéshozatalban, idővel javulni fog. Egy másik terület, amelyre a mesterséges intelligencia nagy hatással van, a robotika. Az autonóm robotokat a jövőben arra lehet használni, hogy a sebészeti beavatkozásokat teljesen egyedül, szakemberek segítsége nélkül végezzék el.

KÖVETKEZTETÉSEK

A mesterséges intelligencia még mindig kezdetleges stádiumban van, de rengeteg kutatás foglalkozik a terület fejlesztésével. Az AI beépítése forradalmasíthatja a sebészeti képzést és oktatást. Az erőfeszítéseket az orvosi szakemberek mesterséges intelligenciával kapcsolatos oktatására és a gépi tanulásnak az orvosi képzésben és oktatásban való bevezetésében érdekelt különböző területek közötti interdiszciplináris szakadék áthidalására kell összpontosítani.

CIKK INFORMÁCIÓ Elfogadva közzétételre: Online közzététel: szeptember 14, 2020: Szeptember 30,

2020.
<https://doi.org/10.48111/2020.03.09>
Nyílt hozzáférés: Ez egy nyílt hozzáférésű

cikk a CC-BY licenc feltételei szerint.
© 2021 Azhar et al ASR.

Szerzői kapcsolatok: Shalamar Medical & Dental College, Lahore, Pakisztán

Pénzügyi támogatás és szponzorálás:
Nulla.

Összeférhetetlenség: Nincs
összeférhetetlenség

HIVATKOZÁSOK

- Kolanska K, Chabbert-Buffet N, Daraï E, Antoine J-M. Mesterséges intelligencia az orvostudományban: Öröm vagy aggodalom? *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* 2021;50(1):101962. doi:10.1016/j.jogoh.2020.101962
- Hashimoto DA, Rosman G, Witkowski ER, et al. Computer Vision Analysis of Intraoperative Video: Laparoskopos Sleeve Gastrectomy műtéti lépéseinek automatizált felismerése. *Ann Surg.* 2019;270(3):414-421. doi:10.1097/SLA.00000000000003460.
- Egert M, Steward JE, Sundaram CP. Gépi tanulás és mesterséges intelligencia a sebészeti területeken. *Indian J Surg Oncol.* 2020;11(4):573-577. doi:10.1007/s13193-020-01166-8.
- Khalid S, Goldenberg M, Grantcharov T, Taati B, Rudzicz F. Deep Learning modellek értékelése a sebészeti műveletek azonosítására és a teljesítmény mérésére. *JAMA Netw Open.* 2020;3(3):e201664. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.1664
- Reiley CE, Lin HC, Yuh DD, Hager GD. Az objektív sebészeti készségértékelési módszerek áttekintése. *Surg Endosc.* 2011;25(2):356-366. doi:10.1007/s00464-010-1190-z
- Genovese B, Yin S, Sareh S, et al. Surgical Hand Tracking in Open Surgery Using a Versatile Motion Sensing System: Még nem tartunk ott? *Am Surg.* 2016;82(10):872-875. doi:10.1177/000313481608201002. doi:10.1177/000313481608201002
- Nguyen XA, Ljuhar D, Pacilli M, Nataraja RM, Chauhan S. Sebészeti készségszintek: Mély neurális hálózati modell és mozgásjelek segítségével történő osztályozás és elemzés. *Comput Methods Programs Biomed.* 2019;177:1-8. doi:10.1016/j.cmpb.2019.05.008
- Funke I, Mees ST, Weitz J, Speidel S. Videóalapú sebészeti készségértékelés 3D konvolúciós neurális hálózatok segítségével. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2019;14(7):1217-1225. doi:10.1007/s11548-019-01995-1.
- Kassahun Y, Yu B, Tibebu AT, et al. Surgical robotics beyond enhanced dexterity instrumentation: a survey of machine learning techniques and their role in intelligent and autonomous surgical actions. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016;11(4):553-568. doi:10.1007/s11548-015-1305-z
- Tao L, Elhamifar E, Khudanpur S, Hager GD, Vidal R. Sparse Hidden Markov Models for Surgical Gesture Classification and Skill Evaluation. In: Abolmaesumi P, Joskowicz L, Navab N, Jannin P, szerk. *Információfeldolgozás a számítógéppel segített beavatkozásokban.* Vol. 7330. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg; 2012:167-177. doi:10.1007/978-3-642-30618-1_17.
- Ismail Fawaz H, Forestier G, Weber J, Idoumghar L, Muller P-A. A sebészeti készségek pontos és értelmezhető értékelése kinematikai adatokból teljesen konvolúciós neurális hálózatok segítségével. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2019;14(9):1611-1617. doi:10.1007/s11548-019-02039-4.
- Baloul MS, Yeh VJ-H, Mukhtar F, et al. Video Commentary & Machine Learning: Mondd el, mit látsz, én megmondom, ki vagy. *J Surg Educ.* Online megjelent 2020. október:S19317204203030372X. doi:10.1016/j.jsurg.2020.09.022.
- Gao Y, Kruger U, Intes X, Schwaizberg S, De S. Gépi tanulási megközelítés a sebészeti tanulási görbék előrejelzésére. *Surgery.* 2020;167(2):321-327. doi:10.1016/j.surg.2019.10.008
- Wang S, Summers RM. Gépi tanulás és radiológia. *Med Image Anal.* 2012;16(5):933-951. doi:10.1016/j.media.2012.02.005
- Topol EJ. Nagy teljesítményű orvostudomány: az emberi és a mesterséges intelligencia konvergenciája. *Nat Med.* 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7
- Bi WL, Hosny A, Schabath MB, et al. Artificial intelligence in cancer imaging: A klinikai kihívások és alkalmazások. *CA Cancer J Clin.* Közvetéve online 2019. február 5.:caac.21552. doi:10.3322/caac.21552.
- Matsuki Y, Nakamura K, Watanabe H, et al. Egy mesterséges neurális hálózat hasznossága a jó- és rosszindulatú tüdőcsomók megkülönböztetésére nagy felbontású CT-n: értékelés Receiver Operating Characteristic Analysis segítségével. *Am J Roentgenol.* 2002;178(3):657-663. doi:10.2214/ajr.178.3.1780657
- Debnath J, Chatterjee S, Sharma V. Mesterséges neurális hálózatok az akut vakbélgyulladás diagnózisában: a képalkotásnak is része kell legyen? *Am J Emerg Med.* 2013;31(1):258-259. doi:10.1016/j.ajem.2012.09.019
- Fard MJ, Ameri S, Darin Ellis R, Chinnam RB, Pandya AK, Klein MD. Automatizált robotasszisztált sebészeti készségértékelés: Prediktív analitikai megközelítés. *Int J Med Robot.* 2018;14(1):e1850. doi:10.1002/rcs.1850
- Ershad M, Rege R, Majewicz Fey A. Automatikus és közel valós idejű stilisztikai viselkedésértékelés robotsebészetben. *Int J*

Comput Assist Radiol Surg. 2019;14(4):635-643. doi:10.1007/s11548-019-01920-6

21. Hung AJ, Chen J, Gill IS. Automatizált teljesítménymérők és gépi tanulási algoritmusok a sebészi teljesítmény mérésére és a klinikai eredmények előrejelzésére a robotsebészetben. *JAMA Surg.* 2018;153(8):770. doi:10.1001/jamasurg.2018.1512. doi:10.1001/jamasurg.2018.1512. doi:10.1111/ans.13509. doi:10.1111/ans.13509
22. Guru KA, Esfahani ET, Raza SJ, et al. Kognitív készségek értékelése robotasszisztált műtétek során: a búza és a pelyva szétválasztása: A kognitív készségek értékelése a RAS során. *BJU Int.* 2015;115(1):166-174. doi:10.1111/bju.12657.
23. Dai Y, Abiri A, Pensa J, et al. Biaxiális érzékelő varratszakadásra figyelmeztető rendszer robotsebészetben. *Biomed Microdevices.* 2019;21(1):10. doi:10.1007/s10544-018-0357-6
24. Andras I, Mazzone E, van Leeuwen FWB, et al. Mesterséges intelligencia és robotika: a kombináció megváltoztatja a műtét. *World J Urol.* 2020;38(10):2359-2366. doi:10.1007/s00345-019-03037-6
25. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Mesterséges intelligencia a sebészetben: Mesterséges intelligencia: ígéret és veszélyek. *Ann Surg.* 2018;268(1):70-76. doi:10.1097/SLA.00000000000002693.
26. Wall J, Krummel T. A digitális sebész: Hogyan változtatják meg a sebészeti gyakorlatot a nagy adatok, az automatizálás és a mesterséges intelligencia. *J Pediatr Surg.* 2020;55:47-50. doi:10.1016/j.jpedsurg.2019.09.008. doi:10.1016/j.jpedsurg.2019.09.008
27. Pandit JJ, Carey A. A gyakori elektív műtétek időtartamának becslése: következmények a műtéti lista kezelésére. *Anaesthesia.* 2006;61(8):768-776. doi:10.1111/j.1365-2044.2006.04719.x
28. Zhao B, Waterman RS, Urman RD, Gabriel RA. Gépi tanulási megközelítés a robotasszisztált műtétek eseti időtartamának előrejelzésére. *J Med Syst.* 2019;43(2):32. doi:10.1007/s10916-018-1151-y
29. Ferzli G, Timoney M, Nazir S, Swedler D, Fingerhut A. A Calot-csomópont jelentősége az epehólyag nyaki disszekciójában: Fontos mérföldkő a laparoszkópos cholecystectomy standardizált megközelítésében. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2015;25(1):28-32. doi:10.1089/lap.2014.0195
30. Rajkomar K, Bowman M, Rodgers M, Koea JB. Négyes lebeny: megbízható tájékoztató pont az epevezeték anatómiájához laparoszkópos cholecystectomy során: Quadrate lobe és az epehólyag-eltávolítás. *ANZ J Surg.* 2016;86(7-8):560-562.
31. Tokuyasu T, Iwashita Y, Matsunobu Y, et al. Mesterséges intelligencia rendszer fejlesztése mély tanulást használva az anatómiai tájékoztató pontok jelzésére a laparoszkópos cholecystectomy során. *Surg Endosc.* 2021;35(4):1651-1658. doi:10.1007/s00464-020-07548-x

32. Yamazaki Y, Kanaji S, Matsuda T, et al. Automated Surgical Instrument Detection from Laparoscopic Gastrectomy Video Images Using an Open Source Convolutional Neural Network Platform. *J Am Coll Surg.* 2020;230(5):725-732.e1. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2020.01.037.
33. Bissonnette V, Mirchi N, Ledwos N, et al. Artificial Intelligence Distinguishes Surgical Training Levels in a Virtual Reality Spinal Task. *J Bone Jt Surg.* 2019;101(23):e127. doi:10.2106/JBJS.18.01197.
34. Mirchi N, Bissonnette V, Yilmaz R, Ledwos N, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. A virtuális műtéti asszisztens: Egy magyarázható mesterséges intelligencia eszköz a szimulációs alapú sebészeti és orvosi képzéshez. Plawiak P, szerk. *PLOS ONE.* 2020;15(2):e0229596. doi:10.1371/journal.pone.0229596
35. Winkler-Schwartz A, Yilmaz R, Mirchi N, et al. Machine Learning Identification of Surgical and Operative Factors Associated With Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation. *JAMA Netw Open.* 2019;2(8):e198363. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.8363
36. Mirchi N, Bissonnette V, Ledwos N, et al. Artificial Neural Networks to Assess Virtual Reality Anterior Cervical Discectomy Performance. *Oper Neurosurg.* 2020;19(1):65-75. doi:10.1093/ons/ozp359. doi:10.1093/ons/ozp359
37. Winkler-Schwartz A, Bissonnette V, Mirchi N, et al. Artificial Intelligence in Medical Education: Best Practices Using Machine Learning to Assess Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation. *J Surg Educ.* 2019;76(6):1681-1690. doi:10.1016/j.jsurg.2019.05.015. doi:10.1016/j.jsurg.2019.05.015
38. Abrámoff MD, Lavin PT, Birch M, Shah N, Folk JC. Egy autonóm, mesterséges intelligencia-alapú diagnosztikai rendszer alapellátási rendelőkben történő, a diabéteszes retinopátia felismerésére szolgáló alapvizsgálata. *Npj Digit Med.* 2018;1(1):39. doi:10.1038/s41746-018-0040-6
39. Wang J, Ju R, Chen Y, et al. Automated retinopathy of prematurity screening using deep neural networks. *EBioMedicine.* 2018;35:361-368. doi:10.1016/j.ebiom.2018.08.033
40. Al Hajj H, Lamard M, Conze P-H, et al. CATARACTS: Kihívás a cataRACT műtétek automatikus eszközzelvezetésére. *Med Image Anal.* 2019;52:24-41. doi:10.1016/j.media.2018.11.008
41. Zisimopoulos O, Flouty E, Luengo I, et al. DeepPhase: Surgical Phase Recognition in CATARACTS Videos. *ArXiv180710565 Cs Stat.* Online közzététel: 2018. július 17. Hozzáférés: .
- Március 23, 2021. <http://arxiv.org/abs/1807.10565>
42. Yu F, Silva Croso G, Kim TS, et al. Assessment of Automated Identification of Phases in Videos of Cataract Surgery Using Machine Learning and Deep Learning Techniques. *JAMA Netw Open.* 2019;2(4):e191860. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.1860
43. Kim TS, O'Brien M, Zafar S, Hager GD, Sikder S, Vedula SS. A capsulorhexis intraoperatív technikai készségének objektív értékelése szürkehályogműtétekről készült videók segítségével. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2019;14(6):1097-1105. doi:10.1007/s11548-019-01956-8
44. Alshekhali M, Eslami A, Roodaki H, Navab N. CRF-alapú modell az eszköz felismerésére és a póz becslésére a retinális mikrosebészetben. *Comput Math Methods Med.* 2016;2016:1-10. doi:10.1155/2016/1067509
45. Pershing S, Lum F, Hsu S, et al. Endophthalmitis a szürkehályogműtét után az Egyesült Államokban. *Ophthalmology.* 2020;127(2):151-158. doi:10.1016/j.ophtha.2019.08.026
46. Bakshi SK, Lin SR, Ting DSW, Chiang MF, Chodosh J. A mesterséges intelligencia és a virtuális valóság kora: a sebészeti oktatás átalakítása a szemészetben. *Br J Ophthalmol.* Online megjelent 2020. augusztus 14.:bjophthalmol-2020-316845. doi:10.1136/bjophthalmol-2020-316845.
47. Kanevsky J, Corban J, Gaster R, Kanevsky A, Lin S, Gilardino M. Big Data and Machine Learning in Plastic Surgery: A sebészeti innováció új határa. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(5):890e-897e. doi:10.1097/PRS.0000000000002088.
48. Levites HA, Thomas AB, Levites JB, Zenn MR. Az érzelmi mesterséges intelligencia alkalmazása a plasztikai sebészetben: *Plast Reconstr Surg.* 2019;144(2):499-504. doi:10.1097/PRS.0000000000005873.
49. Zhang L, Zhang D, Sun M-M, Chen F-M. Az arc szépségének geometriai jellemzőn alapuló elemzése: A vonzerőértékelő alkalmazás felé. *Expert Syst Appl.* 2017;82:252-265. doi:10.1016/j.eswa.2017.04.021
50. Turner AE, Abu-Ghname A, Davis MJ, Ali K, Winocour S. A szimuláció és a mesterséges intelligencia szerepe a plasztikai sebészeti képzésben. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(3):390e-391e. doi:10.1097/PRS.00000000000007102.
51. Wartman SA CC. Az orvosképzés újragondolása a mesterséges intelligencia korában. *AMA J Ethics.* 2019;21(2):E146-152. doi:10.1001/amajethics.2019.146
52. Extance A. Hogyan szelődítheti meg a mesterséges intelligencia technológia a tudományos irodalmat. *Nature.* 2018;561(7722):273-274. doi:10.1038/d41586-018-06617-5
53. Alonso-Silverio GA, Pérez-Escamirosa F, Bruno-Sanchez R, et al. Egy nyílt forráskódú hardveren és mesterséges intelligencián alapuló laparoszkópos doboztréner kifejlesztése a sebészeti pszichomotoros készségek objektív értékelésére. *Surg Innov.* 2018;25(4):380-388. doi:10.1177/1553350618777045
54. Arora VM. A nagy adatok erejének kihasználása a felsőfokú orvosi képzés javítása érdekében: Big Idea or Bust? *Acad Med.* 2018;93(6):833-834. doi:10.1097/ACM.0000000000002209
55. Lareyre F, Adam C, Carrier M, Chakfé N, Raffort J. Artificial Intelligence for Education of Vascular Surgeons. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2020;59(6):870-871. doi:10.1016/j.ejvs.2020.02.030. doi:10.1016/j.ejvs.2020.02.030.
56. Vaidya P, Bera K, Gupta A, et al. CT-eredetű radiomikai pontszám a műtétet követő adjuváns kemoterápia hozzáadott előnyének előrejelzésére I. és II. stádiumú, reszekálható nem kissejtes tüdőrákban: retrospektív multikohorta vizsgálat a kimenetel előrejelzésére. *Lancet Digit Health.* 2020;2(3):e116-e128. doi:10.1016/S2589-7500(20)30002-9
57. Watson MD, Lyman WB, Passeri MJ, et al. A mesterséges intelligencia mély tanulása a hasnyálmirigy cisztás daganatainak rosszindulatú potenciáljának meghatározására a preoperatív komputertomográfias képalkotás segítségével. *Am Surg.* Online megjelent 2020. november 1.:000313482095377. doi:10.1177/000313484820953779.
58. Wesdorp NJ, Hellingman T, Jansma EP, et al. Advanced analytics and artificial intelligence in gastrointestinal cancer: a kezelésre adott választ előrejelző radiomika szisztematikusan áttekintése. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* Online közzététel: 2020. december 16. doi:10.1007/s00259-020-05142-w.
59. Guiot J, Vaidyanathan A, Deprez L, et al. Automatizált radiomikai CT-jelzés kifejlesztése és validálása a COVID-19 kimutatására. *Diagnosztika.* 2020;11(1):41. doi:10.3390/diagnostics11010041
60. Perkins ZB, Yet B, Sharrock A, et al. A végtag revaszkularizáció kimenetelének előrejelzése alsó végtagi artériás traumás betegeknél: Development and External Validation of a Supervised Machine-learning Algorithm to Support Surgical Decisions. *Ann Surg.* 2020;272(4):564-572. doi:10.1097/SLA.00000000000004132.