



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION



Maastricht University

School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de
gezondheidswetenschappen

Masterthesis

Toepassing van innovatieve 3D visualisatie bij embryologie voor vroedkunde studenten

Hendrika Brussaard

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de gezondheidswetenschappen

PROMOTOR :

Prof. dr. Anouk AGTEN

COPROMOTOR :

Frederik HOUBEN

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt

Campus Hasselt:

Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt

Campus Diepenbeek:

Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2024
2025



Maastricht University

School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de
gezondheidswetenschappen

Masterthesis

Toepassing van innovatieve 3D visualisatie bij embryologie voor vroedkunde studenten

Hendrika Brussaard

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de gezondheidswetenschappen

PROMOTOR :

Prof. dr. Anouk AGTEN

COPROMOTOR :

Frederik HOUBEN

Toepassing van innovatieve 3D visualisatie bij embryologie voor vroedkunde studenten

Atella V^{1*}, Brussaard H^{1*}, De Schrijver J^{1*}, Vanormelingen J^{1*}, Houben F², Agten A³

¹Master student Educatieve Masteropleiding, Universiteit Hasselt, Agoralaan, gebouw D, 3590 Diepenbeek, België

²Lector, PXL-Healthcare, Hogeschool PXL, Guffenslaan, B-3500 Hasselt, België

³U-RISE onderzoeksgroep, School voor Educatieve Studies, Universiteit Hasselt, Agoralaan, gebouw D, 3590 Diepenbeek, België

** alle auteurs leverden een gelijke bijdrage*

ABSTRACT

Embryologie dient als basis voor de specifieke anatomie bij verschillende (para)medische opleidingen, waaronder ook de opleiding vroedkunde. Het visualiseren van de opeenvolging van dynamische embryonale ontwikkelingen wordt als moeilijk ervaren, aangezien deze processen ook in de vierde dimensie van tijd verlopen. Het hedendaagse onderwijs kent verschillende uitdagingen, zoals: lage interactie en activatie, hoge cognitieve belasting, en een perceptie van lage relevantie. In de afgelopen 10 jaar zijn 3D-visualisatietechnieken steeds populairder geworden binnen het embryologieonderwijs. Dit onderzoek heeft dan ook als doel het ontwerpen van een innovatieve, activerende onderwijsvorm via 3D-visualisatie en het effect ervan op de leerervaring en leeruitkomsten te onderzoeken. Er werd een verkennend mixed-method, interventioneel effectonderzoek uitgevoerd aan de hand van kwantitatieve bevraging gericht op de leeruitkomsten en een kwantitatieve & kwalitatieve bevraging gericht op de leerervaring. De resultaten geven geen uitsluitsel over het effect op de leeruitkomsten. De mogelijke oorzaken hiervoor zijn de kleine steekproefgrootte en de afwezigheid van een controlegroep, waardoor een statistische analyse ook onmogelijk is. De resultaten tonen wel aan dat de leerervaring positief wordt beïnvloed. De participanten gaven aan de workshop als interessant, leerrijk en nuttig te ervaren. De 3D-tool werd als een nuttige aanvulling ervaren op de theorieles. De participanten ervaren een hoge graad van autonomie, veel keuzevrijheid, weinig spanning, en weinig stress. Ook komt naar voren dat het interactieve aspect van de 3D-visualisatie de interesse en het kritisch denken stimuleert en ook complementair aansluit bij de inhoud van het hoorcollege. Hoewel deze bevindingen positief zijn, kunnen ze niet veralgemeend worden voor de volledige doelpopulatie, gezien de kleine steekproefgrootte. Toekomstig grootschalig onderzoek zal zich verder moeten richten op de didactische meerwaarde van 3D-visualisatie en haar effect op de leeruitkomsten en leerervaringen.

1. LITERATUURSTUDIE & PROBLEEMSTELLING

1.1 Introductie

Embryologie is een basisvak, niet alleen binnen het curriculum van de geneeskundeopleiding, maar dient als basis voor het begrip van de specifieke anatomie bij verschillende (para)medische opleidingen, waaronder ook de opleiding vroedkunde (Abdel Meguid et al., 2022; Guilherme Guedert et al., 2022; Hadie et al., 2024). De complexe prenatale ligging, en ontwikkeling van de organen vereisen

kennis van embryogenese. Deze is essentieel voor het begrip van de ontstaanswijze van aangeboren afwijkingen (Chekrouni et al., 2020; Hadie et al., 2024). Het visualiseren van de opeenvolging van dynamische gebeurtenissen in de embryonale ontwikkeling wordt door de studenten als moeilijk ervaren, aangezien deze processen niet enkel in drie dimensies verlopen, maar ook in de vierde dimensie van tijd (Abdel Meguid et al., 2022; Chekrouni et al., 2020; de Bakker et al., 2016; Hadie et al., 2024). Embryonale structuren die op een bepaald moment

worden waargenomen, zullen in morfologie veranderen, differentiëren tot nieuwe embryonale structuren, of degenereren en verdwijnen. Ruimtelijk inzicht is essentieel om deze embryonale processen te begrijpen, wat vaak een additionele cognitieve belasting vormt voor de student boven op de temporele veranderingen en de bijhorende wijzigingen in terminologie (Abdel Meguid et al., 2022).

In dit artikel wordt een overzicht geboden van de uitdagingen die zich voordoen binnen het embryologieonderwijs, evenals de studiemethoden die kunnen bijdragen aan het verbeteren van zowel de leeruitkomsten als de leerervaring. Opvallend is dat bij diverse systematische zoekacties in toonaangevende elektronische databanken zoals Web of Science, PubMed, Google scholar en ERIC, geen relevante publicaties werden gevonden over het onderwijs in embryologie binnen de opleiding vroedkunde (Zie Bijlage 1: Literatuur zoekplan). De beschikbare literatuur blijkt zich dus vrijwel exclusief te richten op eerstejaarsstudenten in de opleiding Geneeskunde.

1.2 Uitdagingen van het embryologieonderwijs

Het hedendaagse onderwijs kent verschillende uitdagingen bij het overbrengen van de complexe vierdimensionale embryonale ontwikkeling aan de studenten. Zo vindt het conventionele embryologieonderwijs (bij geneeskundestudenten) eerst en vooral plaats in te grote groepen, zodat er weinig ruimte is voor interactie en activatie van de student (Abdel Meguid et al., 2022; Mathew et al., 2024). De oorzaak hiervan is de beperkte ruimte binnen het curriculum als gevolg van de toenemende concurrentie met andere opleidingsonderdelen. Het resulterende laag aantal contacturen verergert de lage graad van activatie en kan resulteren in een gebrek aan diepgang of in een behandeling van slechts een gedeelte van de relevante leerstof (Abdel Meguid et

al., 2022; Hadie et al., 2024; Mathew et al., 2024; Moxham et al., 2017). Alternatief zou het embryologieonderwijs georganiseerd kunnen worden aan de hand van probleem-georiënteerd onderwijs (PGO), casus gerelateerd onderwijs (CGO), of team-gebaseerd leren (TBL) om groepsgrootte te verkleinen. Helaas, staan deze werkvormen vaak onder druk als er planningsproblemen in tijd en ruimte optreden (Aversi-Ferreira et al., 2012; Guilherme Guedert et al., 2022; Hadie et al., 2024).

De tweede didactische uitdaging is de hoge cognitieve belasting als gevolg van het vereiste ruimtelijk inzicht (Abdel Meguid et al., 2022). Tijdens cognitieve belasting zal een student nieuwe kennis verwerken als er geen overbelasting optreedt. Daarom moet de totale cognitieve belasting, de opslag- en verwerkingscapaciteit van het werkgeheugen niet overstijgen (Paas et al., 2003; Young et al., 2014). Volgens de cognitieve belastingtheorie worden er 3 typen cognitieve belasting onderscheiden: 1) De intrinsieke belasting, afhankelijk van de voorkennis van de lerende & de complexiteit van nieuwe informatie en instructie (Sweller, 2010). Naarmate de lerende over meer voorkennis beschikt, zal de intrinsieke belasting afnemen. Tegengesteld zal de intrinsieke belasting toenemen naarmate complexiteit van enerzijds de leerinhoud en anderzijds instructies toeneemt. 2) De externe belasting, afhankelijk van de aangeboden leermethoden en hoe sterk deze afgestemd zijn op de leervoorkeur van de lerende (Sweller, 2010). Naarmate de aangeboden leermethode overeenstemt met de leervoorkeur, zal de extrinsieke belasting afnemen en vice versa. 3) De germane belasting, afhankelijk van de mentale inspanning die nodig is om informatie te begrijpen, te integreren met bestaande voorkennis, te structureren en op te slaan in het langetermijngeheugen (Paas et al., 2003; Sweller, 2010).

Het is enerzijds dus van belang om het werkgeheugen optimaal intrinsiek te

belasten met inhoudelijke kennis, rekening houdend met de bestaande voorkennis (Surma et al., 2019). Dit impliceert dat de aangeboden leerstof qua moeilijkheidsgraad en omvang aansluit bij het cognitieve niveau van de doelgroep, zodat overbelasting wordt vermeden. Anderzijds moet de externe belasting zo laag mogelijk gehouden worden zodat er cognitieve capaciteit in het werkgeheugen aanwezig is voor het ontwikkelen van mentale schema's. Deze schema's moeten in het bijzonder gericht worden op de twee voornaamste uitdagingen van de embryologie: het ruimtelijk inzicht en de temporele dynamische veranderingen in het embryo (Marsh et al., 2008). Een dergelijke benadering kan via verschillende strategieën worden bereikt. Zo kan de leerinhoud dual aangeboden worden door audio- en visuele informatie te combineren. Deze multimodale aanpak bevordert de informatieverwerking en draagt bij aan een efficiëntere inzet van de germane belasting (Paas et al., 2003; Sweller, 2010). Anderzijds kan de leerinhoud gestructureerd worden in een elektronisch leerpad volgens het principe van 'blended learning' (Abdel Meguid et al., 2022) waarbij de student autonomie verkrijgt over zijn eigen studieproces, wat de betrokkenheid verhoogt (Laevers, 2000).

De derde uitdaging is de lage aandacht voor embryologie in het curriculum (Drake et al., 2002), waardoor embryologie ook vaak als niet relevant en oninteressant wordt beschouwd (Abdel Meguid et al., 2022; Moxham et al., 2017). Als de relevantie van de leerinhoud niet duidelijk is voor de student, kan de betrokkenheid en de motivatie dalen (Sousa, 2016). Onderzoek toont echter wel aan dat veel studenten toch wel het belang van opname van embryologie in het curriculum inzagen, maar niet tevreden waren over de wijze waarop dit vak onderwezen werd (Hamilton & Carachi, 2014). Daarom zijn het verhogen van de klinische relevantie en het verbeteren van

de leerervaring twee belangrijke elementen waarin het embryologieonderwijs moet evolueren (Abdel Meguid et al., 2022; Chekrouni et al., 2020; Hadie et al., 2024).

Een van de belangrijke elementen die de leerervaring en relevantie van het embryologieonderwijs limiteert is het blijvende en wijdverspreide gebruik van tweedimensionale diagrammen of foetale echografiebeelden. Deze aanpak wordt beperkt door onvolledige of onvoldoende visualisatie en gebrek aan interactiviteit (Abdel Meguid et al., 2022; Chekrouni et al., 2020; Hadie et al., 2024). 3D-visualisatie is essentieel voor een volledig begrip van de embryologie (Chekrouni et al., 2020). Omwille van deze behoefte om embryologische concepten in 3D te zien zouden studenten hun toevlucht kunnen zoeken op YouTube of Google om embryologische informatie te vinden. Echter deze zijn vaak eerder voor het brede publiek bestemd, en er zijn bovendien twijfels over de betrouwbaarheid en de didactische waarde van deze platforms (Mathew et al., 2024). In de paragraaf 1.3 wordt hier dieper op ingegaan. Hoewel het dus aangewezen is om 3D-visualisatie sterker te integreren in het embryologieonderwijs blijft er helaas ook nog steeds een hoge financiële barrière voor vele van de commercieel beschikbare visualisatie programma's en modellen (Hadie et al., 2024).

1.3 Methodieken voor visualisatie

In de afgelopen 10 jaar zijn 3D-visualisatietechnieken zoals 3D-print modellen, animaties, virtual reality (VR), en monoscopische 3D-visualisaties steeds populairder geworden (Abdel Meguid et al., 2022; Venkatesan et al., 2021). Fysieke 3D-print modellen verhogen het ruimtelijk inzicht, zeker als deze voorzien zijn van een kleurcodering zodat dynamische processen in een reeks van deze modellen in de juiste volgtijdelijkheid behulpzaam kunnen zijn bij de opbouw van mentale schema's. Deze methode om ruimtelijk inzicht te

bevorderen is echter duur (Plunkett et al., 2019).

Animaties kunnen ook het ruimtelijk begrip in de tijd verbeteren in de embryologie. Hoewel een leerpad met multimedia aan deze behoefte tegemoet kan komen, blijkt toch dat het overgrote deel van de studenten zelfstandig opzoek gaat op YouTube of Google. In een studie (Holland & Pawlikowska, 2019) bleek 68% van de ondervraagde studenten zelf hun animaties via het YouTube kanaal te halen, 13% via nog een ander kanaal en slechts 13% de aangeboden leerinhouden in het leerpad te volgen. Dit leerpad bestond uit door de docent gecreëerde websites, videos, animaties, etc. om de specifieke lesdoelen te behalen, en de kwaliteit van het lesmateriaal te waarborgen. Het grootste deel van de bevraagde studenten zoekt dus zelf lesmateriaal. Het gevolg hiervan is filterfalen, waarbij de student zich verliest in video's of animaties bedoeld voor het grote publiek (Mathew et al., 2024). Daarnaast is de herkomst en kwaliteit vaak niet altijd duidelijk. Het onderzoek van Mathew et al. onderzocht 1200 video's op het onderwerp cardiale embryologie, waarbij na toepassing van exclusiecriteria er 121 als nuttig beoordeeld werden. Het is dan ook absoluut noodzakelijk om de studenten voor de wildgroei van animaties op het internet te waarschuwen en ze te leiden naar nuttige bronnen (Mathew et al., 2024).

Animaties hoeven ook niet altijd sterk gedetailleerd te zijn. Met name als slechts een concept van een embryologisch proces getoond moet worden, kan een te hoog detailniveau afleiden en de extrinsieke cognitieve belasting juist verhogen (Chen et al., 2015). Verhoging van extrinsieke cognitieve belasting is ook het geval als er te veel en tegelijk bewegende structuren weergegeven worden. Hierbij moet de student constant de visuele focus richten tot nieuwe informatie, hetgeen ook tot overbelasting van het werkgeheugen zou kunnen leiden (Mayer, 2005; Mayer, 2010).

Animaties moeten gezien worden als aanvulling op de statische beelden, waarbij men de voordelen uit beide weergaven kan halen. De toepassing hiervan in een leerpad embryologie is vooral een meerwaarde tijdens de demonstratie van dynamische processen (Moraes & Pereira, 2010; Ruiz et al., 2009).

Naast simpele animaties is VR een hoogtechnologisch en innovatief alternatief voor 3D-visualisatie. VR berust op het stereoscopisch principe, waarbij elk oog een verschillend beeld verwerkt, waarna een driedimensionale visuele ervaring ontstaat in de hersenen. VR-gebruik kent een positieve perceptie bij student en docent. VR kan het 3D begrip verhogen maar dit is vooral van toepassing bij de studenten met een laag ruimtelijk inzicht (Meyer & Cui, 2020). Bovendien stimuleert het de interactie met embryologische structuren en processen, is het tijdsefficiënt en heeft het een positieve invloed op de leerervaring (Alfalah et al., 2019). De belangrijkste nadelen van VR zijn echter de financiële barrière en de nood aan gespecialiseerde infrastructuur, zoals een VR-labo en VR-brillen.

In de hedendaagse onderwijscontext vormt kostenefficiëntie een bepalende factor bij het vormgeven van onderwijsstrategieën. Computergraphics, zoals een monoscopische 3D-visualisatie, kunnen hiertoe aangewend worden. Bij monoscopische 3D-visualisatie zullen beide ogen een identiek beeld verwerken. De perceptie van diepte wordt bevorderd door het gebruik van perspectief en de mogelijkheid om het model te manipuleren en roteren. Een voorbeeld van dergelijke toepassing is het werk onder supervisie van Yamada (Yamada et al., 2006), waarbij via magnetic resonance microscopie een embryo gescand wordt en laag per laag gereconstrueerd wordt. Embryologen werkten intensief samen met grafisch ontwerpers om de wetenschappelijke details van de embryonale 3D-beelden, die

op echt menselijk materiaal gebaseerd is, accuraat vorm te geven.

Nog een voorbeeld van zo een collectie van computergraphics is de 3D-Atlas of Human Embryology, een project uitgevoerd onder supervisie van De Bakker et al., verbonden aan het Academisch Medisch Centrum van Amsterdam (de Bakker et al., 2012). De Bakker et al., 2012 hebben meer dan 15.000 dwarsdoorsneden handmatig gelabeld en menselijke embryo's gereconstrueerd vanaf Carnegie stadium 7 (embryo van 15-17 dagen) tot en met Carnegie stadium 23 (56-60 dagen). Het gebruik van menselijke embryo's is belangrijk omdat het studiemateriaal tussen 1980 en 2012 vaak gebaseerd is op de embryologie van andere gewervelde dieren. Deze dierlijk embryonale stadia zijn over het algemeen vroeger dan de Carnegie stadia van de menselijke embryo's. De extrapolatie van deze gegevens naar die van de menselijke embryo's is dus onjuist. De Bakker et al., 2012 hebben daarom enkel gebruik gemaakt van menselijke embryo's, waardoor deze 3D-atlas accuraat en waarheidsgetrouw is. De atlas is gratis ter beschikking gesteld en laat toe alle organsystemen afzonderlijk te bestuderen en hun positie te refereren aan de wervelkolom. Dit is van belang om de embryonale processen en het ontstaan van aangeboren afwijkingen te doorgronden (de Bakker et al., 2016). Verder wordt er een specifieke kleurcodering gehanteerd om de aandacht te focussen, zodat deze beter gevolgd kan worden doorheen de ontwikkeling (de Bakker et al., 2016). Dit maakt deze atlas gebruiksvriendelijk en zal ook de leerervaring verbeteren.

1.4 Probleemstelling & onderzoeksvraag

Traditioneel wordt embryologie in grote groepen studenten onderwezen tijdens hoorcolleges, waarbij interactie en gebruik van actieve werkvormen zeer beperkt of zelfs afwezig zijn (Abdel Meguid et al., 2022). Hierbij is vaak de cognitieve

belasting ook nog steeds een grote uitdaging, waardoor er geen mentale capaciteit is voor het ontwikkelen van mentale schema's gefocust op het ruimtelijk inzicht (Abdel Meguid et al., 2022; Paas et al., 2003; Sweller, 2010). Hierdoor is de leerervaring vaak moeilijk, oninteressant, en onaangenaam ervaren.

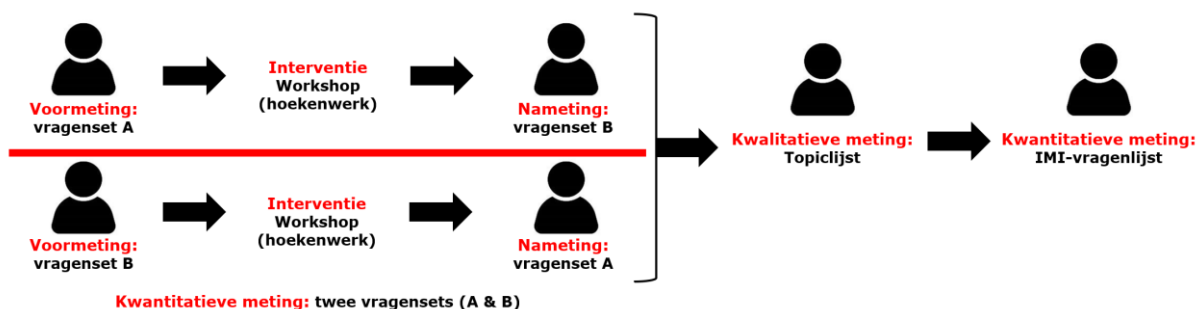
Dit onderzoek heeft dus als doel het ontwerpen van een innovatieve, activerende onderwijsvorm binnen het vak embryologie en het effect ervan op de leerervaring en leeruitkomsten te onderzoeken. Daarom zal dit onderzoek een embryologie workshop ontwikkelen toepasbaar voor een kleine groep studenten aan de hand van de "3D Atlas of Human Embryology" (de Bakker et al., 2016; de Bakker et al., 2012), een innovatieve 3D-visualisatie tool. Hierbij wordt er getracht om op de volgende onderzoeksvraag een antwoord te formuleren: Welke invloed kan een interactieve workshop met een innovatieve 3D-visualisatie tool uitoefenen op de leerervaring en leeruitkomsten van de studenten vroedkunde voor het vak embryologie?

2. ONDERZOEKSOPZET & METHODEN

2.1 Onderzoeksdesign

Er werd een verkennend mixed-method, interventieel effectonderzoek uitgevoerd aan de hand van kwantitatieve bevraging gericht op de leeruitkomsten in additie van een kwantitatieve & kwalitatieve bevraging gericht op de leerervaring (Figuur 1).

De eerstejaarsstudenten vroedkunde (n = 72) aan de Hogeschool PXL werden uitgenodigd voor een deelname aan de workshop van 90 minuten waarbij er in vier groepen iedere 15 minuten doorgeschoven werd volgens de didactische werkvorm van hoekenwerk. Elke hoek werd begeleid door één van de onderzoekers en ging dieper in op één bepaald orgaanstelsels tijdens de embryogenese met behulp van de



Figuur 1: Overzichtsflow onderzoeksoepzet. Er werd een verkennend mixed-method, interventioneel effectonderzoek uitgevoerd. Voor het kwantitatief onderdeel werden twee meetinstrumenten toegepast: twee vragenst (A & B) en IMI (Intrinsieke Motivatie Inventaris)-vragenlijst. Voor het kwalitatief onderdeel werden er semigestructureerde interviews uitgevoerd aan de hand van een topiclijst.

3D-tool. De vier orgaanstelsels waarop per hoek werd gewerkt zijn: het cardiovasculair stelsel, het centraal zenuwstelsel, het spijsverteringstelsel en het urinewegstelsel.

2.2 Opzet workshop

De workshop embryologie vond plaats op 26 februari 2025 in lokaal N2.09. De lokaalindeling en praktische organisatie is aangegeven in Figuur 2. Er werden 4 hoeken ingericht in het lokaal en de groepssamenstelling was zo gelijk mogelijk. De workshop startte met een gemeenschappelijke inleiding waarin het opzet werd toegelicht, waarna werd besproken hoe de 3D-tool geïnstalleerd kon worden. Nadien vulden de participanten een kwantitatieve vragenst in ten aanzien van de leeruitkomsten. Na het invullen van de voormeting, startte het werken met de 3D-tool.

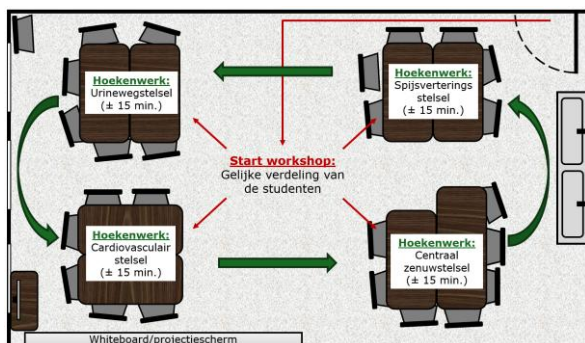
Het startpunt binnen het hoekenwerk was per groep verschillend, zodat elke groep de workshop aanving bij een andere leereenheid. Na 15 minuten schoven de participanten door naar de volgende groep. Het opzet was dat elke groep doorschoof om zo elke hoek te doorlopen voor de nameting, door tijdsnood werd de laatste hoek van het hoekenwerk niet afgewerkt. Hierdoor hadden alle participanten slechts drie van de vier hoeken doorlopen. Nadien vulde de participanten de nameting in. De groep die op dat moment in de hoek aanwezig was,

werd eveneens kwalitatief bevraagd door de onderzoeker van die hoek ten aanzien van de leerervaring. Hierbij maakten de onderzoekers gebruik van een topiclijst om uit de semigestructureerde interviews uniforme dataverzameling te kunnen waarborgen. Na deze kwalitatieve bevraging, werd de leerervaring vervolgens ook kwantitatief bevraagd via de IMI-vragenlijst. Aan het einde van de workshop werd een QR-code gepresenteerd aan de studenten, die hen leidde naar een google formulier waarin de IMI-vragenlijst zat vervat.

Twee participanten verlieten de workshop voor het einde. Hierdoor ontstond er ongelijkheid in twee groepen. Van de overgebleven participanten hebben vervolgens ook twee participanten de IMI-vragenlijst via het google formulier niet ingevuld.

2.3 Onderzoeksveld

Alle eerstejaarsstudenten vroedkunde aan de Hogeschool PXL (n = 72) werden uitgenodigd om deel te nemen aan de workshop. De uitnodiging in de vorm van een poster werd verspreid via het digitale leerplatform Blackboard (zie Bijlage 2: Poster). Tevens werden de studenten meermaals mondeling aangemoedigd door de docent om deel te nemen, onder meer tijdens het responsiecollege op de dag van de workshop, 26 februari 2025. Als onderzoekspopulatie werden alle



Figuur 2: Overzicht lokaalindeling. Er zijn 4 hoeken ingericht en de studenten zijn ingedeeld in zo gelijk mogelijke groepen. De vier hoeken behandelen één orgaanstelsel (urinewegstelsel, spijsverteringsstelsel, centraal zenuwstelsel, en cardiovasculair stelsel) uit het hoorcollege "embryologie & organogenese". De studenten spenderen 15 minuten per hoek voordat ze doorschuiven naar de volgende hoek.

eerstejaarsstudenten vroedkunde van de Hogeschool PXL beoogd die het blok 1.3a 'de zwangerschap – theorie' opnamen ter waarde van 8 studiepunten (PXL). Ook werden studenten die het vak eventueel opnieuw opnamen geïncludeerd. De participanten werden via convenience sampling gerekruteerd. De workshop viel niet onder een verplichte les.

2.4 Participanten

Het uiteindelijke aantal participanten zijn de 10 studenten (14%) die zich aanmeldden, waarvan twee niet de volledige workshop voltooiden en waarvan dan ook geen kwalitatieve en kwantitatieve bevraging konden worden afgenomen. Informed consent voor de deelname aan de workshop en afnamen van de metingen werden mondeling verkregen. Hierbij werd de anonimiteit van de participanten ook verzekerd en gecommuniceerd. Bij aanvang van de workshop werd de deelname van alle participanten aan het eerdere theoretische hoorcollege nagevraagd. Hieruit bleek dat alle participanten hadden deelgenomen aan het theoretische hoorcollege.

2.5 Meetinstrument

Voor het kwantitatief onderdeel werden twee meetinstrumenten toegepast. Ten aanzien van de leeruitkomsten werden

twee vragensets (set A & set B) ontwikkeld (zie Bijlage 3: Kwantitatieve vragen set A & Bijlage 4: Kwantitatieve vragen set B). Bij de helft van de groep werd set A afgenomen vóór de workshop, bij de andere helft werd set B afgenomen vóór de workshop. Na de workshop werden de vragen sets omgewisseld. Elke participant vulde dus éénmaal set A in en éénmaal set B. Op deze wijze wordt het effect van de interventie onafhankelijk van de moeilijkheidsgraad van de vragen set nagegaan. Beide vragen sets bevragen verschillende onderwerpen uit het hoorcollege "embryologie & organogenese". Elke vragen set bestaat uit 8 meerkeuzevragen, waarbij steeds 2 vragen overeenkomen per hoek van de workshop. De deelnemers beantwoordden de vragen sets op een voorgemaakte antwoordstrook (zie Bijlage 5: Antwoordstrook). De score op de vragenlijst voor-en na de workshop geeft een kwantitatieve indicatie van het effect van de workshop.

Ten aanzien van de leerervaring werd de Intrinsieke Motivatie Inventaris (IMI) gebruikt. Dit is een multidimensionaal meetinstrument afkomstig uit studies van Ryan et al. (Ryan, 1982; Ryan et al., 1983) bedoeld om de subjectieve ervaring van deelnemers met betrekking tot activiteiten te beoordelen. De vragenlijst bestaat uit 22 stellingen, waarbij de studenten middels een 7-punts Likertschaal kunnen aangeven in hoeverre hij of zij het eens of oneens is met de stelling (zie Bijlage 6: Intrinsieke Motivatie Inventaris (IMI) vragenlijst). De vragenlijst bestaat uit vier clusters: plezier/interesse, spanning, autonomie en competentie. De vragenlijst werd afgenomen na de workshop via een google formulier. De score op de IMI-vragenlijst geeft een kwantitatieve indicatie van de beleving van de workshop in vier clusters.

Voor het kwalitatief onderdeel werden ten aanzien van de leerervaring semigestructureerde interviews uitgevoerd aan de hand van een topiclijst (zie Bijlage 7: Kwalitatieve semigestructureerde

topiclijst). Binnen de topiclijst werd onder meer gepeild naar aspecten van welbevinden, zoals de mate waarin de workshop als motiverend, aangenaam en stimulerend werd ervaren. In het bijzonder werd er gepeild naar het gebruik van 3D-modellen ter ondersteuning van het begrip van de embryologische leerinhoud, maar ook wat betreft relevantie tot het behalen van de leerdoelen. Het kwalitatief gesprek vond plaats na het hoekenwerk tussen de onderzoeker en de groep participanten, die op dat moment in de hoek aanwezig was. Het kwalitatief onderdeel geeft dus inzicht in de leerervaring die de studenten beschrijven.

2.6 Datacollectie

De workshop en datacollectie vond plaats op 26 februari 2025. Het hoorcollege "embryologie & organogenese" vond plaats in de week van 27 - 31 januari 2025. Hiervan hebben de studenten een online opname ter beschikking. Voor het bekomen van een hogere respons werden de uitnodigingen door de PXL intern verspreid door de docent. De poster werd aan hem bezorgd op 13 februari 2025. Daarnaast werden de studenten mondeling, met ondersteuning van de poster via het opleidingsplatform (Blackboard), aangespoord om deel te nemen aan de workshop. De workshop werd eveneens ingeroosterd in het online lessenrooster.

2.7 Data-analyse

De kwantitatieve data werden schriftelijk, enerzijds fysiek via een antwoordenstrook en anderzijds digitaal via een google formulier, verzameld. De dataverwerking en -analyse werd voltooid via de software Excel (Microsoft Corporation, USA) en Origin (OriginLab Corporation, USA). Er werd een controle op missing data uitgevoerd en er werden geen imputatietechnieken gebruikt. Gezien de kleine steekproefgrootte ($n = 8$) en afwezigheid van een controlegroep is er enkel een beschrijvende analyse uitgevoerd

en geen statistische. De kwalitatieve data werden door het onderzoeksteam verzameld tijdens de interviews en gebundeld in een rapport. Het onderzoeksteam ging op zoek naar thema's die in de verschillende hoeken terugkwamen.

3. ONDERZOEKSRESULTATEN

3.1 Kwantitatieve resultaten

Voor het kwantitatief onderdeel van het onderzoek werden twee meetinstrumenten toegepast: één ten aanzien van de leeruitkomsten en één ten aanzien van de leerervaring. Allereerst, zijn twee vragensets afgenomen voor en na de interventie ten aanzien van de leeruitkomsten. Beide vragensets bevragen verschillende onderwerpen uit het hoorcollege "embryologie & organogenese". De scores van de participanten zijn opgenomen in Tabel 1. De resultaten tonen, dat slechts 11.1% van de studenten (8 participanten) uit de onderzoekspopulatie zich aangemeld hebben voor de workshop. Deze steekproefgrootte is te klein voor een effectieve statistische analyse van de data. Dit geldt vooral voor het kwantitatieve effect op de leeruitkomsten, aangezien hiervoor de 8 participanten nogmaals in 2 groepen werd onderverdeeld. Namelijk een groep met vragenset A als voormeting en vragenset B als nameting, en een groep met vragenset B als voormeting en vragenset A als nameting.

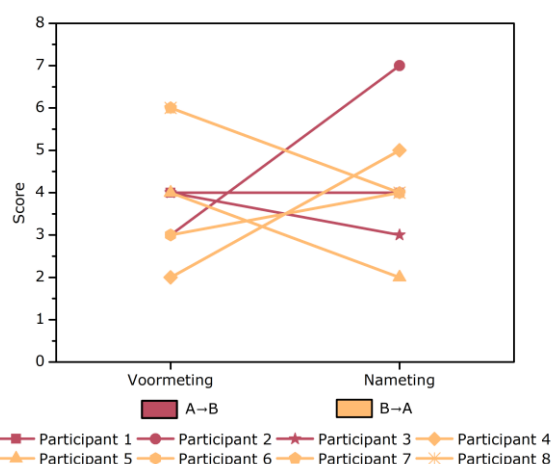
Het gemiddelde van de voormeting en de nameting overheen de 8 participanten was, respectievelijk, 50,00% en 51,56%. Er is naar alle waarschijnlijkheid geen significante verandering tussen de voor- en nameting. Er is echter geen statistische analyse uitgevoerd gezien het laag aantal participanten ($n = 8$) en de afwezigheid van een controlegroep. Bij set A was het gemiddelde 45,83% in de voormeting en 47,50% in de nameting. Bij set B was het gemiddelde 52,50% in de voormeting en 58,33% in de nameting.

Tabel 1: Kwantitatief effect van de interventie aan de hand van de inhoudelijke vragensets voor en na de workshop. Het gemiddelde van de voormeting en de nameting was, respectievelijk, 50,00% en 51,56%. Ook is de gemiddelde score voor vragenset B zowel bij de voor- als nameting hoger dan de gemiddelde score voor vragenset A.

	Voormeting							
Participant	1	2	3	4	5	6	7	8
Vragenset	A	A	A	B	B	B	B	B
Score V1	1	1	1	0	0	0	1	1
Score V2	1	0	1	0	1	1	1	1
Score V3	1	0	1	1	1	0	0	0
Score V4	0	1	0	0	0	0	1	1
Score V5	0	0	0	0	1	1	0	0
Score V6	1	1	1	0	1	0	1	1
Score V7	0	0	0	1	0	1	1	1
Score V8	0	0	0	0	0	0	1	1
Totale score	4	3	4	2	4	3	6	6
Totale score (%)	50,00	37,50	50,00	25,00	50,00	37,50	75,00	75,00
Gemiddelde score (%)	50,00							
Gemiddelde per set (%)	Set A			Set B				
	45,83			52,50				
	Nameting							
Participant	1	2	3	4	5	6	7	8
Vragenset	B	B	B	A	A	A	A	A
Score V1	0	0	0	1	0	1	1	1
Score V2	0	1	1	1	0	0	0	0
Score V3	1	1	0	0	1	1	1	1
Score V4	0	1	0	0	1	0	0	0
Score V5	1	1	1	0	0	1	1	1
Score V6	1	1	1	1	0	0	1	1
Score V7	0	1	0	1	0	1	0	0
Score V8	1	1	0	1	0	0	0	0
Totale score	4	7	3	5	2	4	4	4
Totale score (%)	50,00	87,50	37,50	62,50	25,00	50,00	50,00	50,00
Gemiddelde score (%)	51,56							
Gemiddelde per set (%)	Set B			Set A				
	58,33			47,50				
	Effect van de interventie							
Participant	1	2	3	4	5	6	7	8
Score stijging/daling	+0	+4	-1	+3	-2	+1	-2	-2
Stijging/daling (%)	=	+50,00	-12,50	+37,50	-25,0	+12,50	-25,00	-25,00

Bovendien wordt in Tabel 1 getoond dat de participanten, die voor de workshop onvoldoende ($< 50\%$) scoorden ongeacht de vragenset een hogere score hadden na de interventie. In totaal stijgen de scores van drie participanten ($3/8 \rightarrow 7/8$, $2/8 \rightarrow 5/8$, en $3/8 \rightarrow 4/8$), zoals ook aangegeven in Tabel 1 en Figuur 3. Omgekeerd dalen de scores van vier participanten ($4/8 \rightarrow 3/8$, $4/8 \rightarrow 2/8$, $6/8 \rightarrow 4/8$, en $6/8 \rightarrow 4/8$), zoals ook aangegeven in Tabel 1 en Figuur 3. Tot slot blijft de score voor één participant constant ($4/8$) voor en na de interventie, zoals ook aangegeven in Tabel 1 en Figuur 3. De resultaten tonen de grootste toename in score bij de participanten die het laagste scoorden voor de interventie.

Voor het kwantitatief onderdeel van het onderzoek werd ook een IMI-vragenlijst afgenomen na de interventie ten aanzien van de leerervaringen. Deze vragenlijst bevraagt de subjectieve ervaring van deelnemers in vier clusters middels een 7-punts Likertschaal. De scores per cluster voor iedere participant worden weergegeven in Figuur 4A, terwijl de gemiddelde scores per cluster worden weergegeven in Figuur 4B. De scores voor de clusters plezier/interesse en competentie variëren sterk per participant. Zo zijn de scores voor competentie neutraal ($\sim 3/7$) voor participanten 1 & 2 en zijn de scores voor plezier/interesse dan ook de laagste voor deze participanten met $4,6/7$ en $4/7$, respectievelijk. Omgekeerd zijn de scores voor competentie en plezier/interesse voor de andere participanten relatief hoog, $\sim 4,5/7 - 7/7$ en $\sim 5/7 - 7/7$ respectievelijk. Deze variatie is dan ook duidelijk aanwezig in de gemiddelde scores voor deze twee clusters. De gemiddelde score voor plezier/interesse is $5,3 \pm 1,1$ op 7 en voor competentie is dit $4,7 \pm 1,4$ op 7. De scores voor de clusters, autonomie en spanning variëren minder per participant. Zo is de score voor autonomie bij alle participanten hoog ($> 4/7$) en de scores voor spanning bij alle participanten relatief laag ($< 3/7$). Deze homogenere resultaten voor deze twee



Figuur 3: Individuele veranderingen van de scores. In totaal stijgen de scores van drie participanten ($3/8 \rightarrow 7/8$, $2/8 \rightarrow 5/8$, en $3/8 \rightarrow 4/8$). Omgekeerd dalen de scores van vier participanten ($4/8 \rightarrow 3/8$, $4/8 \rightarrow 2/8$, $6/8 \rightarrow 4/8$, en $6/8 \rightarrow 4/8$). Tot slot blijft de score voor één participant constant ($4/8$).

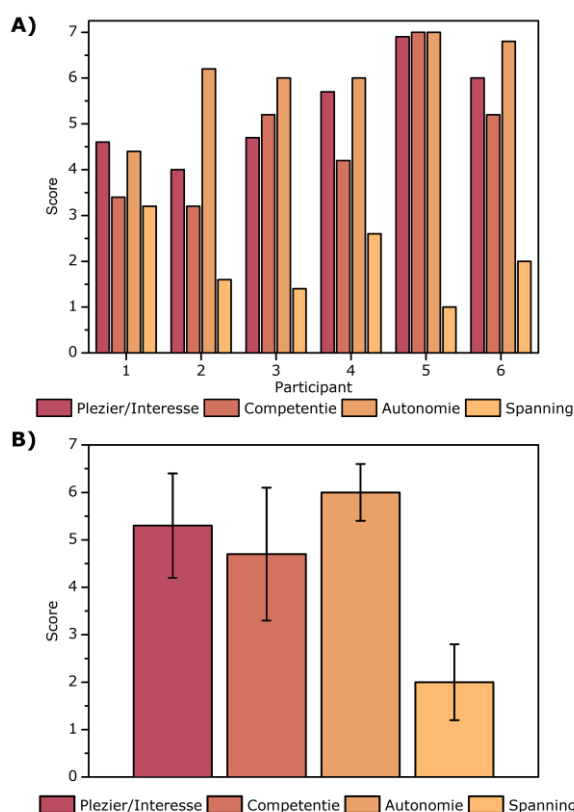
clusters zijn dan ook weerspiegeld in de gemiddelde scores. De gemiddelde score voor autonomie is $6,0 \pm 0,6$ op 7 en voor spanning is dit $2,0 \pm 0,8$ op 7.

3.2 Kwalitatieve resultaten

De participanten gaven aan de workshop als interessant, leerrijk en nuttig te ervaren. De 3D-tool werd als een nuttige aanvulling ervaren op de theorieles.

Citaat 1: 'In de les zie je gewoon een doorsnede en hierbij kan je zelf draaien en zoeken.'

Over de gebruiksvriendelijkheid kregen we enkele gemixte antwoorden. De participanten gaven enerzijds aan dat het moeilijk was om de tool (zelfstandig) te installeren en ermee van start te moeten gaan, anderzijds gaven ze ook aan dat na de workshop ze wel wisten hoe ze het verder thuis konden gebruiken. Daarnaast gaven enkele participanten aan dat de 3D-tool wel gebruiksvriendelijk is dankzij de duiding rond het downloaden en openen van de 3D-modellen. Het bekijken van de 3D-modellen was ook wel gebruiksvriendelijk, maar opnieuw werd een handleiding als een belangrijk element benoemd om de interactie laagdrempelig te houden. Een van



Figuur 4: IMI-scores voor de 4 clusters: Plezier/interesse, Competentie, Autonomie, en Spanning. A) De IMI-scores voor de 4 clusters per participant. De scores voor plezier/interesse en competentie zijn sterk wisselend per participant. De scores voor autonomie zijn voor alle participanten hoog (> 4/7) en de scores voor spanning zijn voor alle participanten relatief laag (< 3/7). **B)** De gemiddelde IMI-scores voor de 4 Clusters. De gemiddelde scores voor de clusters: plezier/interesse, competentie, en autonomie zijn allemaal hoog (> 4/7). De gemiddelde score voor de cluster spanning is laag ($\leq 2/7$).

de participanten gaf specifiek aan dat de bijkomende uitleg tijdens de workshop inderdaad zeer belangrijk was om de tool te kunnen gebruiken en ze ook in de toekomst te gebruiken. De participanten gaven ook aan dat ze zonder begeleiding de tool hoogstwaarschijnlijk niet zouden gebruiken, na het kort te proberen zonder succes. Alle participanten gaven aan dat de workshop voldoende begeleid was, sommige participanten benoemden wel een verschillende aanpak in de verschillende hoeken wat soms wisselend was.

Citaat 2: 'Zonder begeleiding zou ik de 3D-tool waarschijnlijk zelf uitgetest hebben, maar ICT is niet zo mijn ding. Dus denk ik dat ik redelijk snel zou opgeven.'

Alle participanten gaven aan de workshop als een meerwaarde te ervaren, sommige vonden het jammer dat ze niet eerder wisten van het bestaan van de tool.

Citaat 3: 'Na deze workshop zie ik het wel zitten om bij het studeren van het examen deze tool te gebruiken.'

Ook gaven de participanten aan dat de meerwaarde van de workshop nog verhoogd kon worden indien de participanten gestimuleerd worden om voordien de theorie uit het hoorcollege te herhalen.

Citaat 4: 'Als ik wist wat de tool allemaal kon en wat de inhoud van de workshop ging zijn zou ik zeker de theorie eerst hebben herhaald. De workshop is zeker een meerwaarde, maar ik kan het nog niet zo goed plaatsen binnen de theorie van het hoorcollege.'

Participanten gaven aan het complementair te ervaren aan de theorielessen. Een tekortkoming van de tool die door een participant werd benoemd was de overgang tussen de verschillende fases. Hiermee werd het fenomeen van de vierde dimensie bedoeld, namelijk de embryonale veranderingen in de tijd. De tool geeft namelijk de embryonale anatomie weer van Carnegie stadium tot Carnegie stadium. Maar de geleidelijke overgang tussen de stadia blijft nog steeds afwezig.

Citaat 5: 'Er verandert zoveel op zo één doorsnede, eigenlijk zou ik willen weten hoe je van dit (stadium) naar dat geraakt, snap je? Echt wat ertussen is.'

Er werd gevraagd aan de participanten of er nog bepaalde concepten voor hen ontbraken. Hierop gaven de participanten aan dat er geen concepten ontbraken maar sommige studenten gaven ook aan dat ze het jammer vonden dat ze

één hoek niet hebben kunnen doorlopen door tijdgebrek.

4. DISCUSSIE & CONCLUSIE

4.1 Discussie

In de afgelopen 10 jaar zijn 3D-visualisatietechnologieën steeds meer toegepast in embryologieonderwijs, een vak waar ruimtelijk inzicht essentieel is voor een goed begrip van de materie en om wijzigingen in de tijd te kunnen overbrengen (Abdel Meguid et al., 2022; Chekrouni et al., 2020; de Bakker et al., 2016; Hadie et al., 2024). Een beperkt ruimtelijk inzicht verhoogt de cognitieve belasting. 3D-visualisatie kan deze belasting verlagen door de opbouw van mentale schema's te ondersteunen, wat de opslag van kennis in het langetermijngeheugen bevordert (Marsh et al., 2008; Meyer & Cui, 2020). Dit verklaart de integratie van 3D-visualisatietechnologieën in het embryologieonderwijs. Hoewel virtual reality (VR) hoogst innovatief is en positief wordt onthaald, vereisen ze een dure en complexe infrastructuur (Meyer & Cui, 2020; Venkatesan et al., 2021). Daarom heeft dit onderzoek de "3D Atlas of Human Embryology" van De Bakker et al. als 3D-visualisatietechnologie geselecteerd. Deze onderzoeksgroep heeft baanbrekend werk verricht en een hoog-accurate 3D-visualisatie tool gerealiseerd, gebaseerd op reële humane embryo's, in een gebruiksvriendelijke en interactieve 3D-PDF format. Gezien de academische motivatie (de Bakker et al., 2016; de Bakker et al., 2012) voor de ontwikkeling van de 3D-visualisatie tool, is de accuraatheid gegarandeerd en wordt de tool kosteloos aangeboden. Twee belangrijke argumenten voor de selectie van deze 3D-visualisatietechnologie.

Voor het kwantitatief onderdeel van het onderzoek werden twee meetinstrumenten toegepast: de inhoudelijke vragensets A & B, toegepast als voor- en nameting, en de IMI-

vragenlijst, enkel toegepast als een nameting. De resultaten van de twee inhoudelijke vragensets toonde een lichte, maar hoogstwaarschijnlijk niet significante, stijging tussen de voor- en nameting. Eén van de mogelijke oorzaken van deze resultaten is de kleine steekproefgrootte van dit onderzoek. De steekproefgrootte is één van de belangrijkste limiterende factoren van dit onderzoek die gerapporteerd moeten worden. Als eerste waren er, ondanks de rekrutering via verschillende kanalen, slechts 8 participanten aanwezig tijdens de volledige workshop. Hierdoor kan er geen kwantitatieve data-analyse plaatsvinden door insufficiënte representativiteit van de doelpopulatie ($n = 72$). Gelijkaardige studies uit de literatuur (Agbetoba et al., 2017; Ng et al., 2015; Ruisoto et al., 2012) die significant verbeterde leerresultaten rapporteren hebben steekproefgroottes van 25 - 40 participanten. Ten tweede bevatten de inhoudelijke vragensets A & B mogelijks te weinig (8) gescoorde items voor een voldoende representatieve test. Aangezien gelijkaardige studies uit de literatuur, die significant verbeterde leerresultaten rapporteren, meetinstrumenten gebruiken met: 20 gescoorde items (Agbetoba et al., 2017), 12 gescoorde items (Ng et al., 2015), en 36 gescoorde items (Ruisoto et al., 2012). Verder is de inhoudelijke vragenlijst ook niet geverifieerd op moeilijkheidsgraad en validiteit door een jury van vakexperten. Als derde hebben de participanten niet alle hoeken doorlopen door tijdsgebrek. Elke deelnemersgroep heeft één hoek niet kunnen doorlopen. Ten vierde is het hoogstwaarschijnlijk dat de 8 participanten behoorden tot de meest gemotiveerde studenten, wat dus een selectie-bias introduceert. Deze zal dan ook de kwantitatieve gegevens voor zowel de leeruitkomsten als de leerervaringen hebben beïnvloed. Als vijfde worden de metingen op korte termijn uitgevoerd, aangezien enkel metingen werden uitgevoerd vóór en onmiddellijk na afloop van de workshop. Hoewel onderzoek (Meyer

& Cui, 2020) aantoonde dat de kennis nog onvoldoende wordt verankerd in het langetermijngeheugen, viel dit niet binnen het bereik van dit onderzoek. De toegepaste studieopzet laat enkel toe om de korte termijn retentie binnen het werkgeheugen te onderzoeken, en blijft de lange termijn retentie buiten beschouwing.

Opmerkelijk was de gemiddelde score voor vragenset B zowel bij de voormeting (52,50%) als bij de nameting (58,33%) hoger dan de gemiddelde scores voor vragenset A (voormeting: 45,83%; nameting: 47,50%). Dit suggereerde een relatieve discrepantie in de moeilijkheidsgraad van vragenset A en B. Anderzijds is het mogelijk verschil in moeilijkheidsgraad niet in die mate een bepalende factor voor de resultaten, aangezien de participanten met de laagste score tijdens voormeting de grootste vooruitgang bij de nameting realiseerde ongeacht de volgorde van de vragensets. Daarentegen vertoonden de participanten met hoge scores tijdens de voormeting eerder een daling in hun scores tijdens de nameting. Deze discrepantie tussen groei van de laag en hoog scorende deelnemers bij de voormeting stemt ook overeen met gelijkaardig onderzoek waarin opeenvolgende beoordeling werden toegepast (Kerdijk et al., 2013; Tan et al., 2011). Deze veranderingen in testcores weerspiegelen mogelijk de studie-inspanning van de participanten tijdens de interventie. In de literatuur worden testprestaties gekoppeld aan het positieve effect van factoren, zoals leerstrategieën en beheer van hulpbronnen, op de participatie en inspanning (Kember et al., 1995; Stegers-Jager et al., 2012). Participanten die bij aanvang reeds goed presteerden, ervoer mogelijks minder noodzaak tot participatie en inspanning tijdens de interventie. Deze hypothese kon echter niet worden getoetst, aangezien de kwantitatieve IMI bevraging niet gekoppeld was aan de individuele leeruitkomsten.

Recente meta-analyses (Triepels et al., 2020; Zhao et al., 2020) van de literatuur over het gebruik van 3D-visualisatie bij biomedische educatie toont dat voornamelijk matige, maar significante, verbeteringen van de leerresultaten worden gerapporteerd. Deze gerapporteerde resultaten zijn niet in lijn met de resultaten gepresenteerd in dit onderzoek. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat de voorkennis van de vroedkunde studentenpopulatie heterogener is dan die van de opleiding geneeskunde (de meest bestudeerde populatie in de literatuur), aangezien de vroedkunde studentenpopulatie geen toelatingsexamen ondergaat (hetgeen wel het geval is bij de geneeskunde studentenpopulatie). Dit toelatingsexamen voor de opleiding geneeskunde screent op wiskunde, chemie, biologie en fysica, hetgeen volledig ontbreekt bij de professionele bacheloropleiding. Hierdoor kunnen binnen deze laatste studentenpopulatie grotere verschillen ontstaan in digitale geletterdheid en ruimtelijk inzicht noodzakelijk voor het begrip van het vak embryologie vergeleken met geneeskundestudenten. Deze verschillen in voorkennis tussen de bestudeerde populaties kunnen een mogelijke basis vormen voor de afwijkende resultaten gepresenteerd in dit onderzoek in vergelijking met de literatuur.

Nog een belangrijk criterium om een correcte statistische analyse uit te voeren is de aanwezigheid van een controlegroep. Gelijkaardige studies uit de literatuur (Agbetoba et al., 2017; Ng et al., 2015; Ruisoto et al., 2012) die significant verbeterde leerresultaten rapporteren doen dit in vergelijking met een controlegroep die geen interventie met 3D-visualisatie tools onderging. Dit is nog een limitatie die moet worden gerapporteerd voor dit onderzoek. Vanwege ethische bezwaren, om geïnteresseerde studenten niet de mogelijkheid te ontnemen de workshop bij te wonen, is er in het huidige onderzoek

voor gekozen geen controlegroep op te nemen. Een mogelijke oplossing hiervoor is om, bij herhaling van het experiment, zoals Chekrouni et al. (2020) de scores van participanten uit de voorgaande jaren aan te wenden als controlegroep.

In tegenstelling tot het hoorcollege werden alle participanten in zeer kleine groepen begeleid; hetgeen goed onthaald werd, conform ander onderzoek (Prabhath et al., 2023). De participanten namen actief deel en voelden zich betrokken. De clusters uit de IMI-vragenlijst meten de subjectieve ervaringen van de participanten. Deze kwantitatieve bevraging maakt duidelijk, dat de clusters autonomie en spanning makkelijker veralgemeend kunnen worden gezien de lagere variabiliteit. Vanuit de scores kan dus worden opgemaakt dat de participanten een hoge graad van autonomie, veel keuzevrijheid, weinig spanning, en weinig stress ervaren tijdens de workshop. Dit zou mogelijks gelinkt kunnen worden aan het feit dat de workshop voor alle studenten vrijwillig was en ook dat de workshop op een ontspannen/laagdrempelige manier was georganiseerd. De clusters plezier/interesse en competentie zijn moeilijker te veralgemenen gezien de hogere variatie in respons. Vanuit de scores kan dus worden opgemaakt dat het gevoel van competentie en interesse/plezier zeer subjectief is en dus veel sterker afhangt van het individu, hoewel deze clusters bij de meeste participanten toch vrij hoge scores opleveren, hetgeen ook overeenstemt met de literatuur (Chekrouni et al., 2020; Tait et al., 2020).

Verder kwam uit het semigestructureerde interview naar voren dat een begeleidende werkgroep voor het efficiënt gebruik van de 3D-visualisatie tool noodzakelijk is om de gebruiksvriendelijkheid te bevorderen. Met een kleinschalige werkgroep wordt de drempel om een dergelijke applicatie in gebruik te nemen verlaagd of zelf volledig geëlimineerd. Ook een student-gefocusste

handleiding hieromtrent wordt als zeer nuttig beschouwd. Deze didactische aanpak van de workshop vermindert duidelijk de externe cognitieve belasting. Deze verminderde cognitieve belasting laat toe het werkgeheugen intrinsiek te belasten met het interactieve aspect van de 3D-visualisatie tool. Het werkgeheugen kan optimaal worden belast met het opbouwen van driedimensionale inzichten via rotatie, zoom, translocatie, en manipulatie van de 3D-modellen van de embryonale structuren. De participanten gaven ook aan dat het interactieve aspect van de 3D-visualisatie tool de interesse en het kritisch denken stimuleert en ook complementair aansluit bij de inhoud van het hoorcollege. Deze bevindingen worden ook bevestigd door de literatuur (Chekrouni et al., 2020; Prabhath et al., 2023; Tait et al., 2020).

Het ontwikkelen van driedimensionale inzichten zou mogelijks nog verder kunnen worden ondersteund via andere methodes. In de literatuur wordt algemeen erkend dat een multimodale onderwijsvorm hierbij essentieel is. Het volstaat niet om slechts één enkele methode aan te wenden. Bij voorkeur is dan ook het combineren van diverse didactische werkvormen aangewezen. Tegelijkertijd dient de beperking in het aantal beschikbare contacturen in acht genomen te worden. Dit impliceert dat de lesinhoud bij voorkeur asynchroon en digitaal wordt aangeboden via een digitaal leerpad. Hierbij moeten verschillende werkvormen worden ingezet en afgestemd op een aanvaardbare cognitieve belasting van de studenten. Zo zou de additie van 3D-animaties, mits screening op: herkomst, accuraatheid en cognitieve belasting door de docent, de workshop verder kunnen verrijken. Onderzoek (Mayer, 2010; Moraes & Pereira, 2010; Ruiz et al., 2009) heeft aangetoond dat dergelijke animaties ondersteunend kunnen zijn bij het 3D-begrip van de dynamische processen en het zelfsturend studiegedrag bevorderen. Daarom zou het uitbreiden van de workshop en/of de

student-gefocuste handleiding met 3D animaties de leeruitkomsten en leerervaring mogelijks nog verder kunnen bevorderen. Het voordeel van de animaties is dat de informatie via twee kanalen aangeboden wordt, namelijk visueel en auditief, waardoor de opbouw van de mentale schema's bevordert wordt en de intrinsieke cognitieve belasting efficiënter ingezet kan worden (Mayer, 2020). Dit betekent echter niet dat alle onderwijsmaterialen, buiten het hoorcollege, enkel online aangeboden hoeven te worden. Zeker bij de introductie van een interactieve 3D-visualisatie tool is kleinschalige instructie aangewezen. Indien dit uitblijft, bestaat het risico dat het lesmateriaal niet benut wordt. Terwijl dit net een substantiële meerwaarde biedt voor het verwerven van inzicht in complexe, driedimensionale structuren.

4.2 Conclusie

Dit onderzoek had als doel het ontwerpen van een innovatieve, activerende onderwijsvorm binnen het vak embryologie en het effect ervan op de leerervaring en leeruitkomsten te onderzoeken.

Het eerste deel van deze doelstelling, het ontwerpen van een activerende onderwijsvorm (zie Bijlage 8: Creatief onderwijsontwerp –), is bereikt doormiddel van een workshop opgebouwd via de "3D Atlas of Human Embryology" van De Bakker et al. (2016), een hoog accurate 3D-visualisatie tool in een gebruiksvriendelijke en interactieve 3D-PDF format. Deze workshop is ook verder ondersteund via een student-gefocuste handleiding. Hoewel het hoorcollege een fundamenteel onderdeel van het onderwijs blijft, kan het samen met de ontworpen workshop een integraal multimodale onderwijsstrategie vormen. Het hoorcollege stelt docenten in staat de leerdoelen expliciet te formuleren, terwijl de workshop, met interactieve 3D-visualisatie en de begeleidende handleidingen, de studenten in staat stelt deze doelen zelfstandig te

bereiken. Deze activerende onderwijsvorm zou echter nog kunnen worden verrijkt door middel van een asynchroon digitaal leerpad waarin verschillende werkvormen worden ingezet. Zo zou de additie van animaties het 3D-begrip van de dynamische processen en het zelfsturend studiegedrag nog verder bevorderen.

Hoewel deze activerende onderwijsvorm nog verder zou kunnen worden verrijkt, geven de resultaten wel aan dat deze onderwijsvorm de leerervaring positief beïnvloedt. Via de kwantitatieve IMI-vragenlijst werd gemeten dat de participanten een hoge graad van autonomie, veel keuzevrijheid, weinig spanning, en weinig stress ervaarden, gezien de scores voor de clusters: autonomie en spanning. De clusters plezier/interesse en competentie zijn moeilijker te veralgemenen, maar toch zijn de scores opnieuw vrij hoog voor deze clusters bij de meeste participanten. Ook uit het semigestructureerde interview komt naar voor dat het interactieve aspect van de 3D-visualisatie tool de interesse en het kritisch denken stimuleert en ook complementair aansluit bij de inhoud van het hoorcollege. Hoewel deze bevindingen positief zijn, kunnen ze niet veralgemeend worden voor de volledige doelpopulatie (n = 72), aangezien slechts 8 participanten bevroegd zijn.

Verder geven de resultaten ook geen uitsluitsel over het effect van de activerende onderwijsvorm op de leerresultaten. Hierbij is de steekproefgrootte de belangrijkste limiterende factor. Hierdoor kan er geen statistische data-analyse plaatsvinden. Ook laat de toegepaste studieopzet enkel toe om de korte termijn retentie binnen het werkgeheugen te onderzoeken, en blijft de lange termijn retentie buiten beschouwing.

Toekomstig onderzoek zal zich verder moeten richten op de didactische meerwaarde van 3D-visualisatie en haar effect op de leeruitkomsten en leerervaringen. Hierbij is een voldoende

grote steekproef van uitermate belang om de bevindingen toepasbaar te maken voor de gehele doelpopulatie. Ook de inclusie van een controlegroep is aangewezen. Hierbij kunnen, uit ethische overweging, best de scores van participanten uit de voorgaande jaren toegepast worden als controlegroep. Verder is het zinvol niet enkel op korte termijn retentie, maar ook de lange termijn retentie van embryologische concepten onder verschillende onderwijsstrategieën te bestuderen. Er is een duidelijke nood aan verder grootschalig onderzoek over de effecten van 3D-visualisatie op leeruitkomsten en leerervaringen bij heterogene studentenpopulaties. Tot op heden is er echter weinig onderzoek verricht naar de inzet van 3D-modellering en gescreende animaties in de vorm van digitale leerpaden. Ook het effect van deze tools op diverse heterogene studentenpopulaties moet nog verder worden uitgebreid, aangezien momenteel geneeskundestudentenpopulaties de meest onderzochte doelpopulatie blijft. Het aanbieden van deze materialen in een asynchrone, activerende leeromgeving biedt de mogelijkheid om zowel de leerervaring als de leeruitkomsten van studenten positief te beïnvloeden.

Dankwoord – *De auteurs bedanken de 8 participanten voor hun bereidwillige deelname aan het onderzoek. De auteurs bedanken dr. Frederik Houben, lector Hogeschool PXL, voor algemene ondersteuning van het onderzoek, communicatie naar de doelgroep, en het aanbrengen van het onderzoeksonderwerp. De auteurs bedanken de Hogeschool PXL voor het ter beschikking stellen van de infrastructuur. De auteurs bedanken prof. dr. Anouk Agten voor algemene ondersteuning van het onderzoek, constructieve feedback, en de opportuniteit voor het uitvoeren van dit academisch onderzoek.*

Auteur contributie – *prof. dr. Agten A. & dr. Houben F. hebben het onderzoek bedacht en ontworpen. Atella V., Brussaard H., De Schrijver J., en Vanormelingen J. voerden het experiment uit, voerden gegevensverzameling uit, en voerden data-analyse uit. Alle auteurs hebben het manuscript zorgvuldig geredigeerd en goedgekeurd.*

REFERENTIES

- Abdel Meguid, E. M., Holland, J. C., Keenan, I. D., & Mishall, P. (2022). Exploring Visualisation for Embryology Education: A Twenty-First-Century Perspective. *Adv Exp Med Biol*, 1356, 173-193. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87779-8_8
- Agbetoba, A., Luong, A., Siow, J. K., Senior, B., Callejas, C., Szczygieski, K., & Citardi, M. J. (2017). Educational utility of advanced three-dimensional virtual imaging in evaluating the anatomical configuration of the frontal recess. *Int Forum Allergy Rhinol*, 7(2), 143-148. <https://doi.org/10.1002/alr.21864>
- Alfalah, S., Falah, J. F., Muhaidat, N., Hudaib, A., Koshebye, D., & AlHourani, S. (2019). Virtual reality learning environment in embryology education. *Int J Educ Pedagogical Sci*, 13(12), 1461-1464.
- Aversi-Ferreira, T. A., Aversi-Ferreira, R., Nascimento, G. N. L. d., Nyamdavaa, N., Araujo, M. F., Ribeiro, P. P., Da Silva, N. C., Brandão, L. D., Gratão, L. H. A., & Abreu, T. d. (2012). Teaching embryology using models construction in practical classes. *Int J Morphol*, 30(1), 188-195.
- Chekrouni, N., Kleipool, R. P., & de Bakker, B. S. (2020). The impact of using three-dimensional digital models of human embryos in the biomedical curriculum. *Ann Anat*, 227, 151430. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2019.151430>
- Chen, R., Grierson, L. E., & Norman, G. R. (2015). Evaluating the impact of high- and low-fidelity instruction in the development of auscultation skills. *Med Educ*, 49(3), 276-285. <https://doi.org/10.1111/medu.12653>
- de Bakker, B. S., de Jong, K. H., Hagoort, J., de Bree, K., Besselink, C. T., de Kanter, F. E., Veldhuis, T., Bais, B., Schildmeijer, R., Ruijter, J. M., Oostra, R. J., Christoffels, V. M., & Moorman, A. F. (2016). An interactive three-dimensional digital atlas and quantitative database of human development. *Science*,

- 354(6315).
<https://doi.org/10.1126/science.aag0053>
- de Bakker, B. S., de Jong, K. H., Hagoort, J., Oostra, R. J., & Moorman, A. F. (2012). Towards a 3-dimensional atlas of the developing human embryo: the Amsterdam experience. *Reprod Toxicol*, 34(2), 225-236.
<https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2012.05.087>
- Drake, R. L., Lowrie Jr, D., & Prewitt, C. M. (2002). Survey of gross anatomy, microscopic anatomy, neuroscience, and embryology courses in medical school curricula in the United States. *The anatomical record: An official publication of the American Association of Anatomists*, 269(2), 118-122.
- Guilherme Guedert, D., de Lima, P., Souza, E. S. R., & Cláudia Carneiro Girão Carmona, V. (2022). The use of active methodologies for the teaching of human embryology: A systematic review. *Anat Histol Embryol*, 51(3), 332-338.
<https://doi.org/10.1111/ahe.12803>
- Hadie, S. N. H., Dasiman, R., Omar, N. S., & Abas, R. (2024). Effectiveness of Multimedia Approaches in Embryology Teaching: A Scoping Review. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 20(1), 281-292.
- Hamilton, J., & Carachi, R. (2014). Clinical embryology: is there still a place in medical schools today? *Scottish medical journal*, 59(4), 188-192.
- Holland, J. C., & Pawlikowska, T. (2019). Learning Cardiac Embryology-Which Resources Do Students Use, and Why? *Med Sci Educ*, 29(4), 1051-1060.
<https://doi.org/10.1007/s40670-019-00803-4>
- Kember, D., Jamieson, Q. W., Pomfret, M., & Wong, E. T. (1995). Learning approaches, study time and academic performance. *Higher education*, 29, 329-343.
- Kerdijk, W., Tio, R. A., Mulder, B. F., & Cohen-Schotanus, J. (2013). Cumulative assessment: strategic choices to influence students' study effort. *BMC Medical Education*, 13, 1-7.
- Laevers, F. (2000). Forward to basics! Deep-level-learning and the experiential approach. *Early years*, 20(2), 20-29.
- Marsh, K. R., Giffin, B. F., & Lowrie Jr, D. J. (2008). Medical student retention of embryonic development: impact of the dimensions added by multimedia tutorials. *Anatomical sciences education*, 1(6), 252-257.
- Mathew, R., Ramakrishnan, N., Boland, F., Pawlikowska, T., & Holland, J. C. (2024). Learning cardiac embryology on YouTube-What videos are there to view? *Anat Sci Educ*, 17(7), 1495-1508.
<https://doi.org/10.1002/ase.2467>
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41(1), 31-48.
- Mayer, R. E. (2010). Applying the science of learning to medical education. *Med Educ*, 44(6), 543-549.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03624.x>
- Mayer, R. E. (2020). Designing multimedia instruction in anatomy: An evidence-based approach. *Clinical Anatomy*, 33(1), 2-11.
- Meyer, E. R., & Cui, D. (2020). Anatomy visualizations using stereopsis: assessment and implication of stereoscopic virtual models in anatomical education. *Biomedical Visualisation: Volume 6*, 117-130.
- Moraes, S. G., & Pereira, L. A. V. (2010). A multimedia approach for teaching human embryology: Development and evaluation of a methodology. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 192(6), 388-395.
- Moxham, B. J., Brichova, H., Emmanouil-Nikoloussi, E., & Chirculescu, A. (2017). Embryology and teratology in the curricula of healthcare courses. *Eur J Anat*, 21(1), 77-91.
- Ng, C. L., Liu, X., Chee, S. C., & Ngo, R. Y. (2015). An Innovative 3-dimensional Model of the Epitympanum for Teaching of Middle Ear Anatomy. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 153(5), 832-837.
<https://doi.org/10.1177/0194599815584600>
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, 38(1), 1-4.
- Plunkett, C., Dueñas, A., Stratford, J., Leppek, N., & Lee, L. M. (2019). Embryos in gross anatomy laboratory? The educational impact of 3D printed embryo model integration in medical basic sciences education. *The FASEB Journal*, 33(S1), 17.11-17.11.
- Prabhath, S., Sumalatha, S., Shetty, A., & Bhat, K. M. (2023). Enhancing the Embryology teaching-learning experience in the medical curriculum: a faculty & student lookout. *European Journal of Anatomy*, 27(2), 237.
- Ruisoto, P., Juanes, J. A., Contador, I., Mayoral, P., & Prats-Galino, A. (2012). Experimental evidence for improved neuroimaging interpretation using three-dimensional graphic models. *Anat Sci*

- Educ*, 5(3), 132-137.
<https://doi.org/10.1002/ase.1275>
- Ruiz, J. G., Cook, D. A., & Levinson, A. J. (2009). Computer animations in medical education: a critical literature review. *Medical education*, 43(9), 838-846.
- Ryan, R. (1982). Control and Information in the Intrapersonal Sphere: An Extension of Cognitive Evaluation Theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 450-461.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.43.3.450>
- Ryan, R., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of Reward Contingency and Interpersonal Context to Intrinsic Motivation: A Review and Test Using Cognitive Evaluation Theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 736-750.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.4.736>
- Sousa, D. A. (2016). *How the brain learns*. Corwin Press.
- Stegers-Jager, K. M., Cohen-Schotanus, J., & Themmen, A. P. (2012). Motivation, learning strategies, participation and medical school performance. *Medical education*, 46(7), 678-688.
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *Wijze lessen: Twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. Ten Brink Uitgevers.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational psychology review*, 22, 123-138.
- Tait, K., Poyade, M., & Clancy, J. A. (2020). eLearning and embryology: designing an application to improve 3D comprehension of embryological structures. *Biomedical Visualisation: Volume 7*, 19-38.
- Tan, N. C., Kandiah, N., Chan, Y. H., Umapathi, T., Lee, S. H., & Tan, K. (2011). A controlled study of team-based learning for undergraduate clinical neurology education. *BMC Med Educ*, 11, 91.
<https://doi.org/10.1186/1472-6920-11-91>
- Triepels, C. P. R., Smeets, C. F. A., Notten, K. J. B., Kruitwagen, R., Futterer, J. J., Vergeldt, T. F. M., & Van Kuijk, S. M. J. (2020). Does three-dimensional anatomy improve student understanding? *Clin Anat*, 33(1), 25-33.
<https://doi.org/10.1002/ca.23405>
- Venkatesan, M., Mohan, H., Ryan, J. R., Schürch, C. M., Nolan, G. P., Frakes, D. H., & Coskun, A. F. (2021). Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Rep Med*, 2(7), 100348.
<https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100348>
- Yamada, S., Uwabe, C., Nakatsu-Komatsu, T., Minekura, Y., Iwakura, M., Motoki, T., Nishimiya, K., Iiyama, M., Kakusho, K., & Minoh, M. (2006). Graphic and movie illustrations of human prenatal development and their application to embryological education based on the human embryo specimens in the Kyoto collection. *Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists*, 235(2), 468-477.
- Young, J. Q., Van Merriënboer, J., Durning, S., & Ten Cate, O. (2014). Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Medical teacher*, 36(5), 371-384.
- Zhao, J., Xu, X., Jiang, H., & Ding, Y. (2020). The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Medical Education*, 20(1), 127. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-1994-z>

BIJLAGE

Bijlage 1: Literatuur zoekplan

Databank	Zoektermen (keywords)	Auteur	Publicatie jaar	Titel	Type
Pubmed	"Embryology" AND "Visualisation"	Abdel Meguid et al.	2022	Exploring Visualisation for Embryology Education: A Twenty-First-Century Perspective	Review
Google scholar	Via Triepels et al. (CrossRef)	A. Agbetoba et al.	2017	Educational utility of advanced three-dimensional virtual imaging in evaluating the anatomical configuration of the frontal recess.	Onderzoek
Google scholar	"Virtual reality" AND "Embryology" AND "Education"	SF Alfalah et al.	2019	Virtual Reality Learning Environment in Embryology Education	Onderzoek
Google scholar	"Embryology" AND "Learning" AND "Sources"	T. A. Aversi-Ferreira et al.	2012	Teaching embryology using models construction in practical classes	Onderzoek
Web of Science	"Higher Education" AND "Embryology" AND "3D"	N. Chekrouni et al.	2020	The impact of using three-dimensional digital models of human embryos in the biomedical curriculum	Onderzoek
Google scholar	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	R. Chen et al.	2015	Evaluating the impact of high- and low-fidelity instruction in the development of auscultation skills	Onderzoek
Google scholar	Via N. Chekrouni et al. (CrossRef)	B.S. de Bakker et al.	2016	An interactive three-dimensional digital atlas and quantitative database of human development	Onderzoek
Google scholar	Via B.S. de Bakker et al. (2016)	B.S. de Bakker et al.	2012	Towards a 3-dimensional atlas of the developing human embryo: the Amsterdam experience.	Onderzoek
Google scholar	Via S. N. H. Hadie et al. (CrossRef)	R. L. Drake et al.	2002	Survey of gross anatomy, microscopic anatomy, neuroscience, and embryology courses in medical school curricula in the United States.	Onderzoek
Pubmed	Via N. Chekrouni et al. (CrossRef)	D. G. Guedert et al.	2022	The use of active methodologies for the teaching of human embryology: A systematic review.	Review

Google scholar	"3D" AND "Teaching" AND "Embryology"	S. N. H. Hadie et al.	2024	Effectiveness of Multimedia Approaches in Embryology Teaching: A Scoping Review.	Review
Google scholar	"Embryology" AND "Medical" AND "Schools"	J. Hamilton & R. Carachi	2014	Clinical embryology: is there still a place in medical schools today?	Onderzoek
Google scholar	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	J. C. Holland & T. Pawlikowska	2019	Learning Cardiac Embryology-Which Resources Do Students Use, and Why?	Onderzoek
Google scholar	Via W. Kerdijk et al. (CrossRef)	D. Kember et al.	1995	Learning approaches, study time and academic performance.	Onderzoek
Pubmed	"Performance" AND "Low-scoring" AND "Students"	W. Kerdijk et al.	2013	Cumulative assessment: strategic choices to influence students' study effort.	Onderzoek
Via OPO Leren en Ontwikkeling		F. Laevers	2000	Forward to basics! Deep-level-learning and the experiential approach	Boek
Google scholar	Via S. N. H. Hadie et al. (CrossRef)	K. R. Marsh et al.	2008	Medical student retention of embryonic development: impact of the dimensions added by multimedia tutorials.	Onderzoek
ERIC	"Embryology"	R. Mathew et al.	2024	Learning cardiac embryology on YouTube-What videos are there to view?	Onderzoek
Pubmed	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	R. E. Mayer	2005	Cognitive theory of multimedia learning.	Boek
Pubmed	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	R. E. Mayer	2010	Applying the science of learning to medical education.	Review
Pubmed	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	R. E. Mayer	2020	Designing multimedia instruction in anatomy: An evidence-based approach.	Review
Pubmed	"3D" AND "Teaching" AND "Embryology"	E. R., Meyer & D. Cui	2020	Anatomy visualizations using stereopsis: assessment and implication of stereoscopic virtual models in anatomical education.	Onderzoek
Google scholar	Via S. N. H. Hadie et al. (CrossRef)	S. G., Moraes & L. A. V. Pereira	2010	A multimedia approach for teaching human embryology: Development and evaluation of a methodology.	Onderzoek

Google scholar	Via S. N. H. Hadie et al. (CrossRef)	B. J. Moxham et al.	2017	Embryology and teratology in the curricula of healthcare courses.	Review
Google scholar	Via Triepels et al. (CrossRef)	C. L. Ng et al.	2015	An Innovative 3-dimensional Model of the Epitympanum for Teaching of Middle Ear Anatomy	Onderzoek
Google scholar	"Cognitive" AND "Load" AND "Theory"	F. Paas et al.	2003	Cognitive load theory and instructional design: Recent developments.	Review
Pubmed	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	C. Plunkett et al.	2019	Embryos in gross anatomy laboratory? The educational impact of 3D printed embryo model integration in medical basic sciences education.	Onderzoek
Web of Science	"Higher Education" AND "Embryology" AND "3D"	S. Prabhath et al.	2023	Enhancing the Embryology teaching-learning experience in the medical curriculum: a faculty & student lookout.	Onderzoek
Google scholar	Via Triepels et al. (CrossRef)	P. Ruisoto et al.	2012	Experimental evidence for improved neuroimaging interpretation using three-dimensional graphic models.	Onderzoek
Pubmed	Via Abdel Meguid et al. (CrossRef)	J. G. Ruiz et al.	2009	Computer animations in medical education: a critical literature review.	Review
Google	Intrinsic Motivation Inventory (imi)	R. Ryan	1982	Control and Information in the Intrapersonal Sphere: An Extension of Cognitive Evaluation Theory.	Onderzoek
Google	Intrinsic Motivation Inventory (imi)	R. Ryan et al.	1983	Relation of Reward Contingency and Interpersonal Context to Intrinsic Motivation: A Review and Test Using Cognitive Evaluation Theory.	Onderzoek
Via OPO Leren en Ontwikkeling		D. A Sousa	2016	How the brain learns.	Boek
Pubmed	Via W. Kerdijk et al. (CrossRef)	K. Stegers-Jager et al.	2012	Motivation, learning strategies, participation and medical school performance	Onderzoek
Via OPO Leren en Ontwikkeling		T. Surma et al.	2019	Wijze lessen: Twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek	Boek
Google scholar	"Intrinsic" AND "Germane" AND "Cognitive" AND "Load"	J. Sweller	2010	Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load.	Review

Web of Science	"Higher Education" AND "Embryology" AND "3D"	K. Tait et al.	2020	Learning and embryology: designing an application to improve 3D comprehension of embryological structures.	Boek
Web of Science	"Learning outcome" AND "Effect of intervention" AND "Embryology"	N. C. Tan et al.	2011	A controlled study of team-based learning for undergraduate clinical neurology education	Onderzoek
Google scholar	"Effect" AND "Three-dimensional" AND "Student"	C. P. R Triepels et al.	2020	Does three-dimensional anatomy improve student understanding?	Meta-analyse
Google scholar	"Virtual reality" AND "Biomedical" AND "Education"	M. Venkatesan et al.	2021	Virtual and augmented reality for biomedical applications.	Review
Google scholar	Via B.S. de Bakker et al. (2012) (CrossRef)	S. Yamada et al.	2006	Graphic and movie illustrations of human prenatal development and their application to embryological education based on the human embryo specimens in the Kyoto collection.	Onderzoek
Google scholar	"Cognitive" AND "Load" AND "Theory" AND "Biomedical" AND "Education"	J. Q. Young et al.	2014	Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86.	Review
Google scholar	"Virtual reality" AND "Medical" AND "Meta-analysis"	J. Zhao et al.	2020	The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies.	Meta-analyse

Bijlage 2: Poster

Onderstaande poster werd gedeeld met alle eerstejaarsstudenten vroedkunde van de Hogeschool PXL beoogd die het blok 1.3a 'de zwangerschap – theorie' opnemen ter informeren en rekrutering als participanten.

Workshop: 3D embryologie

Beste eerste jaar vroedkunde student aan de PXL,

Wij zoeken 1^{ste} jaars studenten vroedkunde binnen PXL, die geïnteresseerd zijn in een **3D inzichtelijke aanpak van de embryologie** als aanvulling op het hoorcollege Embryologie en Organogenese.



Waarom?

Wereldwijd wordt embryologie als een moeilijk vak beschouwd door de complexe en abstracte ruimtelijk ontwikkeling. Om die reden zijn er **interactieve 3D-tools** ontwikkeld. Uit onderzoek is gebleken dat het gebruik van 3D-tools de **examenresultaten en het leerplezier positief beïnvloed**.

Hoe?

Wij organiseren op **26/02/2025** een **workshop** over het toepassen van deze **interactieve 3D-tools**. De workshop ziet er als volgt uit:

1. Een korte **introductie** tot het gebruik van de 3D-tool
2. Startende **zelftest** van 8 meerkeuzevragen
3. Vier **hoeken** van 15 minuten over de embryonale ontwikkeling van **verschillende orgaansystemen** (cardiovasculair, centraal zenuwstelsel, spijsverteringsstelsel en urinewegstelsel)
4. Afsluitende zelftest van 8 meerkeuzevragen & **jouw mening!**

Alle vragenlijsten zijn anoniem en worden bij ons ingeleverd zodat wij de resultaten kunnen bekijken



Wie zijn wij?

Wij (Jessica Vanormelingen, Julie De Schrijver, Valentino Atella, en Hanny Brussaard) zijn **studenten Educatieve Master aan de UHasselt**, die als groep een masterproef uitvoeren over innovatieve didactische technieken in het domein welzijn en zorg.

Wij **onderzoeken het effect van de toepassing van een interactieve 3D-tool** in de kennisvergaring omtrent embryologie binnen de opleiding vroedkunde. Deze **tool zal aangepast en afgestemd zijn op het hoorcollege** van de Dr. F. Houben. Wij hebben een handleiding in tabelvorm voor deze 3D-tool opgesteld om zo gericht mogelijk de aanvullende informatie te kunnen raadplegen en gerichte interacties uit te voeren.

De tool is ontwikkeld op basis van **3D-scanning van echte embryo's** binnen de afdeling Anatomie, Embryologie en Fysiologie van het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam.



Bijlage 3: Kwantitatieve vragenset A

De pancreas ontstaat initieel uit twee uitstulpingen van het duodenum. Wat is hun initiële oriëntatie (VA1)

- A. Beide ontstaan dorsaal van het duodenum
- B. Craniaal en caudaal van het duodenum
- C. Ventraal en dorsaal van het duodenum
- D. Lateraal aan weerszijde van het duodenum

Het perineum ontstaat door ... ? (VA2)

- A. de caudale groei van het septum urorectale
- B. de craniale groei van het septum urorectale
- C. het openbreken van het membrana cloacalis

- D. de ontwikkeling van de sinus urogenitalis

Welk proces leidt tot de vorming van de neurale buis? (VA3)

- A. Neurulatie
- B. Gastrulatie
- C. Blastulatie
- D. Ontwikkeling van de mesoderm

Wat gebeurt er met het notochord tijdens de neurulatie? (VA4)

- A. Het wordt het ruggenmerg
- B. Het versmelt met het ectoderm
- C. Het versmelt met het endoderm
- D. Het verandert in de wervelkolom

In de vroege embryonale ontwikkeling van het hart: (VA5)

- A. ontstaan de endocardbuizen uit de somieten
- B. vormen deze endocardbuizen na vergroeiing aan elkaar de toekomstige linker - en rechterhartshelft
- C. bevindt zich om de endocardbuis direct de pericardholte
- D. bevindt zich tussen de endocardbuis en de pericardholte nog de hartgelei.

Na de draaiing van de primitieve hartbuis ontstaan endocardkussens. Welke bewering is correct? (VA6)

- A. deze zijn betrokken bij de ontwikkeling van de aortakleppen
- B. één van de endocardkussens is betrokken bij de vorming van het musculaire deel van het ventriculair septum
- C. deze zijn betrokken bij de ontwikkeling van de atrioventriculaire kleppen
- D. deze zijn betrokken bij de vorming van het septum secundum

De definitieve nier ontstaat uit (VA7)

- A. Het mesonefros
- B. Het pronefros
- C. Het metanefros
- D. Het cloaca

De ureterknop groeit uit: (VA8)

- A. De urogenitale sinus
- B. De ductus mesonephricus
- C. Het metanefros
- D. Het pronefros

Bijlage 4: Kwantitatieve vragen set B

Met betrekking tot de draaiing van het embryonale hart: (VB1)

- A. wordt de bulbus de linkerventrikel
- B. wordt de bulbus de rechterventrikel
- C. is er sprake van slechts één beweging van de hartbuis, waarbij de bulbus naar caudaal verplaatst wordt.
- D. is er sprake van 2 bewegingen, waarbij de bulbus eerst caudaal beweegt en dan nog een longitudinale draaiing rechtsom dus met de klok mee

Welke anatomische structuren zijn geen deel van het intra-embryonale gastro-intestinale stelsel? (VB2)

- A. Het duodenum en de pancreas
- B. De lever en galblaas
- C. De pharynx en de oesophagus
- D. De dooierzak en de allantois

Tijdens de spiraaldraaiing van het uitstroomvat wordt: (VB3)

- A. eerst het septum gevormd tussen de ventrikels om de 2 uitstroomvaten te scheiden
- B. een septum gevormd in het uitstroomvat dat in de toekomst dit vat gaat scheiden in de aorta ascendens en de truncus pulmonalis
- C. komt de aorta ascendens voor de truncus pulmonalis te liggen
- D. er geen rol weggelegd voor de endocardkussens.

De blaas ontstaat uit: (VB4)

- A. Het cloaca
- B. Het metanefros
- C. De ureterknop
- D. De urogenitale sinus

Wat is het resultaat van de incomplete sluiting van de neurale buis bij de ontwikkeling van het embryo? (VB5)

- A. Verlies van functionele neurale netwerken in de hersenen
- B. Vorming van een defect in de neurale lijst
- C. Vorming van structurele afwijkingen zoals anencefalie of spina bifida
- D. misvorming van de neurogenetische gebieden van de hersenen

De ductus mesonephricus (kanaal van Wolff): (VB6)

- A. Worden de eileiders
- B. Worden de ureters
- C. Speelt een rol in de ontwikkeling van het mannelijk geslachtsorgaan
- D. Verdwijnen bij beide geslachten

Wat is de fysiologische navelstrengbreuk? (VB7)

- A. Door de grote omvang van de lever en de kleine buikholte wordt de primitieve darmlussen in de navelstreng geduwd
- B. Door de snelle groei van de middendarm en de kleine buikholte komt de primitieve darmlussen in de navelstreng te liggen
- C. Door de grote draaiing van de maag en de kleine buikholte wordt de primitieve darmlussen in de navelstreng geduwd
- D. Door de grote omvang van de lever en de kleine buikholte komt de ontwikkelende lever in de navelstreng te liggen

De neurale buis sluit in de normale ontwikkeling (VB8)

- A. van het midden naar de buitenzijden (caudaal-craniaal)
- B. van de buitenzijden (caudaal-craniaal) naar het midden
- C. van de bovenzijde (craniaal) naar de onderzijde (caudaal)
- D. van de onderzijde (caudaal) naar de bovenzijde (craniaal)

Bijlage 5: Antwoordstrook

Set = Set A of Set B

Groep = Voor of na workshop

Set:				Groep:			
Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5	Vraag 6	Vraag 7	Vraag 8

Set:				Groep:			
Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5	Vraag 6	Vraag 7	Vraag 8

Bijlage 6: Intrinsieke Motivatie Inventaris (IMI) vragenlijst

Met de Intrinsieke Motivatie Inventaris (IMI) kan de algemene motivatie worden gemeten. Het is een vragenlijst bestaande uit 22 stellingen. Bij elke stelling kan je op een 7-punts schaal aangeven in hoeverre je het eens of oneens bent met de stelling. Omcirkel per stelling in hoeverre je jezelf in die stelling herkent. Er is geen goed of fout antwoord!

Activiteit: _____

Leeftijd: _____

Geslacht:

Man	Vrouw	Andere
-----	-------	--------

1. Ik vond deze activiteit erg leuk om te doen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

2. Ik voelde mij niet nerveus terwijl ik bezig was met de activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

3. Ik had voor mijn gevoel de keuze om de activiteit wel of niet te doen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

4. Ik denk dat ik best wel goed ben in deze activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

5. Ik vond deze activiteit erg interessant.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

6. Ik voelde mij gespannen tijdens de activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

7. Ik denk dat ik best wel goed ben in deze activiteit, vergeleken met andere leerlingen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

8. Het was een leuke activiteit om te doen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

9. Ik was ontspannen tijdens de activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

10. Ik vond het erg leuk om deze activiteit te doen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

11. Ik had niet echt een keuze om de activiteit wel of niet te doen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

12. Ik ben tevreden met hoe ik het heb gedaan bij deze activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

13. Ik was nerveus tijdens de activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

14. Ik vond de activiteit erg saai.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

15. Ik heb het gevoel dat ik deed wat ik wilde doen terwijl bezig was met de activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

16. Ik voelde mij competent* bij deze activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

* Competent: in hoeverre je goed bent in iets.

17. Ik vond de activiteit erg interessant.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

18. Ik ervaarde druk tijdens de activiteit.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

19. Ik heb het gevoel dat ik de activiteit moest doen.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

20. Ik zou de activiteit als 'erg leuk' omschrijven.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

21. Ik deed de activiteit omdat ik geen keuze had.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

22. Nadat ik enige tijd bezig was met deze activiteit, voelde ik mij best competent*.

Past helemaal niet bij mij

Past helemaal bij mij

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

* Competent: in hoeverre je goed bent in iets.

Bijlage 7: Kwalitatieve semigestructureerde topiclijst

Algemeen ervaring workshop

- Hoe heb je de workshop ervaren?
- Hoe beoordeel je de gebruiksvriendelijkheid van de 3D-tool?
- Voelde je je voldoende begeleid tijdens de workshop?

Workshop in verband met de leerstof

- Hoe vond je de theoretische concepten vertaald in de 3D-visualisaties?
- Hoe goed kon je de 3D-tool integreren in je leerproces? Was het een aanvulling op je bestaande kennis?
- Welke dingen ervaarde je als een meerwaarde?
- Welke concepten ontbreken nog voor jou? Wat kwam je tekort?
- Hoe heb je de interactiviteit van de 3D-tool ervaren? Was het makkelijk om de verschillende stadia van de embryonale ontwikkeling te verkennen?
- Denk je dat 3D-technologie nuttig kan zijn voor andere medische of vroedkundige onderwerpen? Bij welke onderdelen denk je dat deze technologie nog waardevol zou kunnen zijn?

Bijlage 8: Creatief onderwijsontwerp – Workshop: Embryologie in Beweging

Een innovatieve, activerende onderwijsvorm binnen het vak embryologie bereikt doormiddel van een workshop opgebouwd via de "3D Atlas of Human Embryology" van De Bakker et al. (2016). Het lesmateriaal bevat: de beoogde leerdoelen, de nodige voorbereidingen voor studenten en docenten, begeleidende presentatie over de embryonale ontwikkeling van vier orgaanstelsels (cardiovasculair stelsel, centraal zenuwstelsel, spijsverteringstelsel, en urinewegstelsel) gekoppeld aan de 3D-visualisatie tool, student-gefocuste handleiding bij de 3D-visualisatie tool, ondersteunende animaties, en zelftestvragen met antwoordsleutel. Het lesmateriaal is te raadplegen via volgende link: <https://drive.google.com/file/d/1RhYiOrHr5rwF8r4inoJoh9rDDtjmIPZn/view?usp=sharing>