

INTELIGJENCA ARTIFICIALE NË DIAGNOSTIKIMIN DHE TRAJTIMIN E OSTEOARTRITIT



Faton Livoreka

Doktor i Mjekësisë

Abstrakti

Osteoartriti (OA) është term mjekësor që i referohet një grupi të sëmundjeve degenerative të nyjeve. Sëmundja shoqërohet me degradim të kërcës artikulare, e cila klinikisht përcillet me dhimbje, ngurtësi dhe paaftësi funksionale. [1] Metodat tradicionale diagnostikuese mbështeten kryesisht në vlerësimin subjektiv të simptomave. Përdorimi i inteligjencës artificiale (IA) në OA ka një potencial transformues, duke përmirësuar saktësinë diagnostikuese, zbulimin në faza të hershme të sëmundjes, parashikimin e përparimit të sëmundjes si dhe krijimin e një plani të trajtimit të personalizuar. Ky artikull ofron një pasqyrë të plotë të përparimeve aktuale në teknologjitë e inteligjencës artificiale të aplikuar te pacientët me osteoartrit, përfshirë imazherinë diagnostikuese, modelimin parashikues dhe strategjitë e trajtimit të personalizuar. Artikulli diskuton gjithashtu sfidat dhe perspektivat për implementimin e inteligjencës artificiale në praktikën klinike.

Hyrje

Osteoartriti prek miliona pacientë në mbarë botën, duke krijuar një barrë socio-ekonomike dhe ulur cilësinë e jetës. Sëmundja karakterizohet nga degradimi i kërcës së nyjeve dhe i kockës nën nyje, duke prekur kryesisht gjunjët, kofshët, duart dhe shtyllën kurrizore (fig 1). [1]

Metodat tradicionale radiologjike të diagnostikimit të osteoartritit, arrijnë ta bëjnë diagnostikimin e tipeve të ndryshme të osteoartritit vetëm kur ky i fundit ka arritur të zhvillohet deri në fazat e avancuara. Përdorimi i fushës së inteligjencës artificiale në fushën e sëmundjeve muskulo-skelatore, është rrjedhojë e nevojës për qasje më rigoroze, më të saktë, më kosto efektive dhe kohë kursyese. Kësisoj, metodat si Mësimi i Thellë (DL)

dhe Mësimi Makinerik (ML), është pasojë e revolucionit teknologjik dhe paraqet një zgjidhje moderne dhe të pranueshme për tejkalimin e sfidave të sipërpërmendura.[2]

Diagnostikimi i mbështetur nga IA

Për të ndalur hovin e zhvillimit të osteoartritit, është thelbësore të bëhet diagnostikimi i hershëm dhe i saktë i sëmundjes. Në këtë drejtim, inteligjenca artificiale është duke luajtur rol të pazëvendësueshëm.

3.1.Imazheria radiografike

Mësimi i thellë (Deep Learning-DL), një degë e mësimi makinerik, ka demonstruar aftësi të jashtëzakonshme në njohjen dhe klasifikimin e imazheve. Në kontekstin e OA-së, rrjetet nervore konvolucionare (cnn) janë përdorur për të analizuar radiografitë e gjunjëve, në mënyrë që të zbulohet prania e OA-së dhe të përcaktohet shkalla e saj sipas sistemeve të njohura të vlerësimit, si shkalla Kellgren-Lawrence (KL). [3] Një studim nga Pongsakonpruttikul et al. zhvilloi një cnn duke përdorur algoritmin You Only Look Once version 3 (yolov3) për të ndihmuar në zbulimin dhe klasifikimin e OA-së së gjunjëve nga radiografitë anteroposteriore. Modeli dalloi mes gjunjëve fiziologjik (kl 0-i) dhe atyre me osteoartrit (kl ii-iv) me një saktësi prej 85% dhe një precizion mesatar prej 81%. Për klasifikimin e rëndësisë në kategoritë normale, jo të rënda (kl ii) dhe të rënda (kl iii-iv), modeli arriti një saktësi prej 86.7% dhe një precizion mesatar prej 70.6%. [4]

Këto rezultate sugjerojnë se modelet e IA-së mund të shërbejnë si mjete ndihmëse diagnostikuese, duke ofruar vlerësime të qëndrueshme dhe efikase të radiografive të gjunjëve, për të udhëhequr vendimet terapeutike në fazat e ndryshme të sëmundjes.

3.1.1.Vlerësimi i automatizuar i rëndësisë së OA-së

Shkalla Kellgren-Lawrence përdoret gjerësisht për të vlerësuar OA-në e gjunjëve, bazuar në dëshmi radiografike (fig 2). Vlerësimi manual, megjithatë, mbetet i ndjeshëm ndaj variacioneve midis vëzhguesve. Për këtë arsye, janë zhvilluar algoritme mësimi makinerik që kryejnë këtë vlerësim automatikisht, duke eliminuar subjektivitetin e vlerësimit manual dhe duke përmirësuar saktësinë diagnostikuese (fig 3).

Një studim nga Tiulpin et al. prezantoi një cnn të thellë "siamese" që vlerëson

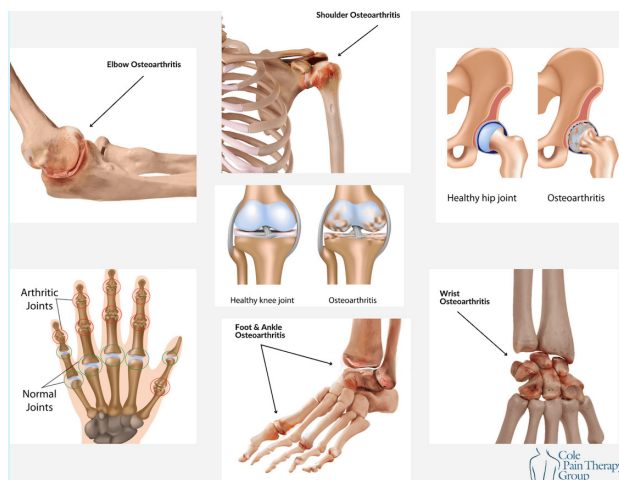


Figura 1. Osteoartriti ne zona te ndryshme të sistemit osteomuskular të njeiut (Osteoarthritis Treatment: Fast Relief For Joint Pain And Quick Recovery - Cole Pain Therapy Group [Internet]. Cole Pain Therapy Group - Chiropractors in Memphis, TN. 2024. Available from: <https://colepaintherapygroup.com/osteoarthritis-treatment-fast-relief-for-joint-pain-and-quick-recovery/>)

automatizisht rëndësinë e OA-së së gjunjëve sipas shkallës së KL-së. Trajnuar me të dhëna nga studimi multicentrik i osteoartritit (MOST), i cili analizoi faktorët e rrezikut për zhvillimin e osteoartritit dhe validuar me dataset-in e iniciativës për osteoartrit, e cila studion progresionin e sëmundjes, modeli arriti një koeficient kappa kuadratik prej 0.83 dhe një saktësi mesatare shumë-klasore prej 66.71% në krahasim me anotimet e ekspertëve. Me fjalë të tjera, korrelacioni ndërmjet parashikimit nga modeli kompjuterik dhe vlerësimit të ekspertëve ishte në përputhje në një shkallë të lartë. [5]

3.1.2.Zbulimi i osteoartritit patellofemoral

Megjithëse shumica e studimeve të IA-së janë fokusuar te Osteoartriti tibiofemoral, edhe ai patellofemoral kontribuon në shfaqjen e dhimbjes dhe humbjen e funksionit të gjunjëve. Bayramoglu et al. zhvilluan një model mësimi të thellë (DL) për të parashikuar OA-në patellofemorale nga radiografitë laterale të gjunjëve (fig 3). Duke përdorur të dhëna nga studimi MOST, modeli cnn analizoi zonën patellare dhe arriti një auc prej 0.958 dhe një precizion mesatar prej 0.862. Ky rezultat tejkalon modelet tradicionale që bazohen në karakteristikat e pacientit dhe vlerësimet klinike, duke evidentuar potencialin e IA-së për të identifikuar në mënyrë të saktë nënlojë të caktuara të osteoartriteve (OA). [6]

3.1.3.Qasje multimodale për parashikimin e përparimit

Përtej zbulimit dhe klasifikimit, IA është përdorur për të parashikuar përparimin e OA-së duke integruar imazherinë radiografike me të dhëna klinike. Tiulpin et al. propozuan një model multimodal, bazuar në mësimin makinerik, që kombinonte radiografitë e thjeshta me rezultatet e ekzaminimit klinik dhe historinë mjekësore,

për të parashikuar përparimin e OA-së së gjunjëve. I validuar në një grup testimi prej 3,918 imazhesh nga 2,129 individë, modeli arriti një auc prej 0.79 dhe një precizion mesatar prej 0.68. [7] Kjo metodë tregon avantazhet e integritit të burimeve të ndryshme të të dhënave për të rritur potencialin parashikues të modeleve IA në zhvillimin e OA-së.

3.2.Rezonanca magnetike (MRI)

3.2.1.Segmentimi i MRI-së me IA: automatizimi i analizës së nyjeve

Një nga kufizimet kryesore në diagnostikimin e osteoartritit (OA) është natyra subjektive e interpretimit manual të rezonancës magnetike (MRI). Radiologët kalojnë shumë kohë duke ndarë strukturat e ndryshme të nyjeve, përfshirë kërcën, kockën nën kërcë, sinoviumin dhe menisqet. Modelet e mësimi të thellë të bazuara në inteligjencë artificiale, sidomos cnn-të, tani automatizojnë këtë proces me një saktësi të jashtëzakonshme.

Shembull praktik: segmentimi i kartilagjes me IA:

- Hulumtues nga universiteti Stanford zhvilluan një model segmentimi, bazuar në mësimin e thellë me arkitekturën u-net, që identifikon dhe mat trashësinë e kartilagjes në mri-të e gjunjëve, duke reduktuar kohën e segmentimit nga disa orë në disa minuta. [8]

- Ndikim klinik: segmentimi automatik mundëson zbulimin e shpejtë të degradimit të hershëm të kërcës, një tregues kritik i OA-së, që shpesh nuk vërehet në vlerësimet e zakonshme.

Si funksionon IA-ja në segmentimin e MRI-së?

- Përpunimi i skanimeve MRI: rregullimi i kontrastit dhe heqja e zhurmës;

dhëna të mëparshme për të vlerësuar humbjen e kërcës;

- Theksimi i zonave problematike: sistemi shënon zonat e prekura, duke lehtësuar ngarkesën e punës së radiologut. [9]

Aplikim industrial: segmentimi i MRI-së me IA:

- Quantib knee: një mjet inteligjence artificiale (IA), që automatizon matjen e trashësisë së kartilagjes dhe zbulimin e dëmtimeve në kockën nën kartilagje, duke mbështetur diagnostikimin e hershëm të osteoartritit në spitale në mbarë botën;[10]

- Osteodetect: një softuer tjetër me mbështetje të inteligjencës artificiale, që analizon nyjet e duarve dhe gjunjëve, duke shënuar anomalitë që mund të kalojnë pa u vërejtur nga radiologët. [11]

3.2.2.IA për zbulimin e hershëm të OA-së para se të shfaqen simptomat

Një nga arritjet më të mëdha në analizën e MRI-së me IA është aftësia për të zbuluar osteoartritin para se pacientët të përjetojnë dhimbje ose vështirësi në lëvizje. Ndërsa analiza tradicionale e MRI-së fokusohet kryesisht në dëmtimet e dukshme të kartilagjes dhe ngushtimin e hapësirës së nyjes, modelet e IA-së janë në gjendje të identifikojnë ndryshime të holla molekulare dhe strukturore.

Rast studimi: IA që identifikon asimptomatike të OA-së përmes datasetit të OAI-së

- Iniciativa për osteoartritë (oai): një studim afatgjatë i financuar nga institucionet kombëtare të shëndetit që ka mbledhur mbi 10,000 skanime MRI të gjunjëve; [12]

- Hulumtim në NYU langone health: një model IA u trajnuar me të dhëna nga OAI për të parashikuar zhvillimin e osteoartritit disa vjet para se të shfaqen simptomat. Algoritmi identifikoi degradimin e hershëm të kartilagjes te pacientë asimptomatikë, duke mundësuar ndërhyrje më të hershme. [13]

Si zbulon Inteligjenca Artificiale Osteoartrititn asimptomatik?

- Analiza e sekuencave MRI: këto sekuenca matin përmbajtjen e ujit në kartilagje, një tregues i hershëm i degradimit të saj;

- Identifikimi i ndryshimeve të holla biokimike: IA mund të zbulojë ndryshime të vogla biokimike në kartilagen e gjunjëve;

- Vlerësimi i rrezikut: modelet IA të trajnuara me mijëra skanime pacientësh caktojnë një shkallë rreziku për përparimin e OA-së,

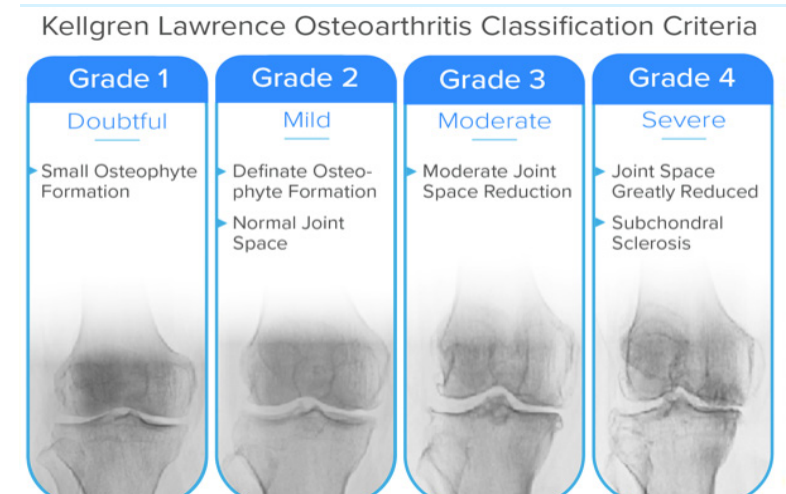


Figura 2. Shkalla Kellgren-Lawrence për të vlerësuar shkallët e osteoartritit (Guide to Severe Knee Arthritis (Osteoarthritis) [Internet]. Spring Loaded Technology. Available from: <https://springloadedtechnology.com/guide-to-severe-knee-osteoarthritis>)

duke udhëhequr trajtime parandaluese si ndryshimet në stilin e jetës, fizioterapia ose mjekësia regenerative. [14]

Përdorimet praktike

•Në mjekësinë sportive: vlerësimi i gjunjëve të atletëve për identifikimin e hershëm të rrezikut të OA-së;

•Skanime në mjedise profesionale: kontrolli i punëtorëve në profesione me ndikim të madh (p.sh. ndërtim, ushtri) për shenja të hershme të OA-së;

3.2.3.IA për parashikimin e përparimit të sëmundjes: sa shpejt do të përkeqësohet Osteoartriti?

Parashikimi i shpejtësisë së përparimit të OA-së paraqet një sfidë klinike thelbësore. Modelet IA ndihmojnë në parashikimin e përkeqësimit të sëmundjes dhe në identifikimin e pacientëve që mund të kenë nevojë për ndërhyrje kirurgjikale (p.sh., zëvendësim total të gjurit).

Shembull: një studim në universitetin e Kalifornisë, San Francisco, zhvilloi një model IA të trajnuar me 5,000 skanime MRI të gjunjëve, për të parashikuar se cilët pacientë me OA do të kishin nevojë për operacion të zëvendësimit të gjurit brenda 5 vjetësh. Sistemi IA identifikoi modele, si dëmtimet e palcës kockore, veshjen e kartilagjes dhe dëmtimet e menisqeve, duke gjeneruar një shkallë rreziku për secilin pacient. [15]

Rezultate: pacientët me shkallë të lartë rreziku, sipas parashikimeve të IA-së, kishin gjashtë herë më shumë probabilitet që të kalonin në operacion brenda 5 vjetësh.

Aplikimet klinike:

•Këshillimi i pacientëve: mjekët mund të përdorin shkallët e rrezikut të nxjerra nga IA-ja për të diskutuar opsionet midis ndërhyrjeve kirurgjikale dhe atyre konservative;

•Programet e fizioterapisë së personalizuar: pacientët me rrezik të lartë mund të drejtohen në programe intensive të rehabilitimit;

3.2.4.IA për përmirësimin e cilësisë së imazheve MRI: skanime më të shpejta, më të lira dhe më të arrishme

Skanimet MRI me rezolucion të lartë ofrojnë më shumë informacion për OA-në, por janë të shtrenjta, kërkojnë kohë dhe pajisje të specializuara. Inteligjenca Artificiale përdoret tani për të përmirësuar imazhet e MRI-së me rezolucion të ulët, duke e bërë procesin më të shpejtë, më ekonomik dhe më të arritshëm.

Shembull praktik: projekti FASTMRI i realizuar nga facebook AI dhe NYU Langone Health rindërton imazhet MRI me rezolucion të lartë nga ato me rezolucion të ulët, duke ulur kohën e skanimit deri në 50%; [16]

Përfitimet klinike: koha e shkurtër e skanimit, e bën MRI-në më të arritshme për pacientët me OA, sidomos në ambientet me burime të kufizuara.

Përfitimet praktike:

•Në spitalet e zonave rurale dhe me të ardhura të ulëta: imazhet e përmirësuara mundësojnë një diagnostikim më të mirë të OA-së me pajisje MRI më të vjetra;

•Shpejtësia e madhe e shërbimit: koha më e shkurtër e skanimit zvogëlon radhët e pritjes, duke lejuar diagnostikimin e shpejtë të më shumë pacientëve.

4.Përfundim

Përkundër faktit se implementimi i IA-së në trajtimin e osteoartritit shfaqet shumë premtues, disa çështje duhet adresuar për të arritur potencialin e plotë:

•Cilësia dhe diversiteti i të dhënave: modelet e mësimi të thellë kërkojnë grupe të mëdha dhe të larmishme të të dhënave për të siguruar saktësi dhe përgjithësim; është e nevojshme të zhvillohen dataset-e të plota që reflektojnë variacionin në popullsinë e pacientëve.

•Interpretueshmëria dhe besueshmëria: mjekët dhe pacientët duhet të kuptojnë dhe të besojnë në rekomandimet e IA-së;

•Integrimi në rrjedhën klinike: përfshirja e mjeteve IA në praktikën ekzistuese klinike duhet të projektuar me kujdes, në mënyrë që të plotësojë, jo të pengojë, ofrimin e kujdesit shëndetësor.

Referencat:

1.Mayo Clinic. Osteoarthritis [Internet]. Mayo Clinic. Mayo Clinic; 2021. Available from: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/osteoarthritis/symptoms-causes/syc-20351925>

2.Kijowski R, Fritz J, Deniz CM. Deep learning applications in osteoarthritis imaging. *Skeletal radiology* [Internet]. 2023 Nov;52(11):2225–38. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36759367/>

3.Domingues JG, Araujo DC, Costa-Silva L, Machado AMC, Machado LAC, Veloso AA, et al. Development of a convolutional neural network for diagnosing osteoarthritis, trained with knee radiographs from the ELISA-Brasil Musculoskeletal. *Radiologia brasileira* [Internet]. 2023;56(5):248–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38204901/>

4.Camerlingo C. Artificial intelligence assistance in radiographic detection and classification of knee osteoarthritis and its severity: a cross-sectional diagnostic study [Internet]. *European Review*. 2022 [cited 2025 Mar 6]. Available from: <https://www.europeanreview.org/article/28220>

5.Tulpin A, Thevenot J, Rahtu E, Lehenkari P, Saarakkala S. Automatic Knee Osteoarthritis Diagnosis from Plain Radiographs: A Deep Learning-Based Approach [Internet]. *arXiv.org*. 2017 [cited 2025 Mar 6]. Available from: <https://arxiv.org/abs/1710.10589>

6.Bayramoglu N, Nieminen MT, Saarakkala S. Automated detection of patellofemoral osteoarthritis from knee lateral view radiographs using deep learning: data from the Multicenter Osteoarthritis Study (MOST). *Osteoarthritis and Cartilage*. 2021 Oct;29(10):1432–47.

7.Tulpin A, Klein S, Bierma-Zeinstra SMA, Thevenot J, Rahtu E, Meurs J van, et al. Multimodal Machine Learning-based Knee Osteoarthritis Progression Prediction from Plain Radiographs and Clinical Data. *Scientific Reports* [Internet]. 2019 Dec 27;9(1):20038. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56527-3>

8.Image Analysis [Internet]. *Machine Intelligence for Medical Imaging (MIMI)*. 2022 [cited 2025 Mar 6]. Available from: <https://med.stanford.edu/mimi/research/ImageAnalysis.html>

9.Researchers Develop AI Model to Automatically Segment MRI Images [Internet]. *Rсна.org*. 2025. Available from: <https://www.rsna.org/news/2025/february/ai-model-automatically-segments-mri-images>

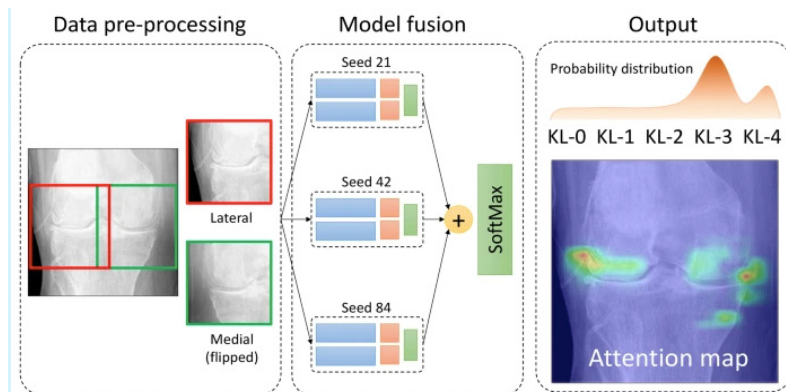


Figura 3. Përdorimi i Deep Learning (Mësimi i Thellë) për të analizuar radiografitë e osteoartritit patello-femoral (Tulpin A, Thevenot J, Rahtu E, Lehenkari P, Saarakkala S. Automatic Knee Osteoarthritis Diagnosis from Plain Radiographs: A Deep Learning-Based Approach. *Scientific Reports*. 2018 Jan 29;8(1))