



KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR GENEESKUNDE VAN BELGIË

Paleis der Academiën
HERTOGSSTRAAT 1 – 1000 BRUSSEL
Tel. 02/550 23 00
E-mail: academieneeskunde@vlaanderen.be
Website: www.academieneeskunde.be

ADVIES

betreffende het opnemen van artificiële intelligentie in de academische opleidingen van gezondheidszorgverstrekkers*

1. Inleiding

De gezondheidszorg behoort tot de sectoren waar artificiële intelligentie (AI) een hele grote rol kan spelen in de toekomst [1-3]. Het kan leiden tot een bredere en diepere kennis van medische aandoeningen, een hogere diagnostische efficiëntie met grotere accuraatheid en een snellere en doeltreffende behandeling van hulpzoekende patiënten.

Het is evenwel een uitdaging om het potentieel van AI-toepassingen in de klinische praktijk om te zetten. De kloof tussen een geslaagde “proof-of-concept” toepassing en het bewijzen van de reële meerwaarde van AI voor de patiënt en/of zorgteam is immers groot. Ook de integratie van AI in bestaande softwaretoepassingen, zoals het elektronisch patiëntendossier is niet altijd evident. Bovendien kan AI het klinisch redeneren door gezondheidswerkers en de onzekerheid bij medische besluitvorming niet vervangen. Tenslotte moet bij het ontwikkelen en toepassen van AI in de praktijk rekening gehouden worden met ethische gevoeligheden en juridische aspecten.

De Raad van de Europese Unie heeft reeds op 18 februari 2019 conclusies aangenomen over het gecoördineerd plan voor de ontwikkeling en het gebruik van artificiële intelligentie “made in Europe” [4]. *“De Raad onderstreept in zijn conclusies hoe essentieel het is dat de ontwikkeling en het gebruik van kunstmatige intelligentie in Europa worden bevorderd door het opvoeren van de investeringen, van de excellentie in kunstmatige intelligentietechnologieën en -toepassingen en van de samenwerking tussen het bedrijfsleven en de academische wereld op het gebied van onderzoek en innovatie inzake kunstmatige intelligentie.”*

Ook de nationale raad van de Orde der Artsen belicht in een recent advies de rol van de arts bij het gebruik van big data en artificiële intelligentie [5]. *“Hij herhaalt dat medische gegevens die de bron vormen van deze big data verkregen zijn binnen de arts-patiëntrelatie, die een vertrouwensrelatie bij uitstek is. Aan dit vertrouwen moet in de opeenvolgende stappen van verwerking voldoende aandacht geschonken worden door een heldere informatieverschaffing en het voorzien in een patiëntenparticipatie. De concepten “broad consent” en “governance structure” onderstrepen niet alleen de deontologische beginselen van transparantie en betrokkenheid van patiënten, maar zorgen voor een duurzaam evenwicht tussen het respect voor de persoonlijke levenssfeer en de mogelijkheid om aan wetenschappelijk onderzoek te kunnen doen.”*

De vraag wordt gesteld, of onze faculteiten klaar zijn om nieuwe opleidingsonderdelen rond AI op te nemen in de opleiding van de studenten tot gezondheidswerkers (arts, tandarts, apotheker, dierenarts, kinesitherapeut, verpleegkundige en andere verwante zorgprofessionals). Welke voorkennis is vereist en welke vaardigheden

* Het advies werd voorbereid door de vaste commissie onderwijs in de biomedische disciplines, samengesteld uit Karel Allegaert, Rik Casteels, Dominique Declerck, Aart de Kruif, Ingrid De Meester, Joke Denekens, Stefaan De Smedt, Rik Gosselink, Kurt Houf, Geneviève Laureys, Wim Stevens, Paul Van Cauwenberge, Kristiane Van Lierde, Dirk Van Raemdonck (voorzitter), Paul Van Schil, evenals Brigitte Velkeniers (voorzitter KAGB) en Peter Bols (algemeen secretaris KAGB), bijgestaan door Academieleden Stefaan Callens, Johan Decruyenaere, Sigrid Sterckx, Marc Van Hulle, Thierry Vanswevelt en externe experts Nicolas Degryse, Maarten Falter, Lies Lahousse, Kris Laukens en Guy Nagels. De Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België keurde het advies goed op zaterdag 24 april 2021.

moeten de studenten bezitten om deze nieuwe vorm van diagnostische en therapeutische ondersteuning te begrijpen en deze toe te passen in hun latere dagdagelijkse klinische praktijk?

2. Probleemstelling

De vereiste kennis, vaardigheden en attitudes, nodig bij het kwaliteitsvol uitoefenen van een gezondheidszorgberoep nemen alsmaar toe. Hierdoor zijn vele curricula van de bachelor- en masteropleidingen in de verschillende biomedische disciplines reeds overladen. De vraag om nieuwe diagnostische en therapeutische mogelijkheden op te nemen in deze curricula zet de opleidingsverantwoordelijken binnen onze faculteiten voor een grote uitdaging. Deze druk wordt het meest gevoeld in de opleiding tot basisarts waarvan de studieduur reeds met 1 jaar werd ingekort van een zevenjarig naar een zesjarig curriculum bij wet van 12 mei 2011 (*Belgisch Staatsblad* van 8 juni 2011) in het kader van de Verklaring van Bologna van 19 juni 1999 om te komen tot een Europese Ruimte voor Hoger Onderwijs.

Het integreren van een nieuw opleidingsonderdeel rond AI zal dan ook een discussie op gang brengen hoe deze inhoud het best kan aangeboden worden aan onze studenten en welke andere opleidingsonderdelen hiervoor eventueel inhoudelijk moeten beperkt worden of door middel van een andere leervorm worden aangeboden.

3. Doelstellingen

De doelstellingen van dit advies zijn viervoudig:

- *het aanreiken van een leidraad aan de verantwoordelijken van de faculteiten voor de implementatie van opleidingsonderdelen rond AI in het onderwijs van gezondheidswerkers;*
- *het verduidelijken van de vereiste vaardigheden en attitudes die nodig zijn om big data te vertalen naar precisiegeneeskunde en zorgverlening;*
- *het kaderen van ethische gevoeligheden en juridische aspecten bij het gebruik van AI in de uitoefening van het beroep door gevestigde zorgverleners;*
- *het bewust maken bij studenten in de biomedische disciplines van de diagnostische en therapeutische mogelijkheden en beperkingen van AI.*

4. State of the Art betreffende het uitrollen van AI in het onderwijs en in de zorgverlening

Op initiatief van de Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België werden verschillende vragen rond het uitrollen van AI in het onderwijs en in de zorgverlening voorgelegd aan experts tijdens een symposium, gehouden op zaterdag 28 november 2020.

Een samenvatting van deze ‘State of the Art’ voordrachten en het aansluitend debat volgt hierna:

4.1. AI integreren in het curriculum: een medische of technische benadering? (Guy Nagels)

Bij de integratie van AI in het curriculum gebruiken we best een interdisciplinaire benadering. Vanuit een goede technische kennis kan aan de studenten uitgelegd worden dat er niet altijd scherpe grenzen af te lijnen zijn tussen de klassieke “evidence-based practice” en AI. Bijvoorbeeld: het best gekende deel van AI is “machine learning”, en dat kunnen we zien als een uitbreiding van statistiek met voornamelijk, maar niet uitsluitend, niet-lineaire technieken. Hier zitten we op het terrein van “data science”. Een modieuze term uit dat domein is “deep learning”, wat gebaseerd is op artificiële neurale netwerken, dus een biologisch geïnspireerde aanpak van een uiteindelijk zeer technisch model.

In een ander subdomein van AI wordt gewerkt met bewerkingen op symbolen (niet-numerieke dataverwerking), en met regel-gebaseerde expertsystemen. Dit deel van AI is gegroeid vanuit een computerwetenschappelijke benadering van het bouwen van een kunstmatig intelligent systeem. Vroege pogingen daartoe werden decennia geleden al gebouwd om artsen te helpen in het selecteren van gepaste antibiotica bij infecties. Deze zogenaamde expertsystemen waren een formalisatie van regels die klinici vanuit hun studies en praktijk hadden opgebouwd.

Het besef van het bestaan van deze verschillende raakvlakken tussen AI en geneeskunde kan onze studenten helpen om de technieken beter te plaatsen en om nieuwe vraagstukken aan te brengen waarop AI-onderzoek een antwoord zou kunnen bieden. Een basis-technische kennis kan studenten ook helpen om te begrijpen dat AI niet altijd een beter antwoord geeft dan “clinical common sense”, zoals collega Jeroen Van Schependom aantoonde op een dataset over metabool syndroom in schizofrenie [6]. Dit illustreert dat, zoals we nu van onze studenten verwachten dat ze een artikel over een gerandomiseerde klinische studie kritisch kunnen analyseren, we in de

toekomst zullen verwachten dat ze kritisch kunnen nadenken over de methoden die in biomedische AI papers gebruikt werden om bijvoorbeeld “overfitting” (of modelleren van ruis) tegen te gaan, en dat ze ook de impact van andere methodologische keuzes kunnen afwegen en bespreken.

Een praktische uitwerking van een dergelijke onderwijsmodule, gericht op het verbeteren van de inzichten in AI-technieken bij radiologie-assistenten in opleiding werd recent beschreven door Lindqwister *et al.* [7].

AI kan dus biomedisch onderzoek ondersteunen, bijvoorbeeld via “data science” en AI kan een voorwerp van studie zijn voor medische studenten, maar AI kan ook als onderwijsondersteunende techniek gebruikt worden om tijdens een practicum door analyse van de al geleverde prestaties, precies die casussen aan te bieden waar de student of assistent in opleiding het meeste van kan leren. Naar analogie met de term “precision medicine” wordt dit “precision education” genoemd [8]. Belangrijk is dat, naast het verbeteren van de eerder medisch-technische vaardigheden, ook sociale vaardigheden van de zorgverlener-in-opleiding met behulp van AI kunnen worden geëvalueerd en verbeterd [9].

In de praktijk maken studenten aan de VUB tijdens hun opleiding enerzijds kennis met AI via inleidende ex-cathedra lessen, met bijvoorbeeld sinds het academiejaar 2020-2021 een korte derde bachelor module over de impact van AI op het werken als arts. Daarnaast kunnen ze ervoor kiezen om zich meer te verdiepen en om kennis over AI toe te passen in bachelor- en masterproeven. Daarbij wordt er geprobeerd om mini-netwerken op te zetten van studenten uit de opleidingen geneeskunde, biomedische wetenschappen of farmacie enerzijds, en studenten uit de opleidingen biomedische ingenieurstechnieken of computerwetenschappen anderzijds. Naast verwerven van AI-inzichten kunnen studenten daarin ook bijleren over werken en communiceren in een interdisciplinaire omgeving. In de master-na-master opleidingen ten slotte, worden ook workshops aangeboden als keuzemodule, waarbij de studenten een beknopt protocol met toepassing van AI of “big data” kunnen ontwikkelen, en voor kritische discussie kunnen voorleggen aan docenten en medestudenten.

De keuze tussen een medische of technische benadering van AI-onderwijs in het biomedisch curriculum lost men dus best op via een interdisciplinaire aanpak, zowel op het niveau van docenten als van studenten, en dit op de verschillende niveaus van de opleiding tot arts, biomedicus, apotheker, kinesitherapeut, verpleegkundige, en bij uitbreiding ook tandarts en dierenarts.

4.2. Vereiste vaardigheden om big data te vertalen naar precisiegeneeskunde (Lies Lahousse)

Artificiële intelligentie kan helpen om in de toekomst meer en betere zorg op maat te krijgen. Zo heeft het Massachusetts Institute of Technology (MIT, Boston) de kracht van artificiële intelligentie ingezet om de hoest van COVID-19-patiënten te onderscheiden van die van een controlegroep, zelfs als patiënten asymptomatisch zijn. Het is één van de vele voorbeelden waarin AI een meerwaarde kan bieden door de kracht van patroonherkenning in grote hoeveelheden data. Het kan ook helpen om op basis van rijke omics-data, patiëntenpopulaties te stratificeren om de therapie te personaliseren. Het doel van precisiegeneeskunde is inderdaad om enkel een geneesmiddel aan te bieden aan diegenen die een positief effect zullen ervaren zonder toxisch effect, door rekening te houden met de individuele variabiliteit in genen, omgeving en levensstijl van elke persoon. Door AI toe te passen binnen omics-analyses kunnen we de kennis van ziekteprocessen vergroten en het proces van geneesmiddelenontwikkeling en “drug repurposing” verder verbeteren. Daarvoor is echter nog heel wat degelijk ontwikkeld onderzoek nodig op rijke datasets door sterk opgeleide onderzoekers.

Vooreerst zijn er klinische vaardigheden nodig om een relevante onderzoeksvraag te stellen. Vervolgens zijn er methodologische vaardigheden nodig om de studie op te zetten. Het belang van de studieopzet mag niet onderschat worden bij het onderzoeken van klinisch relevante onderzoeksvragen. De manier waarop proefpersonen worden gerekruteerd en hoe bv. biologische stalen worden verzameld, kunnen de resultaten van het onderzoek in belangrijke mate beïnvloeden en alzo bepalen of die klinisch relevante vraag überhaupt wel kan beantwoord worden. Eens de data verzameld zijn, is er terug klinisch inzicht nodig om na te gaan wat uit de data kan gehaald worden, en waarmee rekening gehouden moet worden, bv. welke “confounders” (verstorende variabelen) belangrijk zijn. Het inzetten van AI bij het analyseren van omics-data is momenteel volop gaande en vereist heel wat biostatistische vaardigheden waar niet elke zorgverlener in dezelfde mate mee in contact zal komen. Echter aan het creëren van kwaliteitsvolle data voor dit soort onderzoek kan elke zorgverlener bijdragen omdat het in belangrijke mate zal bepalen hoe bruikbaar AI wordt in de gezondheidszorg. “Veel” data is namelijk niet automatisch “rijke” data. Bijgevolg hangen de prestaties en de bruikbaarheid van AI-algoritmes af van de kwaliteit en relevantie van de data waarop algoritmes worden getraind [10]. AI wordt getraind op het meest voorkomende en de resulterende algoritmen werken bijgevolg slecht voor nieuwe zeldzame of “onlogische” situaties. Hierbij is het belangrijk te beseffen dat AI (historische) bias in data net versterkt en zo

bestaande discriminatie nog kan vergroten. Omdat AI sterk afhankelijk is van goed gedefinieerde input of output, zijn een correcte oormerking en harmonisatie van data cruciaal. AI leest niet tussen de lijnen en heeft ook geen buikgevoel of inzicht, wat een gestandaardiseerde en gedetailleerde duiding noodzakelijk maakt, alsook de nood aan transparantie en correcte rapportering versterkt.

Als we deze cruciale eigenschappen van AI vertalen naar noodzakelijke opleidingsvaardigheden, moeten we besluiten dat heel wat bestaande opleidingsonderdelen onontbeerlijk blijven, maar verder verrijkt kunnen worden. Medische kennis vormt namelijk de basis voor het klinisch redeneren en kunnen fenotyperen om AI toe te passen binnen precisiegeneeskunde. Die achtergrond is ook nodig als AI-onderzoeker om klinisch relevante vragen te stellen. Daarnaast blijft training in “evidence-based practice” belangrijk omdat AI meer informatie (idealiter evidentie) kan aanleveren, maar de afweging van al die informatie om te komen tot een klinische besluitvorming, rekening houdende met wat in het geval van een individuele patiënt meest waarschijnlijk is (probabilistisch redeneren), blijft een belangrijke vaardigheid.

De inkorting van de studieduur in de opleiding tot basisarts heeft ook gezorgd voor een reductie van de ervaring met datawetenschappen. Nochtans leert wetenschappelijk onderzoek bij uitstek om met onzekerheid om te gaan en na te denken over bias en “confounding”. Het leert ook het belang van een geschikte studieopzet, kwaliteitsvolle data en harmonisatie van data, en het opstellen van statistische modellen. Van alle noodzakelijke epidemiologische vaardigheden die AI vereist, is causale inferentie (namelijk het nadenken over oorzaak en gevolg) en in het bijzonder het bedenken van alternatieve scenario’s, een belangrijke vaardigheid die ontbreekt bij AI en dus nog sterker opgenomen dient te worden in het curriculum.

Om tegemoet te komen aan het gebrek aan empathie, solidariteit en verantwoordelijkheid van AI, blijft het ook belangrijk te investeren in “soft skills” (communicatieve vaardigheden en attitudes, gedeelde besluitvorming en begeleiding), in de ontwikkeling van modellen die sociale discriminatie als gevolg van historisch vooringenomen gegevens tegengaat [11] en in professionaliteit (opnemen van aansprakelijkheid).

Tot slot kan het een meerwaarde bieden om ook praktijkgerichte, interdisciplinaire stages aan te bieden bij data-experts, ingenieurs of software-ontwikkelaars,... om ook toekomstige interdisciplinaire medische experts aan te leveren die innovatie in de gezondheidszorg zullen bevorderen.

4.3. Ethische reflecties bij het opnemen van AI in het curriculum (Sigrid Sterckx)

Opdat studenten in biomedische curricula op een kritische manier zouden leren omgaan met AI-toepassingen, is het van fundamenteel belang dat zij in staat worden gesteld om niet alleen het potentieel van AI in de context van gezondheidszorg te leren begrijpen [12, 13], maar evenzeer om de vele hypes betreffende AI en gezondheidszorg kritisch te benaderen. Een zeer beperkt aantal systematische reviews van studies hebben de diagnostische accuraatheid van *deep learning* benaderingen vergeleken met deze van medici. Hieruit blijken immers gegronde bezorgdheden te bestaan dat de hypes betreffende *machine learning* ertoe zouden kunnen leiden dat modellen van onvoldoende kwaliteit zouden worden geïmplementeerd door medici die onvoldoende in staat zijn om die ontoereikende kwaliteit vast te stellen, met alle mogelijke gevolgen voor patiënten [10].

Om dit soort scenario’s te vermijden is het belangrijk dat studenten in biomedische curricula eerst en vooral enig inzicht verwerven in de historische ontwikkeling van AI, in het bijzonder het debat betreffende “brede” versus “smalle” AI [14-16].

Ook het belang van inzicht verwerven in de cognitief-psychologische en moraal-psychologische aspecten kan niet worden overschat, gezien de sterke effecten van zogenaamde “automation bias” bij beroepsbeoefenaars [17] en het wantrouwen van patiënten ten aanzien van computers (meer bepaald op algoritmen gebaseerde “clinical decision support systems”) in vergelijking met hun vertrouwen in artsen [18], alsook de talrijke complexe vraagstukken betreffende de percepties die artsen hebben van hun eigen ethische verantwoordelijkheid voor beslissingen en handelingen wanneer er mogelijkheden bestaan om die verantwoordelijkheid te delegeren naar derden (bv. AI-systemen) [19].

Een van de belangrijkste opdrachten bij de actualisering van de biomedische curricula bestaat erin studenten bewust te maken van het feit dat, ook al wekt AI (hype) de indruk dat medische besluitvorming steeds robuuster zal worden en quasi-perfecte niveaus van accuraatheid van besluitvorming mogelijk zal maken, men moet beseffen dat onzekerheid altijd een karakteristieke eigenschap van geneeskunde zal blijven [20]. Het leren erkennen van en leren omgaan met onzekerheid, zijn dan ook complexe en multidimensionale vaardigheden die, naarmate steeds meer AI toepassingen zullen worden uitgerold in de gezondheidszorg, steeds crucialer zullen

worden voor studenten. Dit is niet alleen relevant voor de inhoudelijke vormgeving van de curricula, maar ook voor de door lesgevers en stagebegeleiders gebruikte beoordelingsmethodieken [20].

4.4. Juridische aspecten bij het gebruik van AI in de uitoefening van het gezondheidszorgberoep (Stefaan Callens - Thierry Vansweevelt)

De beroepsbeoefenaar in de gezondheidszorg moet kunnen terugvallen op een juridisch kader dat hem/haar voldoende rechtszekerheid biedt. Via onderwijs en levenslange navorming krijgt de beroepsbeoefenaar inzicht in dat juridisch kader. Zo is het van belang dat beroepsbeoefenaars die AI toepassen er zeker van zijn dat die toepassingen conform zijn met de *wetgeving inzake medische hulpmiddelen*.

Indien zorgverleners meewerken aan de ontwikkeling van AI-systemen zijn zij producent en dreigt een mogelijke aansprakelijkheid als producent op grond van de Wet Productenaansprakelijkheid. Zijn zij bij de verwerking van persoonsgegevens betrokken, dan is het van belang dat de inzameling van data die voor AI gebruikt wordt conform de *Algemene Verordening Gezondheidsgegevens* plaatsvindt.

Zorgverleners die AI toepassen moeten *zorgvuldig handelen*. *Transparantie* naar de patiënt over AI is daarbij van belang. Vraag zal zijn of van zorgverleners kan worden verwacht dat zij gebruik maken van AI indien het nog niet duidelijk is hoe en/of waarom AI en digitale technologie tot een bepaald resultaat komen. Hier is de vraag tot welk moment de toepassing van AI zich nog in een experimenteel stadium bevindt en de Wet Experimenten toepasselijk is, en vanaf welk moment van een beroepsbeoefenaar verwacht wordt AI als standaard te gebruiken.

Een debat is nodig over de vraag of de producent van AI *objectief aansprakelijk* moet worden gesteld voor gebreken in de AI-toepassing zolang de producent controle heeft over updates of upgrades van de toepassing [21]. De vraag zal ook moeten worden gesteld, of er geen gebruik kan worden gemaakt van een overheidstussenkomst via een *compensatiefonds* voor schade als gevolg van AI [22]. In elk geval zal elke beroepsbeoefenaar die AI gebruikt nu al moeten nagaan of het gebruik van AI wel gedekt is door zijn aansprakelijkheidsverzekering.

4.5. Maatschappelijke impact van het gebruik van AI in de gezondheidszorg (Marc Van Hulle - Johan Decruyenaere - Kris Laukens)

De wijze waarop AI-toepassingen in de gezondheidszorg worden ingevoerd, van mobiele app tot klinische software, beïnvloedt de relatie tussen zorgverlener en patiënt. Blind vertrouwen in AI-toepassingen moet vermeden worden. Alvorens AI-toepassingen te introduceren in de routine dagdagelijkse praktijk, moeten eerst klinische, en liefst gerandomiseerde, studies gebeuren om de voordelen (zoals vroegere diagnose, betere preventie) en nadelen (zoals gemiste diagnoses, onterechte diagnoses) nauwgezet te evalueren volgens een state-of-the-art methodologie (cfr SPIRIT-AI en CONSORT-AI guidelines) [23, 24]. Bij elke AI-technologie dient de maatschappelijke impact getoetst te worden aan de hand van breed gedragen criteria.

4.6. Visie van studenten in biomedische opleidingen over integratie van AI in het curriculum (Nicolas Degryse - Maarten Falter)

De verenigingen van assistenten (VASO) en studenten (VGSO) geneeskunde staan algemeen positief ten opzichte van een implementatie van AI in het curriculum van de basisopleiding en de master na master specialistische geneeskunde. Een nieuwe toepassing binnen de medische praktijk dient logischerwijze gevolgd te worden door educatie over deze toepassing in het curriculum.

Een trapsgewijze benadering, zoals uiteengezet door prof. Guy Nagels en zoals beschreven door McCoy *et al.* in het artikel “What do medical students actually need to know about artificial intelligence?”, lijkt hierbij een goede benadering [25].

Een concrete mogelijkheid lijkt de volgende:

- Binnen de algemene opleiding van iedere toekomstige gezondheidswerker, en doorheen de hele opleiding, een basisachtergrond over AI voorzien. Die achtergrond houdt (bepaalde) technische aspecten in, maar ook zeker de ethische moeilijkheden die zich voordoen (data security, black box beslissingen, etc.). Vakspecifieke toepassingen kunnen uitgelegd worden binnen de desbetreffende vakken (toepassingen binnen cardiologie binnen het vak cardiologie, etc.).

- Voor geïnteresseerde studenten kan gedacht worden aan een bijkomende verdieping binnen een extra opleidingsonderdeel of keuze-opleiding. Hierbij zou wél technischer gewerkt kunnen worden: programmeren van AI, mogelijk met concrete probleemstellingen die een oplossing vragen. Dit kan gelijkaardig, maar mogelijk minder uitgebreid, zijn aan de huidige vakken statistiek die reeds gedoceerd worden.
- In het debat werd ook gesproken over de optie om binnen bachelor- en/of masterproeven de mogelijkheid te bieden om richting- en/of faculteitsoverschrijdend te werken zodat interprofessionele topics van masterproeven met implementatie van AI kunnen worden uitgewerkt. Aldus kunnen projecten uitgewerkt worden waarbij medische problemen via AI dienen opgelost te worden en waar kan worden samengewerkt met studenten/assistenten in opleiding tot een gezondheidszorgberoep, biomedische wetenschappen en studenten uit de richtingen IT, statistiek of ingenieurswetenschappen met kennis van data sciences.
- Vanuit VGSO werd aangehaald dat dergelijke samenwerkingen reeds worden georganiseerd onder de vorm van Hackatons, momenteel georganiseerd door de vereniging Junior Orsi.

5. Aanbevelingen

Het programma van de opleidingen in de biomedische wetenschappen is erop gericht om de medische en technologische know-how toe te passen om innovatieve en kwalitatief hoogstaande zorg te verstrekken aan de hulpbehoevende patiënt. In een context van globalisering met toenemende complexiteit maakt technologische innovatie een duurzame verbetering van levenskwaliteit en een humanisering van arts-patiëntenrelatie met meer individuele tijd mogelijk [26]. Dit kan enkel gerealiseerd worden door een multidisciplinaire aanpak samen met de ingenieurswetenschappen.

De Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België formuleert de volgende aanbevelingen aan de regulerende overheid en de betrokken faculteiten voor het implementeren van AI als onderdeel in de verschillende biomedische opleidingen:

- 1) Verplichte opname van AI in de lijst van **opleidingsspecifieke leerresultaten** in alle gezondheidszorgopleidingen aan de hogeronderwijsinstellingen.
- 2) Het opnemen van een specifiek **opleidingsonderdeel rond het gebruik van AI** in alle biomedische curricula met het beklemtonen van de mogelijkheden en beperkingen evenals de vereiste vaardigheden en attitudes van en de ethische en juridische aspecten voor de zorgverlener.
- 3) Het integreren van **specifieke toepassingen van AI** in bestaande opleidingsonderdelen, in het bijzonder het gebruik maken van complexe systemen voor klinische beoordeling, diagnose en gepersonaliseerde behandeling op basis van gegevensanalyse, het gebruik van nieuwe materialen en geavanceerde apparatuur (bv. 3D-printing).
- 4) Het stimuleren van **interdisciplinaire samenwerking en opleiding rond AI** tussen biomedische en ingenieursfaculteiten.
- 5) Het bevorderen van **interactieve methodes**: onderzoekend leren, probleemoplossing, casusgerichte en competentiegerichte portfolio's om te zorgen voor een sterke integratie tussen de theoretische concepten en de praktijk.
- 6) Het treffen van ondersteunende maatregelen om kwaliteitsvolle **vaardigheidstrainingen rond het gebruik van AI** te organiseren.
- 7) Het ondersteunen van nieuwe initiatieven die **het correct gebruik van AI** in de praktijk door de verschillende zorgverleners bevorderen.
- 8) Het bevorderen van **wetenschappelijk onderzoek** en methodologische vaardigheden rond het gebruik van AI in de zorgverlening en biomedisch onderzoek.
- 9) Het faciliteren van een **breed maatschappelijk debat rond het gebruik van AI** in de gezondheidszorg.

6. Besluit

Dit advies van de Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België beoogt de kwaliteit van het onderwijs in de biomedische opleidingen te verbeteren door de integratie van artificiële intelligentie **in het curriculum** van de gezondheidszorgverstrekkers en het correct en verantwoord gebruik van artificiële intelligentie **in de gezondheidszorg**.

Literatuurlijst

1. Kulikowski CA. Beginnings of Artificial Intelligence in Medicine (AIM): Computational Artifice Assisting Scientific Inquiry and Clinical Art - with Reflections on Present AIM Challenges. *Yearb Med Inform.* 2019;28(1):249-256.
2. Shortliffe EH. Artificial Intelligence in Medicine: Weighing the Accomplishments, Hype, and Promise. *Yearb Med Inform.* 2019;28(1):257-262.
3. Bernard Nordlinger & Cedric Villani. Santé et intelligence artificielle. CRNS éditions. 18 Octobre 2018.
4. Persmededelingen van de Europese raad. Europees gecoördineerd plan inzake kunstmatige intelligentie <https://www.consilium.europa.eu/nl/press/press-releases/2019/02/18/european-coordinated-plan-on-artificial-intelligence/>
5. Orde der Artsen. Deontologische aspecten van het gebruik van Big Data en Artificiële Intelligentie voor biomedisch onderzoek. https://ordomedic.be/nl/adviezen/telematica/telematica/deontologische-aspecten-van-het-gebruik-van-big-data-en-artifici%C3%ABle-intelligentie-voor-biomedisch-onderzoek#_ftn1
6. Van Schependom J, Yu W, Gielen J, Laton J, De Keyser J, De Hert M, Nagels G. Do advanced statistical techniques really help in the diagnosis of the metabolic syndrome in patients treated with second-generation antipsychotics? *J Clin Psychiatry.* 2015;76(10):e1292-9. doi: 10.4088/JCP.14m09367.
7. Lindqwister AL, Hassanpour S, Lewis PJ, Sin JM. AI-RADS: An Artificial Intelligence Curriculum for Residents. *Acad Radiol.* 2020:S1076-6332(20)30556-0. doi: 10.1016/j.acra.2020.09.017.
8. Duong MT, Rauschecker AM, Rudie JD, Chen PH, Cook TS, Bryan RN, Mohan S. Artificial intelligence for precision education in radiology. *Br J Radiol.* 2019;92(1103):20190389.
9. Ryan P, Luz S, Albert P, Vogel C, Normand C, Elwyn G. Using artificial intelligence to assess clinicians' communication skills. *BMJ.* 2019;364:l161.
10. Wilkinson J, Arnold KF, Murray EJ, van Smeden M, Carr K, Sippy R, de Kamps M, Beam A, Konigorski S, Lippert C, Gilthorpe MS, Tennant PWG. Time to reality check the promises of machine learning-powered precision medicine. *Lancet Digit Health.* 2020 Dec;2(12):e677-e680.
11. Prospero M, Guo Y, Sperrin M. et al. Causal inference and counterfactual prediction in machine learning for actionable healthcare. *Nat Mach Intell.* 2020;2:369–375.
12. Van Biesen W, Veys N, Decruyenaere J, Peleman R, Sterckx S. Hoe artificiële intelligentie, digitalisering en big data ons kunnen helpen bij verantwoordbare zorg. *Tijdschrift voor Geneeskunde en Gezondheidszorg* 2020;77(2):108-121.
13. Van Biesen W, Vanderstraeten C, Sterckx S, Steen J, Diependaele L, Decruyenaere J. The concept of Justifiable Healthcare and how big data can help us to achieve it. *BMC Med Inform Decis Mak* 2021;21(1):87.
14. Marcus G, Davis E. Rebooting AI – Building Artificial Intelligence we can Trust. New York: Vintage Books 2019.
15. Wooldridge. The Road to Conscious Machines – The Story of A.I. Milton Keynes: Pelican 2020.
16. Cabitza F, et al. A giant with feet of clay: On the validity of the data that feed machine learning in medicine. In: Cabitza F, Magni M, Batini C. (eds.) Organizing for the Digital World - Lecture Notes in Information Systems and Organisation (chap. 2), pp. 113–128. Springer 2018.
17. Goddard K, Roudsari A, Wyatt JC. Automation bias: A systematic review of frequency, effect mediators, and mitigators. *J Am Med Inform Assoc* 2012;19(1):121-127.
18. Promberger M, Baron J. Do patients trust computers? *J Behav Decis Mak* 2006;19(5):455-468.
19. Bandura A. Selective moral disengagement in the exercise of moral agency. *J Mor Edu* 2002;31(2):101-119.
20. Simpkin AL, Schwartzstein RM. Tolerating uncertainty – The next medical revolution? *N Engl J Med* 2016;375(18):1713-1715.
21. Expert Group on Liability for new technologies. Liability for Artificial Intelligence and other emerging digital technologies, European Union, 2019, p. 6.
22. Lohsse S, Schulze R, Staudenmayer D. Liability for Artificial Intelligence. In: Liability for Artificial Intelligence and the Internet of Things, Lohsse S, Schulze R, Staudenmayer D (eds), p. 14.
23. Cruz Rivera S, Liu X, Chan AW, et al. Guidelines for clinical trial protocols for interventions involving artificial intelligence: the SPIRIT-AI extension. *Nat Med.* 2020;26:1351-1363.
24. Liu X, Cruz Rivera S, Moher D, et al. Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. *Nat Med.* 2020;26:1364-1374.
25. McCoy LG, Nagaraj S, Morgado F, Harish V, Das S, Celi LA. McCoy LG, et al. What do medical students actually need to know about artificial intelligence? *NPJ Digit Med.* 2020;19;3(1):86.
26. Topol E. Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. Basic Books. Hachette Book Group, New York, NY. ISBN 9781541644632