

ABSTRACT

VIRTUEL VIRKELIGHED I TANDLÆGEUDDANNELSEN

Træning i patientkommunikation, manuelle færdigheder, præcisionsarbejde, taktilitet og rumlig forståelse er fortsat essentielle elementer i tandlægeuddannelsen, men metoderne og de tekniske hjælpemidler, som er tilgængelige for undervisningsformål, forandres løbende. Digitale læringsmidler, som fx simulering ved hjælp af virtuel virkelighed (Virtual Reality simulators, VRS), er højaktuelle. Artiklen giver en oversigt over VRS i forbindelse med odontologisk uddannelse og udstyrets pædagogiske muligheder og begrænsninger. VRS fremstår som et godt supplement til den eksisterende undervisning, hvis implementeringen sker på en måde, så det ikke opleves som en yderligere belastning i et allerede tætpakket undervisningsprogram. Der er dags dato ingen enheder, som fuldt ud kan erstatte al sædvanlig fysisk færdighedstræning, men området er i hastig udvikling. Vi kan forvente at se mere komplette VRS-enheder for odontologisk undervisning i relativt nær fremtid. Indføring af simulatortræning tidligt i studieforløbet vil udvikle studenternes manuelle og kliniske færdigheder før starten på den praktisk-kliniske del og dermed give forbedret patientsikkerhed og mindre stress for de studerende i overgangsfasen.

EMNEORD Virtual reality | patient communication | manual dexterity | dental education



Korrespondanceansvarlig førsteforfatter:

MARIT ØILO

marit.oilo@uib.no

Virtuel virkelighed i tandlægeuddannelsen

MARIT ØILO, professor, ph.d., institutt for klinisk odontologi, det medisinske fakultet, universitetet i bergen, norge

NILS ROAR GJERDET, professor emeritus, dr.odont., Institutt for klinisk odontologi, Det medisinske fakultet, Universitetet i Bergen, Norge

► Accepteret til publikation den 29. august 2022

Tandlægebladet 2022;126:930-7

DE ODONTOLOGISKE UDDANNELSER undergår forandringer verden over. Vi står i en digitaliseringsrevolution, som for alvor tog fart på grund af COVID-19-pandemien; men forandringerne begyndte meget tidligere (1). Moderne teknologi har åbnet for mange nye pædagogiske muligheder og alternative undervisningsformer (2-4), fx digitale forelæsninger i aktuel tid (synkront) eller som videoforelæsninger (asynkront) og fuldt digitale lærebøger. Hovedfokus i denne artikel er specialiserede simulatorer med digital teknologi, som kan efterligne forskellige praktisk-kliniske odontologiske procedurer.

Før studenterne kan begynde med klinisk patientbehandling, har de brug for grundlæggende viden om forskellige instrumenter og manuelle færdigheder i fx præparations- og restaureringsprocedurer samt diagnostik og patientkommunikation (5,6). Den prækliniske undervisning skal forberede studenterne på en sikker og effektiv patientbehandling ved at træne fingerfærdighed, taktilitet, rumlig forståelse og præcision (5,7,8). Træning i patientkommunikation og journaloptagelse sker ofte ved hjælp af rollespil mellem de studerende, eventuelt med professionelle skuespillere som patienter. Traditionel manuel færdighedstræning i operative procedurer udføres på fysiske fantomhoveder, som kan være mere eller mindre realistiske, og kræver ofte specialiserede undervisningsfaciliteter med kostbart udstyr og driftsmateriel. Færdighedstræning kan også have uheldige miljøaspekter som fx højt lydniveau eller stort materialeforbrug og dermed meget affald. Specialiserede simulatorer, som benytter virtuel virkelighed (VRS) kan være et hensigtsmæssigt og kompletterende værktøj til at lette overgangen mellem den prækliniske færdighedstræning og starten på patientbehandlingen på en pædagogisk måde (9). Hvorvidt

dette bliver mindre kostbart og mere miljøvenligt over tid, er imidlertid usikkert.

SIMULATORUNDERVISNING

Generelt er en simulator et øvelsesværktøj, som skal efterligne reelle opgaver, så man kan opøve nødvendige færdigheder, inden man får de faktiske opgaver og dermed står bedre rustet til at udføre disse korrekt i reelle situationer. Et kendt eksempel er træning for flypiloter i fuldskalasilulatorer, som giver helt realistiske syns- og lydindtryk og i tilgift fysisk tilbagemelding på flyets respons ("cues") som følge af betjening af flyets instrumenter ("input"). På den måde kan man bl.a. genskabe situationer, som kan være vanskelige at opnå under praktisk flyvning, fx fordi de er risikobehæftede.

Inden for odontologien har fantomhoveder længe været og er fortsat en fundamental komponent i odontologiske uddannelser verden over (10,11). Moderne simuleringlaboratorier har fantomhoveder, som er ganske realistiske, idet instrumenteringen, herunder vand, luft og sug, ligner en klinisk behandlingsunit. Undervisningsmetoden er afhængig af den enkelte instruktørs tilbagemelding og subjektive tolkning (8). Det kan også være udfordrende at formidle de terapeutiske aspekter bag de forskellige behandlingsprocedurer, fx fyldninger eller kroner, når fantomtænderne er fejlfrie. Avancerede fantomtænder med caries, defekter eller pulpacavum er typisk for dyre til træning i større skala. Materialekvaliteten er desuden forskellig fra naturlige tænder. Overgangen til behandling af rigtige tænder med caries, fyldninger og andre defekter kan derfor føles voldsom og gøre studenterne usikre, når de starter med klinisk arbejde (9,12).

VIRTUEL VIRKELIGHED (VIRTUAL REALITY, VR)

Virtuel, eller kunstig, virkelighed er et dataskabt miljø med sansindtryk, typisk syns- og lydindtryk, som giver en fornemmelse af en fysisk virkelighed. Ved hjælp af fx VR-briller og diverse bevægelsessensorer kan der skabes en illusion om, at man bevæger sig rundt i det dataskabte miljø. Denne teknologi er velkendt fra fx spil- og underholdningsbranchen.

VR-teknologi kan anvendes i mange medicinske sammenhænge for at visualisere og træne procedurer på alt fra journaloptagelse til komplicerede kirurgiske kikkertoperationer. Den kan også anvendes i kliniske sammenhænge, fx i forbindelse med rehabilitering efter skader og sygdom og eksponeringsterapi i forbindelse med angstbehandling (13,14). Inden for anatomiundervisningen findes der en række digitale programmer, som kan vise anatomiske strukturer i forskellige forstørrelser og vinkler. Man kan vise sammenhængen mellem forskellige strukturer, fx effekten af muskelkontraktion på ekstremiteter eller i kæbeled. Man kan udføre virtuelle dissektioner, som er reversible i det uendelige. De mest avancerede programmer kan lave anatomiske modeller som hologrammer i 3-D i auditoriet (15).

UDVIDET VIRKELIGHED (AUGMENTED REALITY, AR)

AR, også kaldet blandet virkelighed ("mixed reality"), opstår, når dataskabte strukturer blandes med reelle, hvad enten den

reelle verden går ind i et dataskabt miljø eller omvendt. Ved medicinsk anvendelse kan man med AR lægge et tredimensionelt CT-billede af skeletstrukturen op på en video af patienten her og nu. Dette benyttes fx ved træning i anæstesiteknik eller indsættelse af implantater eller i robotassisterede kirurgiske procedurer (16,17). Metoden benyttes også som et redskab til at lære anatomi og patologi på en mere interaktiv måde end ren VR-visualisering.

Et eksempel inden for odontologien er styret, "guided", indsættelse af tandimplantater, hvor man ser operationsfeltet via gennemsigtige VR-briller med CT-billeder lagt ind over området ("overlay"). Instrumenternes position registreres og visualiseres, mens præparationen til implantatet udføres. Sådanne systemer kræver selvsagt, at der foreligger egnede radiologiske data for den aktuelle patient (18).

VR- OG AR-TEKNOLOGI MED HAPTISK RESPONS

Haptisk teknologi vil sige, at man får sansindtryk gennem følesansen via berøringer. De allerfleste VR- og AR-systemer giver ikke haptisk respons, når man fx berører et virtuelt objekt – man får ikke indtryk af konsistens, om det er hårdt eller blødt. Mulige anvendelser af haptisk teknologi er fx træning i palpation af anatomiske strukturer. Haptiske systemer, som skal opfattes som realistiske, kræver raffinerede sensorer og kraftaktuatorer i mindst tre akser samt hurtig databehandling (19).

Inden for odontologiske procedurer er haptisk respons afgørende for, hvor reelt udstyret opleves. Når man præparerer i en tand, skal man kunne mærke forskel på carieret og sund dentin eller emalje. Man skal mærke en modstand, som svarer til det tryk, man lægger på instrumentet og på ▶

Moderne tandlægeuddannelse



Fig. 1. Færdighedscentret ved Institut for klinisk odontologi ved Universitetet i Bergen installerede i 2015 som første lærested i Norden fem VRS-enheder (Simodont). VRS-enhederne benyttes i obligatorisk undervisning i 1.-3. studieår og til eventuel ekstraundervisning i 4.-5. studieår.

Fig. 1. The simulation laboratory at the University of Bergen installed five virtual reality dental simulators in 2015 as the first Nordic dental school (Simodont, Nissin AS). The VRS-units are used for mandatory tasks in the education in the first three years and as a supplement to clinical tasks in the last two years of dental school.

Virtuel virkelighed for odontologisk procedure

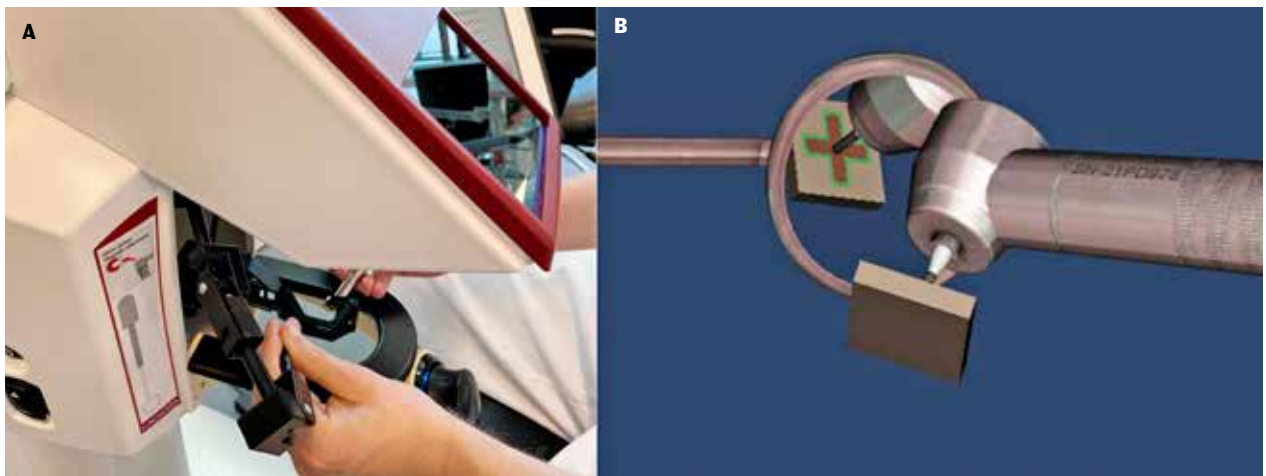


Fig. 2. VRS-enhederne (A) kan benyttes til opøvelse af fingerfærdighed og præcision både ved direkte indsyn og ved brug af spejl (B). Der findes en række opgaver med forskellig sværhedsgrad. Den studerende får tilbagemelding på præstationen i form af procentvis præcision og tidsforbrug og kan følge sine egne fremskridt.

Fig. 2. The VRS-units (A) can be used for manual dexterity training both with direct and indirect (mirror) vision (B). There are many different cases at various levels. The students receive immediate feedback on their precision and can monitor their own progression.)

Kursusprogram for færdighedstræning i en virtuel virkelighed







<p>A</p> <p>MAN001001</p>  <p>Channel LVL 1 (60% target, 0.4mm leeway)</p> <p>attempts: 1</p> <p>Level: 1</p> <p>Due Date: 05/30/2019</p>	<p>B</p> <p>MAN001005</p>  <p>Channel LVL 5 (Indirect vision, 80% target, 0.8mm...)</p> <p>attempts: 0</p> <p>Due Date: 05/30/2019</p>	<p>C</p> <p>MAN001035</p>  <p>Cross LVL 5 (Indirect vision, 80% target, 0.8mm...)</p> <p>attempts: 1</p> <p>Due Date: 06/27/2019</p>
<p>D</p> <p>CAR002002</p>  <p>Class I treatment on tooth #27</p> <p>attempts: 1</p> <p>Due Date: 05/30/2019</p>	<p>E</p> <p>CAR002003</p>  <p>Class II treatment on tooth #37</p> <p>attempts: 0</p> <p>Due Date: 05/30/2019</p>	<p>F</p> <p>syylinder kronepreparering</p>  <p>attempts: 2</p> <p>Due Date: 05/30/2019</p>

Fig. 3. Et kursusprogram for tandlægestuderende, som endnu ikke er begyndt i klinikken, kan se således ud. Nogle fingerfærdighedsopgaver både med direkte indsyn (A) og med spejl (B og C), nogle enkle kliniske opgaver (D og E) samt øvelser i tredimensionel boring (F). Enhederne kan også benyttes til cariesregistrering (se Fig. 5), præparation til fyldninger, kroner og broer samt til endodontisk oplukning. Der er realistiske tandmodeller og kæbemodeller for både børn og voksne. Disse opgaver må stort set vurderes individuelt af en lærer; men der er mulighed for, at uddannelsesstedet kan indlægge en idealpræparation.

Fig. 3. A course curriculum for first year dental student can contain both manual dexterity tasks for direct (A) and indirect vision (B and C) as well as simple clinical cases (D and E) and practice in three-dimensional prepreparation (F). The VRS-units also have possibilities for caries detection, cavity preparation, crown- and bridge preparations and endodontic treatment. Only the dexterity cases have automatic feedback options. The realistic tooth and jaw models require individual assessment and feedback from teachers.

fodkontrollen (20-22). I disse specialiserede systemer bliver responset sædvanligvis overført til et fysisk håndtag, som visuelt kan fremstå som et vinkelstykke eller andre instrumenter (Fig. 1 og 2). Ved hjælp af briller, enten simple 3-d-briller eller eventuelt VR-briller, kan man få en tredimensionel opfattelse af arbejdsområdet.

De mest avancerede odontologiske VRS'er har programmer for mange forskellige procedurer og odontologiske instrumenter, fx virtuelle vinkelstykker, spejle eller sonder. De giver mulighed for at arbejde både med direkte indsyn og med spejl i tohændige procedurer. Der er også mulighed for at avancere fra enkle præcisionsprocedurer til arbejde i anatomisk korrekte kæber (Fig. 3-5). Studenterne kan få adgang til anamnese, røntgenoptagelser og anden nødvendig information for at løse en opgave i en klinisk relevant situation.

klinisk relevans

Simulering ved hjælp af virtuel virkelighed (Virtual Reality simulator, VRS) er et velegnet læringsværktøj i flere odontologiske procedurer og kan dermed lette overgangen fra præklinisk til klinisk undervisning.

Simulering i odontologisk undervisning kan forbedre patient-sikkerheden ved, at de studerende på forhånd bliver udfordret i forskellige behandlingssituationer.

Der er i dag ingen VRS-systemer, som kan erstatte alle aspekter ved præklinisk færdighedstræning, men den hurtige teknologiske udvikling gør VRS stadig mere anvendeligt og klinisk relevant.

Cariesregistrering og kavitspræparation i VR

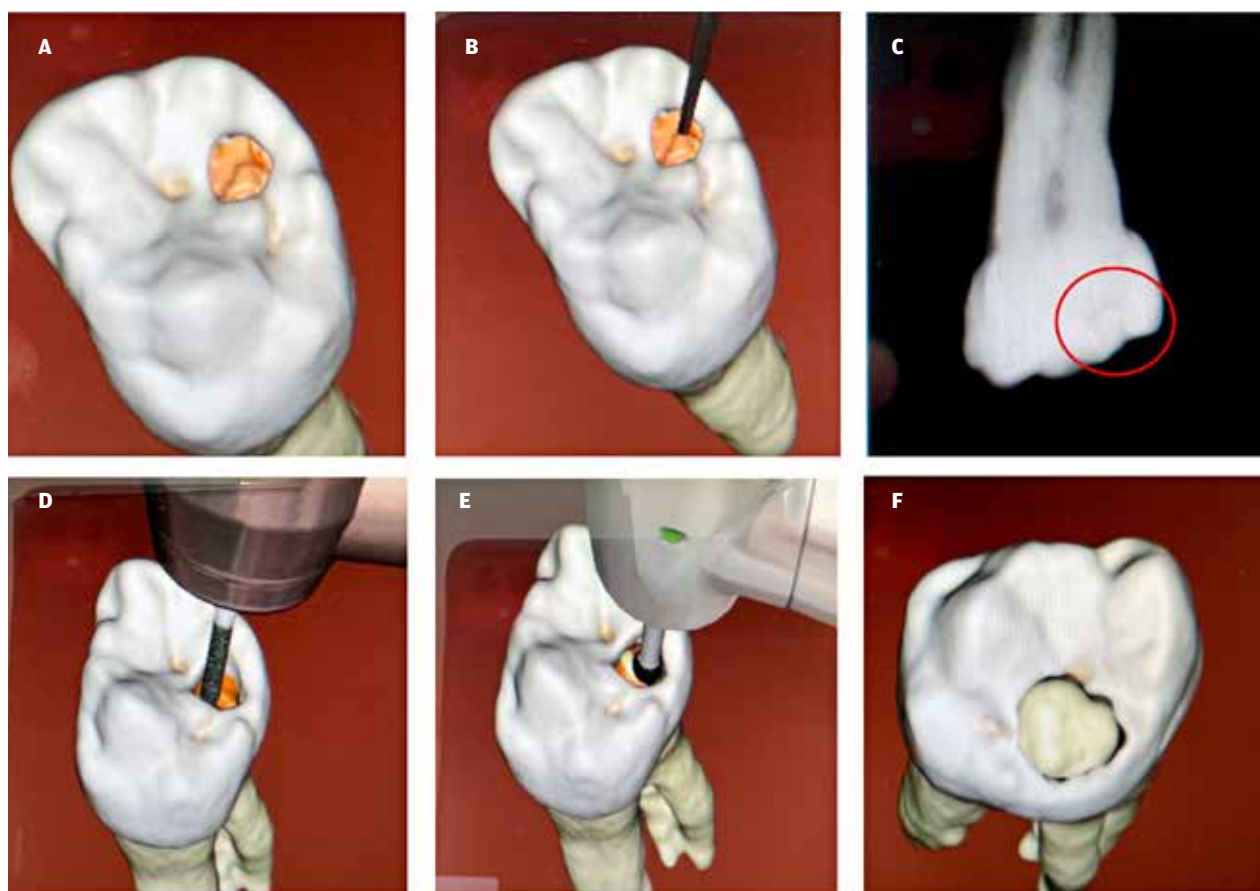


Fig. 4. Eksempel på en nybegynderopgave. **A.** En virtuel tand med okklusale caries. **B.** Carieslæsionen kan sonderes. Haptisk respons sørger for, at forskellen mellem sundt og carieret væv føles realistisk. **C.** Modellen er suppleret med en røntgenoptagelse, som viser omfanget af carieslæsionen (rød ring). **D.** Cylinderformet diamant i turbine benyttes typisk til at åbne kaviteten for indsyn. **E.** Rosenbor i vinkelstykke benyttes til ekskavering. **F.** Færdigpræpareret kavitet klar til godkendelse af læreren.

Fig. 4. An example of a task for first year students. **A.** A virtual tooth with occlusal caries. **B.** the cavity can be explored and the haptic system gives the student a realistic feeling of the difference between healthy and decayed tooth substance. **C.** The case is supplemented with an X-ray where the location and extension of the caries lesion is visible (red ring). **D.** A cylindrical diamond bur in a high-speed turbine drill is used for opening up the cavity. **E.** A low speed drill with a metal bur is used for caries excavation. **F.** Completed task ready for inspection by the teacher.

Bropræparation på VR-model

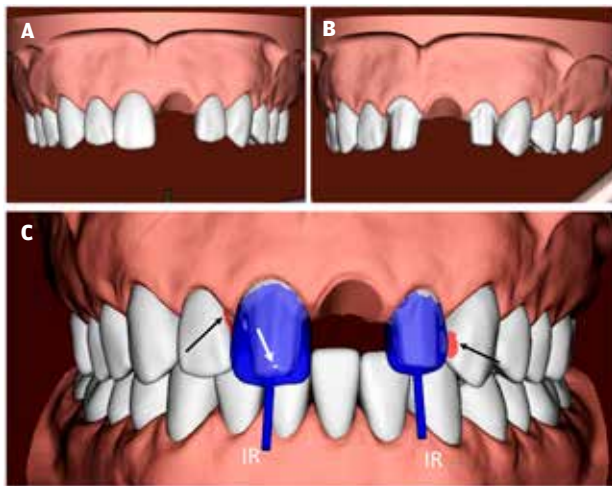


Fig. 5. Model til bropræparation. **A.** Virtuel model, som mangler +1. **B.** Studentens grovpræparation til en bro regio 1+ til +2. **C.** Vurdering af bropræparationen.

Sorte pile indikerer, hvor studenten har skadet nabotænderne (røde områder), blå "pinde" indikerer indskudsretningen (IR) på de præparerede tænder. Det blå gennemsigtige område viser, hvor meget tandsubstans studenten har fjernet. Hvid pil viser, hvor studenten ikke har fjernet nok.

Fig. 5. Model for fpd-preparation. **A.** A virtual model missing tooth 21. **B.** The student's preparation for an FPD 11-21-22, not finished. **C.** Evaluation of the preparation. Black arrows indicate where the student has damaged the neighboring teeth (red areas). The blue pins indicate direction of insertion (IR) of the prepared teeth. The translucent blue area visualizes the amount of tooth substance that has been removed. The white arrow points to where the preparation is insufficient.

Der er dog ingen simulatorer, som i dag fuldt ud kan erstatte al undervisning på fantomhoveder eller andre typer dukker. VRS er som regel specialiseret til én type opgaver, fx parodontal diagnostik og behandling, implantatindsættelse, analgesi, røntgenoptagelse eller operative procedurer (23-25).

PÆDAGOGISKE ASPEKTER AF VR OG AR I ODONTOLOGISK UDDANNELSE

Pædagogisk forskning i anvendelse af VR og AR i odontologisk og medicinsk uddannelse viser, at denne type af hjælpemidler i undervisning kan give bedre og hurtigere erhvervelse af viden og bedre dybdelæring end mere traditionelle undervisningsmetoder (2,3,26,27). Dette skyldes formentlig, at programmerne stimulerer studenterne til at tage mere aktiv del i egen læring, især hvis de også kan tilgås på studenternes egne enheder fx i form af en app. Det er således ikke nødvendigvis VR-enheden i sig selv, som forbedrer læringen, men snarere det forhold, at de studerende har en mere aktiv rolle i egen læring. Anvendelse af VRS i præklinisk færdighedstræning har vist sig at kunne bidrage til effektiv og relevant læring selv med et reduceret antal øvelsестimer (8,28-33). Det giver også mulighed for selvtræning uden instruktør eller afsat undervisningstid og kan dermed komplettere den sædvanlige undervisning (8). Dette kan være særlig aktuelt for studenter med ekstra opfølgingsbehov (30). Det er væsentligt, at studenterne kan løse autentiske op-

gaver med reelle problemstillinger i samarbejde med motive-rede og kompetente instruktører og medstuderende, hvis VRS skal bidrage til tilegnelse af viden (34-37).

Anvendelse af VRS giver fordele med hensyn til objektiv og standardiseret evaluering og tilbagemelding gennem hele arbejdsprocessen og ikke kun af slutresultatet (38). Opgaverne kan gentages flere gange uden ekstra udgifter, og arbejdsgangene kan logføres og sammenlignes (8). Endvidere kan man benytte de objektive mål for præcisionspræparering til at vurdere effekten af forskellige pædagogiske greb og måle fremskridt i løbet af studiet. Træning via VRS reducerer smitterisiko, støv, støj og affald, i hvert fald lokalt. VRS kan tilrettelægge starten på den prækliniske færdighedstræning på et tidligere tidspunkt i uddannelsesforløbet og tilbyde mulighed for indøvelse af kliniske problemstillinger, som på grund af begrænset patientgrundlag ikke er tilgængelige i klinikken. Patientsikkerhed er også et aspekt, idet man kan have opgaver, som af etiske årsager ikke kan udføres i en undervisningssituation, fx træning i, hvordan det opleves at perforere til pulpacavum ved profund caries.

BETÆNKELIGHEDER VED INDFØRELSE AF VRS

Enkelte studier indikerer imidlertid, at studenter og undervisere oplever arbejdet med VRS som urealistisk sammenlignet med den kliniske virkelighed, at håndtaget ikke føles rigtigt, og at der mangler et fast fikseringspunkt for hånden (5). Mange savner blødtvævsrespons, som fx blødning ved pulpaperforation og skader på gingiva. Flere institutioner oplever også en reserveret holdning til VR fra undervisere, som skal implementere metoden i deres undervisning, samt begrænset vilje til at erstatte eksisterende kursusindhold med nyt (8). Ofte bliver det lagt ud som ekstraopgaver, hvilket forøger de studerendes arbejdsmængde. Betydelige investeringsudgifter, tekniske udfordringer og behov for stadige opgraderinger og kompetenceløft gør, at de fleste institutioner vægrer sig ved denne type investeringer (8). Desuden bliver der måske ikke indkøbt tilstrækkelig mange enheder til, at de kan indgå i den sædvanlige undervisning. På uddannelsessteder rundt om i verden står der sikkert en del VR-enheder, som blev anskaffet af entusiaster, men som nu samler støv i depoter.

TRENDS OG FREMTIDSUDSIGTER

Mange studerende er positive over for digitale hjælpemidler og e-læringsplatforme i undervisningssammenhæng og ønsker mere digitalisering af undervisningen (39-41). Sandsynligvis bundes dette i vid udstrækning i nyhedens interesse og i, at de er mere fortrolige med digitale læringsressurser end med lærebøger. Erfaringer fra COVID-19-epidemien tyder på, at studenterne foretrækker at se en video frem for at læse pensum i en bog (39). Digital didaktik ændrer de fysiske rammer for undervisningen og underviserens rolle i forhold til traditionelle undervisningsformer med forelæsninger og planlagte opgaver (42,43). Anvendelse af VRS vil indebære behov for nytænkning i klinisk og paraklinisk undervisning hos lærerne og i undervisningsmiljøet. Dette kræver viden og træning samt formel implementering i læreplaner, så det ikke bliver "en ekstraopgave" i en ellers traditionel undervisning.

Der er imidlertid nogle forhold ved VRS og e-læring til øvelse af odontologiske færdigheder, som bør vurderes nøje før implementering (44,45). Hvordan regulerer man indholdet i onlinebaseret materiale? Hvem er ansvarlig for kvaliteten og opfølgningen? Er det sikkert at benytte programmer, som er styret af eksterne aktører? Kan dette øge risikoen for dataangreb og medføre, at man mister kontrol over information til eller fra de studerende? Kan man koble eksternt styrede enheder på eget intranet, eller skal de være helt afskærmet? Hver enkelt institution må vurdere, hvordan disse faktorer vil påvirke deres valg og muligheder, men forholdene bør også undersøges på generelt grundlag i et globalt perspektiv, hvor information er blevet en handelsvare.

Den teknologiske udvikling vil utvivlsomt gøre simulatortræning stadigt mere realistisk og med flere anvendelsesområder. Inden for simulatorer med haptisk funktion er den specialiserede hardware en kritisk faktor – det er stadig et mekanisk grænsesnit, som er nødvendigt, hvis man skal genspejle taktilitet og haptisk funktion generelt. Der findes reelle muligheder for at lægge specifik information ind for en aktuel patient, men dette kræver, at der foreligger relevante data, som det er muligt at hente ind, fx røntgenoptagelser, intraorale 3-d-scanninger, kliniske fotos eller lignende, som det kendes fra VR-styret implantatindsættelse (Fig. 6).

EKSEMPEL PÅ VRS-IMPLEMENTERING I ODONTOLOGISK GRUNDUDDANNELSE

Ved Institutt for klinisk odontologi ved Universitetet i Bergen har vi fem VRS-enheder for operative procedurer (Simodont, Nissin Dental Products BV, Europe). Disse er gradvis blevet mere og mere implementeret i undervisningen, primært i de tre første studieår. Først får studenterne lov at prøve enkle manuelle opgaver som præcisionsboring med direkte indsyn og i spejl. De prøver også at præparere i virtuelle tænder med caries. Disse opgaver indgår i et introduktionskursus kort efter studiestart, som giver studenterne indblik i det kliniske tandlægefag. De tandlægestuderende har ellers fælles undervisning med de medicinstuderende hele det første studieår. Det omtalte kursus får særdeles gode tilbagemeldinger fra studenterne, især VRS-opgaverne. Studenterne angiver, at det er stærkt motiverende og giver dem et tilhørsforhold til faget, som tidligere studenter har savnet. Siden indførelsen af dette kursus er frafaldet på første studieår reduceret fra ca. 25 % til omkring 12 %.

I andet og tredje studieår benyttes VRS'erne i færdighedstræningskurserne for direkte og indirekte restaureringer med både præcisionsopgaver og virtuelle kliniske patienttilfælde. Under pandemien blev de også benyttet af studenter med behov for flere kliniske tilfælde i fjerde og femte studieår. Fra 2021 er der i en ny studieplan indført et særligt kursus, der udelukkende indeholder VRS-opgaver, før starten på færdighedstræningen. Tanken er, at de studerende skal oparbejde fingerfærdighed, forståelse for præcision, rumlig forståelse og ergonomisk arbejdsstilling, før de begynder med fantomhoveder på færdighedscetret.

Udviklingen og implementeringen har været drevet af en lille håndfuld entusiaster, og efter syv år opleves VRS-enhederne nu som en integreret del af færdighedstræningen. De

Prøveboring på reelt casus i VR



Fig. 6. Eksempel på reelle patientdata i en simulator. Det er en digital model fra en intraoral 3-d-scanning, hvor 7- er kippet mesialt ind i mellemrummet efter 6-. Studenten ønskede at simulere en præparation til bro regio 7- til 5- i VRS-enheden for at se, hvordan præparationen kunne udføres for at opnå fælles indskudsretning på 7- og 5- før patientbehandlingen.

Fig. 6. An example of a real patient case that has been imported to the VRS-unit by a 3D scan. The student plans to make a preparation for a 47-46-45. The tooth 47 has tipped mesially and the student wanted to practice creating a common direction of insertion for tooth 47 and 45 on the VRS before treating the patient.

kunne imidlertid have været udnyttet i langt større grad, især til kliniske tilfælde. Disse erfaringer svarer til de erfaringer, der er gjort ved andre uddannelsessteder med tilsvarende udstyr. Implementeringen er gået relativt langsomt af flere grunde. Studenterne har hele tiden været yderst positive over for VRS-opgaver, men det har været vanskeligt at finde tid ved at fjerne andre obligatoriske opgaver fra pensum. Det, at vi kun har fem enheder, gør, at det er logistisk udfordrende at gennemføre et kursus for mere end 50 studerende. Staben har betragtet VRS-opgaverne mere som et supplement til end som en erstatning for den etablerede undervisning. Kun et fåtal af lærerne tog sig tid til at blive fortrolige med udstyret, da det kom, og endnu færre forsøgte at lave egne opgaver eller patienttilfælde, som var tilpasset vores undervisning og pædagogiske profil. Enkelte fagområder har ikke vist nogen interesse for implementering i deres kurser, selvom der findes yderst egnede patienttilfælde. Dette illustrerer, at ny teknologi må indføres organisatorisk koordineret på institutionen.

De tekniske udfordringer med enhederne er stort set blevet løst relativt hurtigt gennem fjernstyring fra producenten, men der har også været behov for udskiftning af komponenter og for opgraderinger. Opgradering og vedligeholdelse er relativt dyrt, men vi har ikke foretaget beregninger på, hvad vi eventuelt har sparet på andet udstyr eller personel. Det er dog et faktum, at en højere gennemførelsesprocent øger fakultetets indtægter.

RESUMÉ

VRS kan være et nyttigt hjælpemiddel og et godt supplement til den eksisterende prækliniske undervisning og med tiden ►

også til den kliniske undervisning. Anvendelse af VRS må indføres, så det ikke opleves som en ekstrabelastning, hverken for studerende eller undervisere. Det er sikkert mest hensigtsmæssigt at indføre simulatorerne tidligt i studieforløbet, gerne i det første studieår. VRS kan gøre abstrakt indhold mere levende og visualiseret, og undervisningen kan gøres mere problem- eller

kasuscentreret. Overgangen til klinisk praksis vil blive tryggere både for studenter og patienter. Udfordringerne er blandt andet store udgifter både til investering og drift, begrænsninger i selve teknologien, øget behov for IT-teknologisk kompetence og – ikke mindst – et læringsmiljø, hvor den type teknologi er en naturlig del af aktiviteten. ♦

ABSTRACT (ENGLISH)

VIRTUAL REALITY IN DENTAL EDUCATION

Training of patient communication, manual dexterity, precision, tactility and visual-spatial perception is still essential in dental education. The methods and equipment available for dental education is in constant transition. Digital tools such as virtual reality simulators (VRS) are highly relevant in this regard. This paper gives a brief introduction to Virtual Reality as a pedagogical tool with its possibilities and limitations. VRS is a good supplement to existing tuition when the implementation is not perceived as an extra workload in an

already densely packed curriculum. At present, no dental educational VRS-system can fully substitute all traditional phantom head training. The rapid development in this area indicates that we can expect more comprehensive dental VRS-units in the near future. Early introduction to dental VRS training will augment the students' progression in manual dexterity and clinical comprehension prior to clinical practice with real patients. This will again increase the patient safety and simultaneously reduce the students' stress level in the transition from pre-clinical to clinical practice.

LITTERATUR

- Benavides LMC, Tamayo Arias JA, Arango Serna MD et al. Digital transformation in higher education institutions: A systematic literature review. *Sensors* 2020;20:3291.
- Saghiri MA, Vakhnovetsky J, Nader-shahi N. Scoping review of artificial intelligence and immersive digital tools in dental education. *J Dent Educ* 2022;86:736-50.
- Li Y, Ye H, Ye F et al. The current situation and future prospects of simulators in dental education. *J Med Internet Res* 2021;23:e23635.
- Haug D, Kjeseth I, Lægred T et al. Virtuelle virkelighetssimulatorer som pedagogisk hjelpemiddel i odontologisk utdanning. *Nor Tannlaegeforen Tid* 2018;128:252-8.
- Eve EJ, Koo S, Alshihri AA et al. Performance of dental students versus prosthodontics residents on a 3D immersive haptic simulator. *J Dent Educ* 2014;78:630-7.
- Luck O, Reitemeier B, Scheuch K. Testing of fine motor skills in dental students. *Eur J Dent Educ* 2000;4:10-4.
- Ben-Gal G, Weiss EI, Gafni N et al. Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. *Eur J Dent Educ* 2013;17:138-42.
- Gal GB, Weiss EI, Gafni N et al. Preliminary assessment of faculty and student perception of a haptic virtual reality simulator for training dental manual dexterity. *J Dent Educ* 2011;75:496-504.
- Botelho M, Gao X, Bhuyan SY. An analysis of clinical transition stresses experienced by dental students: A qualitative methods approach. *Eur J Dent Educ* 2018;22:e564-72.
- Fugill M. Defining the purpose of phantom head. *Eur J Dent Educ* 2013;17:e1-4.
- Sir Mason D. Oswald Fergus, a pioneer of simulated dental clinical practice 2006. (Set 2022 august). Tilgængelig fra: URL: http://www.historyofdentistry.group/index_html_files/2006May2.pdf.
- Frese C, Wolff D, Saure D et al. Psychosocial impact, perceived stress and learning effect in undergraduate dental students during transition from pre-clinical to clinical education. *Eur J Dent Educ* 2018;22:e555-63.
- Kelson NK, Ridout B, Steinbeck K et al. The use of virtual reality for managing psychological distress in adolescents: Systematic review. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2021;24:633-41.
- Stetz MAJMC, Ries RI, Folen RA. Virtual reality supporting psychological health. In: Brahnam S, Jain LC, eds. *Advanced computational intelligence paradigms in healthcare 6 virtual reality in psychotherapy, rehabilitation, and assessment*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011;13-29.
- CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY. HoloAnatomy app helps medical students learn anatomy. Youtube 2022. (Set 2022 august). Tilgængelig fra: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gzUTT1Kygo4>.
- Dhar P, Rocks T, Samarasinghe RM et al. Augmented reality in medical education: students' experiences and learning outcomes. *Med Educ Online* 2021;26:1953953.
- Joda T, Gallucci GO, Wismeijer et al. Augmented and virtual reality in dental medicine: a systematic review. *Comput Biol Med* 2019;108:93-100.
- Kivovics M, Takács A, Péntes D et al. Accuracy of dental implant placement using augmented reality-based navigation, static computer assisted implant surgery, and the free-hand method: An in vitro study. *J Dent* 2022;119:104070.
- Escobar-Castillejos D, Noguez J, Neri L et al. A Review of simulators with haptic devices for medical training. *J Med Sys* 2016;40:104.
- ENGLISH OXFORD LIVING DICTIONARY. Haptic: Oxford Dictionary; 2016. (Set 2022 august). Tilgængelig fra: URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/haptic>.
- Srinivasan MA. What is Haptics? Geomagic: Geomagic; 201. (Set 2022 august). Tilgængelig fra: URL: http://www.geomagic.com/files/7713/4857/8044/what_is_haptics.pdf.

22. Salisbury K, Conti F, Barbagli F. Haptic rendering: introductory concepts. *IEE Comput Graph Appl* 2004;24:24-32.
23. VIRTEASY. (Set 2022 august). Tilgjengelig fra: URL: <https://virteasy.com/>.
24. NISSIN. Simodont Dental Trainer. (Set 2022 august). Tilgjengelig fra: URL: <https://www.simodont-dentaltrainer.com/2022>.
25. UniSim. World's first haptic & VR dental simulator provides remote training opportunities. (Set 2022 august). Tilgjengelig fra: URL: <https://www.healthysimulation.com/30546/vr-dental-simulation/>.
26. Duarte ML, Santos LR, Guimarães Júnior JB et al. Learning anatomy by virtual reality and augmented reality. A scope review. *Morphologie* 2020;104:254-66.
27. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H et al. Digital undergraduate education in dentistry: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:3269.
28. Maggio M, Buchanan J, Berthold P, Gottlieb R. Curriculum changes in preclinical laboratory education with virtual reality-based technology training. *J Dent Educ* 2005;69:160.
29. LeBlanc VR, Urbankova A, Hadavi F et al. A preliminary study in using virtual reality to train dental students. *J Dent Educ* 2004;68:378-83.
30. Jasinevicius TR, Landers M, Nelson S et al. An evaluation of two dental simulation systems: virtual reality versus contemporary non-computer-assisted. *J Dent Educ* 2004;68:1151-62.
31. Imber S, Shapira G, Gordon M et al. A virtual reality dental simulator predicts performance in an operative dentistry manikin course. *Eur J Dent Educ* 2003;7:160-3.
32. Pohlenz P, Gröbe A, Petersik A et al. Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school. *J Craniomaxillofac Surg* 2010;38:560-4.
33. Thomas G, Johnson L, Dow S et al. The design and testing of a force feedback dental simulator. *Comput Methods Programs Biomed* 2001;64:53-64.
34. Mølster T, Rydgren T, Gunnerud B et al. Simuleringsteknologi i utdanning – et bidrag til aktiv læring? *Høgskolen i Hedmark* 12.05.2016.
35. LABSTER. Empowering the next generation of scientists to change the world; 2017. (Set 2015 november). Tilgjengelig fra: URL: <https://www.labster.com/about/>.
36. Perry S, Bridges SM, Burrow MF. A review of the use of simulation in dental education. *Simul Healthc* 2015;10:31-7.
37. OECD. Higher Education To 2030, Volume 2: Globalisation. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 2009. (Set 2022 august). Tilgjengelig fra: URL: https://cyber.harvard.edu/communia2010/sites/communia2010/images/OECD_2009_Higher_Education_to_2030_Volume_2_Globalisation.pdf.
38. Ziv A, Wolpe PR, Small SD et al. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Simul Healthc* 2006;1:252-6.
39. Bunæs DF, Øilo M. Fra fysisk til digital undervisning. Odontologistudenters opplevelser av "stengt universitet". *Nor Tannlegefor Tid* 2020;131:988-95.
40. Ren Q, Wang Y, Zheng Q et al. Survey of student attitudes towards digital simulation technologies at a dental school in China. *Eur J Dent Educ* 2016. doi: 10.1111/eje.12198.
41. Paechter M, Maier B, Macher D. Students' expectations of, and experiences in e-learning: Their relation to learning achievements and course satisfaction. *Computers & Education* 2010;54:222-9.
42. Imsen G, Eriksson G. Elevers verden: innføring i pedagogisk psykologi. Oslo: TANO, 1991;362.
43. Larsen CS. Hvorfor digital didaktikk? Bærum Kommune; 2017. (Set 2022 august). Tilgjengelig fra: URL: <http://digitaldidaktikk.no/refleksjon/detalj/hvorfor>.
44. OECD. CERI. Trends shaping education 2016. Set 2016 november). Tilgjengelig fra: URL: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/trends-shaping-education-2016_trends_edu-2016-en#page107.
45. Yu H, Miao C, Leung C et al. Towards AI-powered personalization in MOOC learning. *NPJ Sci Learn* 2017;2:15.