

AI-analyse van MRI-beelden voor patiënten met lage rugpijn



Jasper van der Graaf

Dit promotieonderzoek richt zich op het ontwikkelen en valideren van AI-algoritmen voor automatische beeldanalyse van MRI-scans voor patiënten met lage rugpijn.

Lage rugpijn is een veelvoorkomende klacht en een van de belangrijkste oorzaken van invaliditeit wereldwijd. Patiënten hebben over het algemeen een breed scala aan symptomen en onderliggende oorzaken, zoals mechanische problemen en degeneratieve aandoeningen. Dat bemoeilijkt het diagnostische proces.

Opereren of niet?

Om zorgverleners te ondersteunen bij het bepalen van de juiste behandeling is de *Nijmegen Decision Tool for Chronic Low Back Pain* (NDT-CLBP) ontwikkeld. De NDT-CLBP maakt gebruik van vragenlijsten die de patiënt invult om te bepalen of deze naar een chirurgisch of niet-chirurgisch consult verwezen wordt. Echter, systemen zoals de NDT-CLBP gebruiken alleen door de patiënten verstrekte gegevens zonder enige vorm van medische beeldvorming in te zetten.

MRI voor lage rugpijn

Beeldvorming, vooral MRI, speelt een cruciale rol bij het beoordelen en behandelen van lage rugpijn. De interpretatie van conventionele MRI is echter vaak

om met AI te herkennen, is het essentieel om te achterhalen welke beeldkenmerken het sterkst gerelateerd zijn aan lage rugpijn.

In een review hebben wij een uitgebreid overzicht gemaakt van alle mogelijk relevante kenmerken zichtbaar op MRI-scans en hun relatie met lage rugpijn. Wij hebben een lijst van 29 MRI-kenmerken samengesteld, waarbij voor elk van deze kenmerken apart de literatuur is doorzocht. Uit deze review bleek dat type I Modic-veranderingen, discusdegeneratie, eindplaatdefecten, discushernia, spinaalkanaalstenose, zenuwcompressie en spiertvinfiltratie het sterkst zijn geassocieerd met lage rugpijn. Deze kenmerken worden beschouwd als het meest relevant voor klinische besluitvorming en daarom het meest belangrijk om automatisch te herkennen met behulp van AI.

Automatische segmentatie

De eerste stap naar een automatische analyse van MRI-beelden van de lumbale wervelkolom is de ontwikkeling van een robuust segmentatiealgoritme dat nauwkeurig relevante anatomische structuren



Deze studie introduceerde ook een nieuw segmentatiealgoritme voor het annotatieproces. De dataset, bestaande uit 447 sagittale T1- en T2-MRI-series van 218 patiënten met lage rugpijn, was afkomstig van het Radboudumc, de Sint Maartenskliniek, het Rijnstate en het Jeroen Bosch Ziekenhuis. We hebben deze data gebruikt om ons eigen segmentatiealgoritme te ontwikkelen. Daarnaast hebben we het overgrote deel van de data publiekelijk vrijgegeven om de ontwikkeling van soortgelijke algoritmen te stimuleren. Een deel van de data hebben we niet vrijgegeven, om samen met een continue *segmentatiechallenge* andere onderzoeksgroepen de mogelijkheid te bieden om hun algoritmen op een eerlijke manier te vergelijken met de rest van de wereld.

Met deze automatisch gegenereerde wervelkolomsegmentaties hebben we verder gebouwd aan AI-algoritmen die verschil-

‘AI-algoritmen kunnen specifieke oorzaken van lage rugpijn identificeren en kwantificeren’

subjectief en inconsistent. Kunstmatige intelligentie (AI)-algoritmen kunnen specifieke oorzaken van lage rugpijn identificeren en kwantificeren. Dit kan waardevolle inzichten opleveren. Om te bepalen welke pathologieën die op MRI te zien zijn, ofwel *image features*, belangrijk zijn

kan identificeren en afbakenen. Hiervoor is een grote dataset, met correct geannoteerde MRI-beelden, van groot belang. Daarom hebben we een grote, multicenter lumbale wervelkolom MRI-dataset verzameld, met segmentaties van wervels, tussenwervelschijven en het spinale kanaal.

De promotiedag



Op vrijdagmiddag 7 februari 2025 heb ik mijn proefschrift *AI-driven MRI analysis for low back pain management* verdedigd aan de Radboud Universiteit Nijmegen. Het was een prachtige dag. Fantastisch om deze intensieve, leerzame en inspirerende PhD-periode af te kunnen sluiten in het gezelschap van familie, vrienden en collega's. Tijdens de verdediging ontspon zich een boeiende en brede discussie: over de zichtbaarheid van pijn op MRI-beelden, over de toegevoegde waarde van AI-analyses voor de patiëntenzorg, en zelfs over de klimaatimpact van kunstmatige intelligentie.

Ik kijk terug op een feestelijke en betekenisvolle middag, waarop alle verschillende fases van mijn onderzoek en ontwikkeling samenkwamen. Mijn oprechte dank gaat uit naar mijn promotieteam, Marinus de Kleuver, Bram van Ginneken, Miranda van Hooff, Matthieu Rutten en Nikolas Lessmann, voor hun begeleiding, vertrouwen en steun in de afgelopen jaren. Het is een dag geworden die ik niet snel zal vergeten!



lende MRI-kenmerken gerelateerd aan lage rugpijn kwantificeren, classificeren of visualiseren.

Cobb-hoekmetingen

Het eerste kenmerk dat we met de au-

tomatische segmentaties konden meten, was de coronale Cobb-hoek, een parameter die gebruikt wordt om de ernst van degeneratieve scoliose te beoordelen. Met alleen sagittale lumbale MRI-beelden als input kon het algoritme alle

mogelijke hoeken tussen de wervels berekenen. Vervolgens is de grootste hoek geïdentificeerd als de Cobb-hoek. Deze methode is gevalideerd met behulp van 3 beoordelaars: 2 musculoskeletale radiologen en 1 wervelkolomchirurg, die de Cobb-hoek handmatig hebben gemeten.

De resultaten van deze studie laten een uitstekende betrouwbaarheid en hoge nauwkeurigheid van het algoritme zien in het repliceren van handmatige Cobb-hoekmetingen. Daarnaast bleek dat de 3 beoordelaars maar in 9 van de 50 gevallen hetzelfde wervelniveau kozen voor de meting. Hierbij wisten ze dus niet altijd de grootste en daarmee correcte hoek te meten. Gezien het feit dat het algoritme altijd de grootste en daarmee de juiste hoek meet, heeft dit een groot voordeel ten opzichte van handmatige metingen.

Kanaalstenose

Daarnaast werd een AI-gebaseerd model ontwikkeld en gevalideerd om lumbale centrale kanaalstenose (LCKS) automatisch te classificeren met behulp van alleen sagittale T2-gewogen MRI-beelden. LCKS is een vernauwing van het spinale kanaal en verdrinking van de zenuwen in de lumbale wervelkolom. Dit kan lage rugpijn of uitstralende neurogene pijn veroorzaken. Het algoritme gebruikte de automatisch gegenereerde segmentaties om specifieke metingen gerelateerd aan LCKS op elk wervelniveau te bepalen. Deze metingen, gecombineerd met annotaties door experts, zijn gebruikt om een machine learning model te trainen. Dit is gevalideerd door de uitkomsten te vergelijken met handmatige beoordelingen van 2 ervaren radiologen. De resultaten lieten zien dat dit model LCKS nauwkeurig kan classificeren op basis van alleen sagittale MRI-beelden, terwijl de radiologen ook axiale sequenties konden inzien. Dit benadrukt de potentie van het AI-model om de diagnostische nauwkeurigheid en efficiëntie van medische beeldvorming te verbeteren. Door de afhankelijkheid van axiale beeldvorming te verminderen, kan het model het diagnostische proces vereenvoudigen en consistente, objectieve beoordelingen van LCKS bieden.

Tussenwervelschijfdegeneratie

Ook degeneratie van de tussenwervelschijven kan lage rugpijn veroorzaken. Daarom hebben we een nieuwe me- ▶

thode ontwikkeld voor het visualiseren en kwantificeren van tussenwervelschijfdegeneratie. De visualisaties bestaan uit axiale beelden van tussenwervelschijven met geprojecteerde contouren van beide eindplaten, gemaakt op basis van de automatisch gegenereerde segmentaties. Deze methode maakt het mogelijk om kwantitatieve metingen uit

Conclusie en toekomstperspectief

Dit proefschrift toont de veelbelovende mogelijkheden van AI-gebaseerde MRI-analyse voor de evaluatie van lage rugpijn. Door algoritmen te ontwikkelen en te valideren voor automatische segmentatie, kwantificatie en classificatie van wervelstructuren, laat dit onderzoek zien hoe AI de diagnostische precisie

inzet van zorgmiddelen bij de aanpak van lage rugpijn.

Nijmegen, 7 februari 2025

dr. Jasper van der Graaf

clinical study manager, MRIGuidance
correspondentieadres:
jasper.vandergaaf@radboudumc.nl

‘We hebben een nieuwe methode ontwikkeld voor het visualiseren en kwantificeren van tussenwervelschijfdegeneratie’

te voeren, waaronder maximale en gemiddelde discus-bulging, gemiddelde discushoogte en spondylolisthesis. Deze nieuwe visualisatiemethode biedt een gedetailleerde en intuïtieve weergave van de tussenwervelschijfstructuur en bijbehorende degeneratieve veranderingen. De kwantitatieve metingen die uit deze visualisaties werden verkregen, lieten significante correlaties met klinisch erkende kenmerken zien, wat suggereert dat de voorgestelde methode betrouwbare en nauwkeurige informatie kan bieden voor de beoordeling van discusdegeneratie.

en consistentie kan verbeteren, terwijl tegelijkertijd het aantal benodigde MRI-sequenties kan worden verminderd. Daarnaast draagt het onderzoek bij aan de toekomstige integratie van AI-beeldanalyse met klinische triage-tools, zoals de NDT-CLBP. Deze ontwikkelingen vormen belangrijke stappen richting een betere patiëntenzorg en een efficiëntere

Met veel dank aan mijn promotoren:

prof. dr. M. de Kleuver,
hoogleraar orthopedie, Radboudumc
prof. dr. B. van Ginneken,
hoogleraar medische beeldanalyse,
Radboudumc

Mijn copromotoren:

dr. M.L. van Hooff,
klinisch epidemioloog, Radboudumc
dr. M.J.C.M. Rutten,
universitair hoofddocent radiologie,
Radboudumc

Paranimfen:

Martijn Kuijpers
Hans Dunning



Het digitale proefschrift is beschikbaar op
<https://repository.ubn.ru.nl/handle/2066/315688> of
via het scannen van deze QR-code.

VACATURE

Redactieleden voor MemoRad

MemoRad is het ‘clubblad’ en de spreekbuis van radiologisch Nederland in al haar facetten. De redactie van MemoRad is op zoek naar nieuwe redactieleden. Vind jij het leuk om mee te denken over radiologische onderwerpen en om artikelen schrijven en te beoordelen? Meld je dan vooral aan!

Wat doet een redactielid?

De redactie komt vier keer per jaar (digitaal) bijeen. Als lid van de redactie brainstorm je samen met de andere redactieleden over de inhoud van het tijdschrift: afwisselende thema's, interessante onderwerpen, verrassende artikelen en veelbelovende onderzoeken. Je kunt zelf artikelen schrijven, maar vooral ook collega's en vakgenoten benaderen voor het maken van kopij. Het werk voor de redactie kost ongeveer 4 tot 6 uur per kwartaal.

Belangstelling?

De redactie is op zoek naar meerdere redactieleden met diverse achtergronden en belangstellingen. Ben je net begonnen als aios, fellow of (nucleair) radioloog of heb je juist ruime werkervaring, werk je in de academie of heb je geko-

zen voor de periferie, en/of heb je een duidelijke visie op (de toekomst van) het vak, onderwijs of onderzoek: dan zijn we op zoek naar jou!

Ben je enthousiast geworden?

Stuur je motivatiebrief en cv uiterlijk vrijdag 1 augustus 2025 naar secretaris Ruth Kaufmann (ruth.kaufmann@gmail.com), onder vermelding van redactielid MemoRad.

Horen hoe het is?

Bel eens met een van onze redactieleden om erachter te komen of de functie bij jou past. Alle vragen zijn welkom! Je kunt bellen met: Dylan Henssen (06 18 46 73 44) of Winnifred van Lankeren (06 28 22 85 09).