

HOVEDBUDSKAP

- Simulering ved hjelp av virtuell virkelighet («Virtual Reality simulators» VRS) er godt egnet som læringsverktøy i flere odontologiske prosedyrer og kan gjøre overgangen fra preklinisk til klinisk undervisning lettere.
- Simulering i odontologisk undervisning kan gi økt pasientsikkerhet ved at studentene blir øvet i ulike behandlingssituasjoner på forhånd.
- Det er ingen VRS-systemer i dag som kan erstatte alle aspekter ved preklinisk ferdighetstrening, men den hurtige teknologisk utviklingen gjør VRS stadig mer anvendelig og klinisk relevant.

FORFATTERE

Marit Øilo, professor. Institutt for klinisk odontologi, Det medisinske fakultet, Universitetet i Bergen, Norge
Nils Roar Gjerdet, professor emeritus. Institutt for klinisk odontologi, Det medisinske fakultet, Universitetet i Bergen, Norge

Korresponderende forfatter: Marit Øilo. Institutt for klinisk odontologi, Årstadveien 19, NO-5009 Bergen. E-post: marit.øilo@uib.no

Akseptert for publisering 08.11.22.

Artikkelen er fagfellevurdert.

Øilo M, Gjerdet NR. Virtuell virkelighet (VR) i tannlegeutdanning. Nor Tannlegeforen Tid. 2022; 132: 1028-35.

MeSH: Education; Students, dental; Simulation training; Digital technology;

Dette er en sekundærpublisering: Artikkelen er en norskspråklig versjon av en artikkel publisert i Tandlægebladet 2022;126: nr 10, side 930-37.

Virtuell virkelighet (VR) i tannlegeutdanning

Marit Øilo og Nils Roar Gjerdet

Opptrening av pasientkommunikasjon, manuelle ferdigheter, nøyaktighet, taktilitet og romforståelse er fremdeles essensielle for tannlegeutdanning, men metodene og de tekniske hjelpemidlene som er tilgjengelig for undervisningsformål er i stadig endring. Digitale læringsmidler, som for eksempel simulering ved hjelp av virtuell virkelighet (VRS), er svært aktuelle. Artikkelen gir en oversikt over VRS for odontologisk utdanning og de pedagogiske mulighetene og begrensinger som ligger i slikt utstyr.

VRS fremstår som et godt supplement til eksisterende undervisning dersom implementeringen blir utført slik at det ikke oppleves som en merbelastning i et allerede fullpakket studieprogram. Det er per i dag ingen enheter som fullt ut kan erstatte all vanlig fysisk ferdighetstrening, men det er en rask utvikling på området. Vi kan forvente oss mer komplette VRS-enheter for odontologisk undervisning i relativt nær fremtid. Innføring av simulatorentrening tidlig i studieløpet vil utvikle studentenes manuelle og kliniske ferdigheter før oppstart av klinisk virksomhet og dermed gi økt pasientsikkerhet og mindre stress for studentene i overgangsfasen.

Odontologisk utdanning er i endring verden over. Vi står i en digitaliseringsrevolusjon som for alvor skjøt fart på grunn av Covid-19-pandemien, men endringene begynte mye tidligere (1). Moderne teknologi har åpnet opp for mange nye pedagogiske muligheter og alternative undervisningsformer (2-4), for eksempel digitale forelesninger i sanntid (synkront) eller som videoforelesninger (asynkront) og heldigitale lærebøker. Hovedfokus i denne artikkelen er spesialiserte simulatorer med digital teknologi der man kan etterligne ulike praktisk-kliniske odontologiske prosedyrer.

Før studentene kan begynne med klinisk pasientbehandling, trenger de grunnleggende kunnskaper om ulike instrumenter og manuelle ferdigheter for å arbeide med for eksempel preparerings- og restaureringsprosedyrer samt diagnostikk og pasientkommunikasjon (5, 6). Slik preklinisk undervisning skal forberede studenter på en sikker og effektiv pasientbehandling ved å trene opp fingerferdigheter, taktilitet, romforståelse og presisjon (5, 7, 8). Trening i pasientkommunikasjon og journalopptak gjøres ofte som rollespill mellom studenter, eventuelt med profesjonelle skuespillerpasienter. Tradisjonell manuell ferdighetstrening på operative prosedyrer blir utført på fysiske fantomhoder, som kan være mer eller mindre realistiske og ofte krever spesialiserte undervisningsfasiliteter, kostbart utstyr og driftsmateriell. Ferdighetstrening kan også ha uheldige miljøaspekter, som for eksempel høyt lydnivå eller stort materialforbruk og tilsvarende mye avfall. Spesialiserte simulatorer som benytter virtuell virkelighet (VRS) kan være et hensiktsmessig og kompletterende verktøy for å redusere gapet mellom den prekliniske ferdighetstreningen og starten på pasientbehandling på en pedagogisk måte (9). Hvorvidt dette blir mindre kostbart og mer miljøvennlig over tid er imidlertid usikkert.

Simulatorundervisning

Generelt er en simulator et øvingsverktøy som skal etterligne reelle oppgaver for å trene opp nødvendige ferdigheter i forkant av de faktiske oppgavene, slik at disse kan utføres korrekt i reelle situasjoner. Et kjent eksempel er trening for flygere i fullskala simulatorer, som gir helt realistiske syns- og lydinntrykk, og også fysisk tilbake melding på flyets respons («cues») som følge av betjening av flykontrollene («input»). Slik kan man blant annet gjenskape situasjoner som vanskelige å oppnå eller er for risikofylte under praktisk flyging.

I odontologi har fantomhoder lenge vært, og er fortsatt en fundamental komponent i tannhelseutdanningen verden over (10, 11). Moderne simuleringslaboratorier har fantomhoder som er ganske realistiske der instrumenteringen, inkludert vann, luft og sug, ligner en klinisk behandlingsunit. Undervisningsmetoden er avhengig av den enkelte instruktørs tilbakemelding og subjektive tolkning (8). Det kan også være utfordrende å formidle de terapeutiske aspektene bak de ulike behandlingsprosedurene, for eksempel fyllinger eller kroner, når fantomtennene er feilfrie. Avanserte fantomtenner med karies, defekter eller pulpakavum er gjerne for kostbare til mengdetrening. Materialkvaliteten er dessuten forskjellig fra naturlige tenner. Det kan derfor oppleves som en stor overgang til behandling av reelle tenner, med karies, fyllinger og andre defekter og gjøre studentene usikre når de starter med klinisk arbeid (9, 12).

Virtuell virkelighet, «virtual reality» (VR)

Virtuell, eller kunstig, virkelighet er et dataskapt miljø med sanseintrykk, vanligst syns- og lydinntrykk, som gir inntrykk av en fysisk virkelighet. Ved hjelp av for eksempel VR-briller og ulike bevegelsessensorer kan det skapes en illusjon av å bevege seg i det dataskapte miljøet. Dette er velkjent teknologi fra for eksempel spill- og underholdningsbransjen.

VR-teknologi kan anvendes i mange medisinske sammenhenger for å visualisere og trene på prosedyrer på alt fra journalopptak til kompliserte kirurgiske kikkhullsoperasjoner. Den kan også anvendes i kliniske sammenhenger, for eksempel i forbindelse med rehabilitering etter skader og sykdom og eksponeringsterapi i forbindelse med angstbehandling (13, 14). Innen anatomiundervisning finnes det en rekke digitale programmer som kan vise anatomiske strukturer i ulike forstørrelser og vinkler. Man kan vise sammenhengen mellom ulike strukturer, eksempelvis effekt av muskelkontraksjon på ekstremiteter eller i kjeveledd. Man kan gjøre virtuell disseksjon, som er reversibel i det uendelige. De mest avanserte programmene kan lage anatomiske modeller som hologrammer i 3 dimensjoner i auditoriet (15).

Utvidet virkelighet, «augmented reality» (AR)

AR, også kalt blandet virkelighet («mixed reality») er når dataskapte strukturer blandes med reelle, enten den reelle verden inn i et dataskapt miljø, eller omvendt. Innen medisinsk bruk kan man ved AR legge et tre-dimensjonalt CT-bilde av skjelettstrukturen oppå video i sanntid av pasienten. Dette benyttes for eksempel i opplæring i anestesiteknikk eller innsetting av implantater eller i robot-assisterte kirurgiske prosedyrer (16, 17). Dette benyttes også som et verktøy for å lære anatomi og patologi på en mer interaktiv måte enn ren VR-visualisering.

Et eksempel innen odontologi er ledet, «guided», innsetting av tannimplantater ved å se operasjonsfeltet via gjennomskjennende VR-briller med CT bilder lagt over området (overlay). Instrumentposisjon registreres og visualiseres imens preparering for implantatet gjøres. Slike systemer krever selvsagt at det foreligger egnede radiologiske data for den aktuelle pasienten (18).

VR og AR teknologi med haptisk respons

Haptisk teknologi vil si at man får sanseintrykk gjennom berøringssansen. De aller fleste VR og AR systemer gir ikke haptisk respons når man for eksempel berører et virtuelt objekt – man får ikke inntrykk av konsistens, om det er hardt eller mykt. Mulige anvendelser av haptisk teknologi er for eksempel læring av palpering av anatomiske strukturer. Haptiske systemer som skal oppfattes

som realistiske, krever raffinerte sensorer og kraftaktuatorer i minst tre akser samt hurtig dataprosessering (19).

Innen odontologiske prosedyrer er haptisk respons avgjørende for hvor reelt utstyret oppleves. Når man preparerer i en tann, må man kunne kjenne forskjell på kariøst og friskt dentin eller emalje. Man må kjenne motstand som svarer til det trykket man legger på instrumentet og på fotkontrollen (20-22). I disse spesialiserte systemene blir responsen vanligvis overført til fysisk håndgrep som visuelt kan framstå som et vinkelstykke eller andre instrumenter (figur 1 og 2). Ved hjelp av briller, enten enkle 3D-briller eller eventuelt VR-briller, kan man få en tredimensjonal oppfatning av arbeidsområdet.



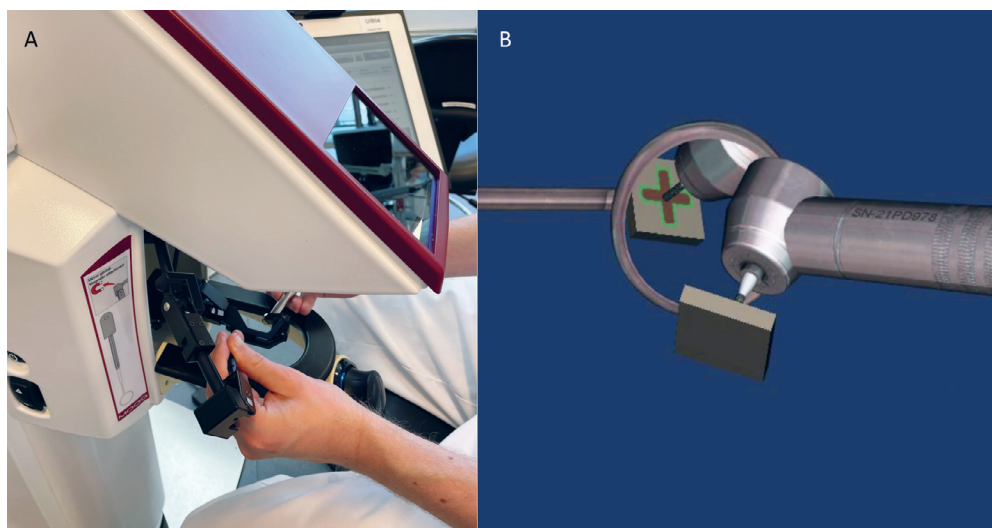
Figur 1. Moderne tannlegeutdanning: Ferdighetssenteret ved Institutt for klinisk odontologi ved Universitetet i Bergen installerte fem VRS-enheter i 2015, som første lærested i Norden (Simodont). VRS-enhetene benyttes i obligatorisk undervisning i 1-3 studieår og til eventuell tilleggsundervisning i 4.-5. studieår.

De mest avanserte odontologiske VRS-ene har programmer for mange ulike prosedyrer og dentale instrumenter, for eksempel virtuelle vinkelstykker, speil eller sonde. De har mulighet for å arbeide både med direkte innsyn og med speil i to-hendige prosedyrer. De har også muligheter for å avansere fra enkle presisjonsprosedyrer til arbeid i anatomisk korrekte kjever (figur 3-5). Studentene kan få tilgang på anamnese, røntgenbilder og annen nødvendig informasjon for å løse en oppgave i en klinisk relevant situasjon.

Det er likevel ingen simulatorer som i dag kan fullt ut erstatte all undervisning på fantomhoder eller andre typer dukker. VRS er som regel spesialisert for en type oppgave, for eksempel periodontal diagnostikk og terapi, implantatinnsetting, anestesi, røntgenopptak eller operative prosedyrer (23-25).

Pedagogiske aspekter av VR og AR i odontologisk utdanning

Pedagogisk forskning på bruk av VR og AR i odontologisk og medisinsk utdanning viser at denne typen hjelpemidler i undervisning kan gi bedre og raskere kunnskapservvelse og økt dybdelæring enn ved bruk av tradisjonell undervisning (2, 3, 26, 27). Dette er trolig fordi programmene stimulerer studentene til å ta mer aktivt del i egen læring, spesielt dersom de også kan tilgjengeliggjøres på studentenes egne enheter som en egen applikasjon e.l. Det er dermed ikke nødvendigvis VR-enheten i seg selv som gir økt læring, men det at studentene har en mer aktiv rolle i egen læring. Bruk av VRS i preklinisk ferdighetstrening har vist seg å kunne bidra til effektiv og relevant læring selv med redusert antall øvingstimer (8, 28-33). Det gir også mulighet for egentrening, uten instruktør eller oppsatt undervisningstid, og kan dermed komplettere vanlig undervisning (8). Dette kan være særlig aktuelt for studenter med ekstra oppfølgingsbehov (30). Det er vesentlig at studentene kan løse autentiske oppgaver, med reelle problemstil-



Figur 2. Virtuell virkelighet for dentale prosedyrer: VRS-enhetene (A) kan benyttes til opptrening av fingerferdighet og presisjon både ved direkte innsyn og ved bruk av speil (B). Det finnes en rekke oppgaver med ulik vanskelighetsgrad. Studenten får tilbakemelding på prestasjon i form av prosentvis presisjon og tidsbruk og kan følge sin egen progresjon.

linger i samarbeid med motiverte og kompetente instruktører og medstudenter, for at VRS skal bidra til kunnskapstilegnelse (34-37).

Bruk av VRS gir fordeler med hensyn til objektiv og standardisert evaluering og tilbakemelding gjennom hele arbeidsprosessen, ikke bare av sluttresultatet (38). Oppgavene kan gjentas flere ganger uten ekstra kostnader, og arbeidsprogresjonen kan loggføres og sammenlignes (8). Videre kan man benytte de objektive målene på presisjonspreparering til å vurdere effekt av ulike pedagogiske grep og progresjon gjennom studiet. Øving på VRS reduserer smitterisiko, støv, støy og avfall, i hvert fall lokalt. VRS kan legge til rette for oppstart av preklinisk ferdighetstrening på et tidligere tidspunkt i utdanningsløpet, samt tilby øvingsmulighet på kliniske problemstillinger som på grunn av begrenset pasientgrunnlag ikke er tilgjengelig i klinikken. Pasientsikkerhet er også et aspekt ved at man kan ha oppgaver som av etiske årsaker ikke kan utføres i en undervisningssituasjon, for eksempel å trene på hvordan det oppleves å perforere til pulpakavum ved dyp karies.

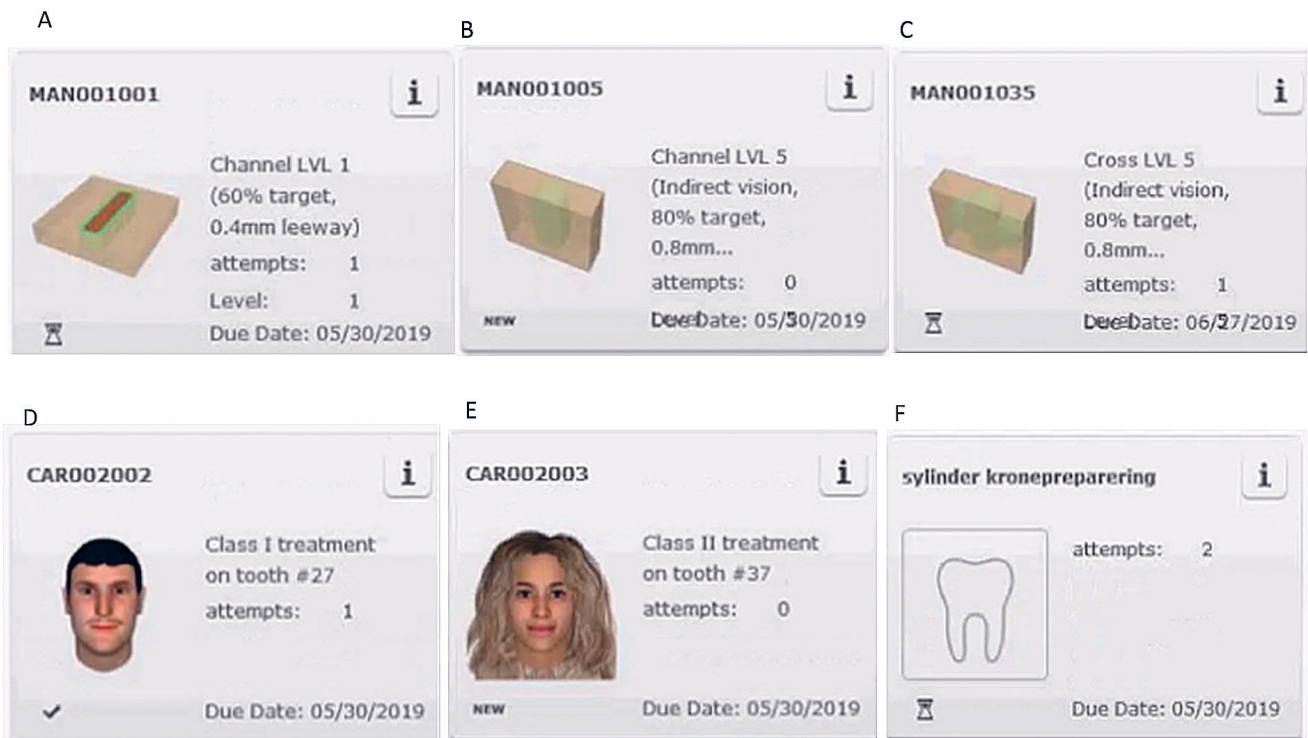
Betenkeligheter ved innføring av VRS

Enkelte studier indikerer imidlertid at studenter og undervisere mener arbeid på VRS føles urealistisk sammenlignet med klinisk

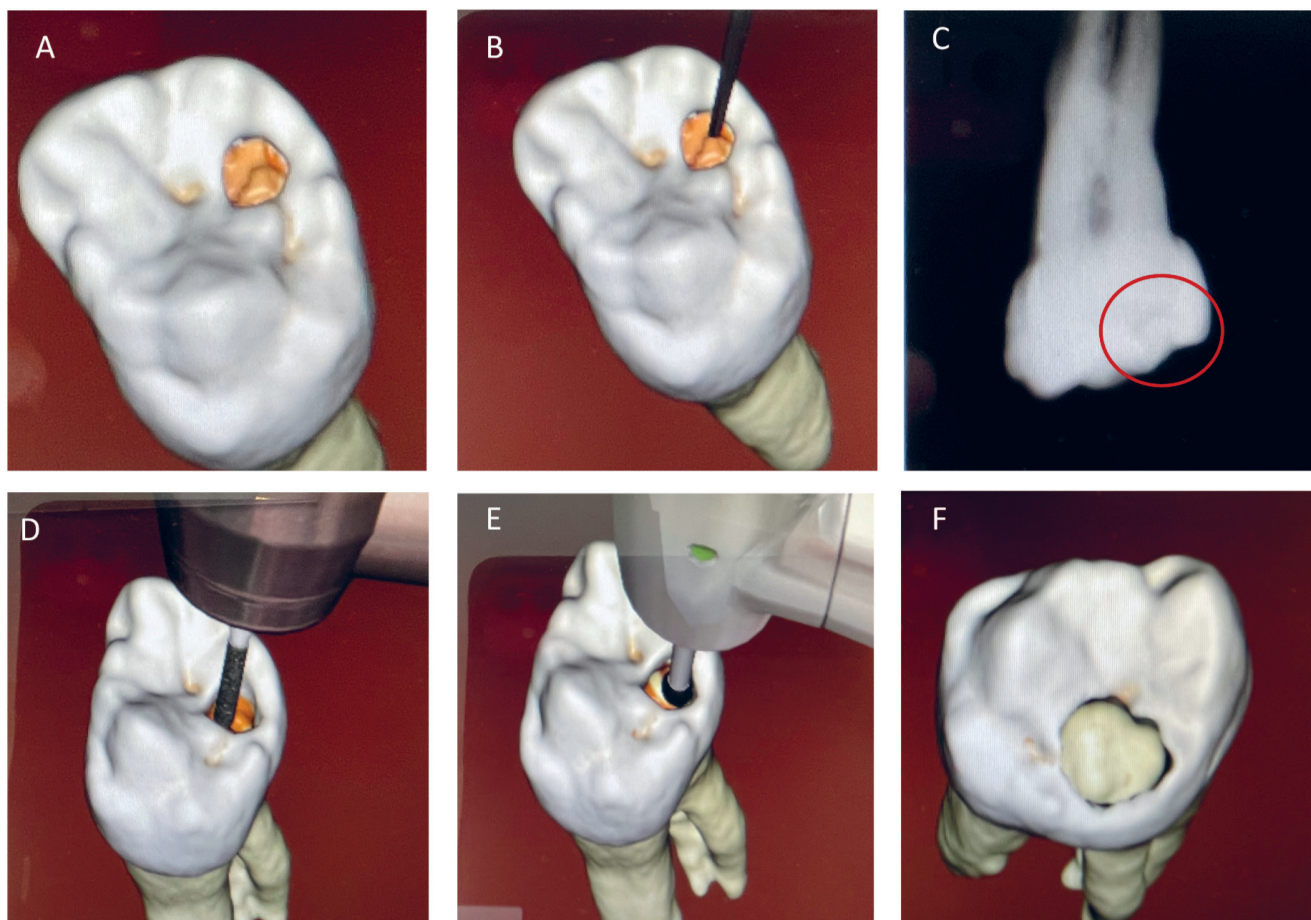
virkelighet, at håndgrepet ikke føles likt, og at et fast fikseringspunkt for hånden mangler (5). Mange savner bløtvevsrespons, som blødning ved pulpaperforasjon og skader på gingiva. Flere institusjoner opplever også en reservert holdning til VR fra undervisere som skal implementere det i sin undervisning, samt liten vilje til å erstatte eksisterende kursinnhold med nytt (8). Ofte blir det lagt til som ekstraoppgaver, noe som slår negativt ut for studentenes arbeidsmengde. Betydelige investeringskostnader, tekniske utfordringer, og behov for stadige oppgradering og kompetanseheving gjør at det fleste institusjoner vegrer seg for denne typen investeringer (8). I tillegg blir det kanskje ikke kjøpt inn tilstrekkelig antall enheter til at det kan inngå i vanlig undervisning. På ulike læresteder i verden står det trolig en del VR-enheter, som var anskaffet av entusiaster, men som etter hvert støver ned i en krok.

Trender og framtidssutsikter

Mange studenter er positive til digitale hjelpemidler og E-læringsplattformer i undervisningssammenheng og ønsker mer digitalisering av undervisningen (39-41). Trolig bunner dette i stor grad av nyhetsinteresse og det at de er mer vant med digitale læringsressur-



Figur 3. Kursoppsett for ferdighetstrening i en virtuell virkelighet: Et kursoppsett for tannlegestudenter som ennå ikke har begynt i klinikk kan se slik ut. Noen fingerferdighetsoppgaver både med direkte innsyn (A) og med speil (B og C), samt noen enkle kliniske oppgaver (D og E) samt øvelser i tredimensjonal boring (F). Enhetene kan også benyttes til kariesdeteksjon (se figur 4), preparering for fyllinger, krone- og broprepareringer, samt for kavumpreparering for endodontisk terapi. Det er realistiske tan modeller og kjevemodeller for både barn og voksne. Disse oppgavene må stort sett vurderes individuelt av lærer, men det finnes muligheter for å legge inn en idealpreparering bestemt av lærestedet.



Figur 4. Kariesdeteksjon og kavitetspreparering i VR: Eksempel på en nybegynneroppgave. A) En virtuell tann med okklusal karies. B) Kariesangrepet kan sonderes. Haptisk respons sørger for at forskjellen mellom friskt og kariert vev føles realistisk. C) Modellen er supplert med et røntgenbilde som viser omfanget av karieslesjonen (rød ring). D) Sylinderformet diamant i turbin benyttes typisk for å åpne opp kaviteten for innsyn. E) Rosenbor i et vinkelstykke benyttes for ekskavering. F) Ferdig preparert kavitert klar for inspeksjon av lærer.

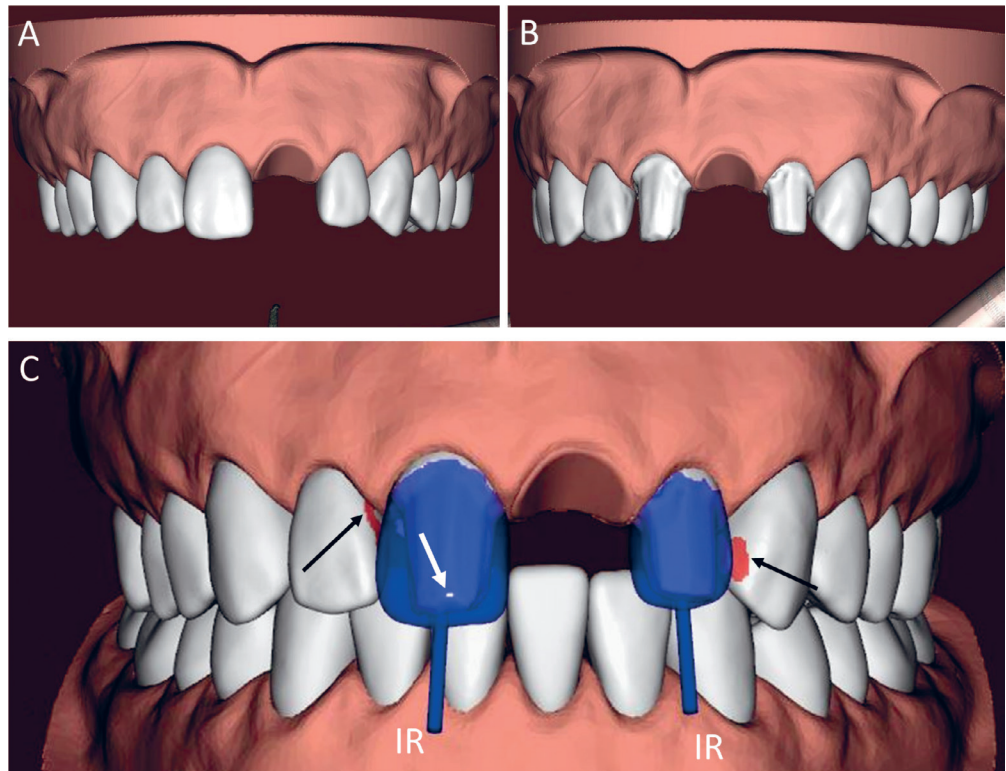
ser enn med lærebøker. Erfaringer fra Covid 19-epidemien indikerer at studentene foretrekker å se en video fremfor å lese pensum i en bok (39). Digital didaktikk endrer de fysiske rammene for undervisning og underviserens rolle i forhold til tradisjonelle undervisningsformene med forelesninger og planlagte oppgaver (42, 43). Bruk av VRS vil innebære behov for nytenkning i klinisk og paraklinisk undervisning hos lærere og i læringsmiljøet. Dette krever kunnskap og opplæring, og at det formelt implementeres i læreplaner, og ikke blir «noe ekstra» i en ellers tradisjonell undervisning.

VRS og E-læring for opplæring i odontologiske ferdigheter har imidlertid noen punkter som bør vurderes nøye før implementering (44, 45). Hvordan regulerer man innholdet i online-basert materiale? Hvem er ansvarlig for kvaliteten og oppfølging? Er det trygt å benytte programmer styrt av eksterne aktører? Kan dette øke risikoen for dataangrep og medføre at man mister kontroll på informa-

sjon til eller fra studentene? Kan man kople eksterntstyrte enheter på eget intranett, eller må disse være helt frikoplede? Hver enkelt institusjon må vurdere hvordan disse faktorene vil påvirke deres valg og muligheter, men det bør også undersøkes på generelt grunnlag i et globalt perspektiv der informasjon er blitt handelsvare.

Den teknologiske utviklingen vil utvilsomt gjøre simulatorene stadig mer realistisk og med flere bruksområder. Innen simulatorene med haptisk funksjon er den spesialiserte maskinvaren en kritisk faktor – det er fortsatt et mekanisk grensesnitt som er nødvendig for å gjenspeile taktilitet og haptisk funksjon generelt. Det er reelle muligheter for å legge inn spesifikk informasjon for en aktuell pasient, men dette krever at det foreligger data som er relevant og mulig å hente inn, for eksempel radiologiske opptak, intraorale 3D-skanninger, kliniske bilder eller lignende slik det gjøres for ved VR-«guided» implantatinnsetting (figur 6).

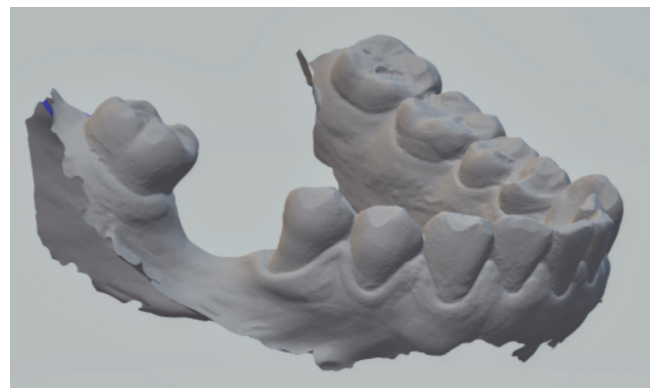
Figur 5. Bropreparering på VR-modell: Modell til bropreparering. A) Virtuell modell som mangler tann 21. B) Studentens grovpreparering for en bro i regio 11-21-22. C) Vurdering av bropreparering. Sorte piler indikerer hvor studenten har skadet nabotennene (røde områder), Blå «pinner» indikere innførselsretning (IR) på de preparerte tennene. Det blå gjennomsiktige området viser hvor mye tannsubstans studenten har avvirket. Hvit pil viser hvor studenten ikke har fjernet nok.



Eksempel på VRS-implementering i odontologisk grunnutdanning

Ved Institutt for klinisk odontologi ved Universitetet i Bergen har vi fem VRS-enheter for operative prosedyrer (Simodont, Nissin Dental Products BV, Europe). Disse er gradvis blitt mer og mer implementert i undervisningen, primært i de tre første studieårene. Først får studentene prøve seg på enkle manuelle oppgaver som presisjonsboring med direkte innsyn og i speil. De får også prøve på preparering i virtuelle tenner med karies. Disse oppgavene inngår i et introduksjonskurs rett etter studiestart og som gir studentene innblikk i det kliniske tannlegefaget. Odontologistudentene har ellers felles undervisning med medisinstudentene hele første studieår. Kurset får svært gode tilbakemeldinger fra studentene, spesielt på VRS-oppgavene. Studentene oppgir at det er svært motiverende og gir dem en følelse av tilhørighet til faget som tidligere studenter har savnet. Siden oppstarten av dette kurset har frafallet på første studieår sunket fra ca. 25 % til rundt 12 %.

I andre og tredje studieår benyttes VRSene i ferdighetstreningkursene for direkte og indirekte restaureringer med både presisjonsoppgaver og virtuelle kliniske kasus. Under pandemien ble de også benyttet for studenter med behov for flere kliniske kasus i fjerde og femte studieår. Fra 2021 er det en ny studieplan med et eget kurs med bare VRS-oppgaver før oppstart på ferdighetstrening.



Figur 6. Prøvepreparering på reelt kasus i VR: Eksempel på reelle pasientdata i en simulator. Det er en digital modell fra en intraoral 3D-scanning der tann 47 har tippet fremover i tannluke til 46. Studenten ønsket å simulere en preparering for en bro 47-46-45 i VRS-enheten for å se hvordan prepareringen kunne utføres for å få felles innførselsretning på 47 og 45 før pasientbehandlingen.

gen. Tanken er at studentene skal opparbeide fingerferdigheter, forståelse for presisjon, romforståelse og ergonomisk arbeidsstilling for de begynner med fantomhoder på ferdighetssenteret.

Utviklingen og implementeringen har vært drevet av en liten håndfull entusiaster og etter 7 år oppleves nå VRS-enhetene som en integrert del av ferdighetstreningen. De kunne imidlertid ha blitt

benyttet i mye større grad, spesielt for kliniske kasus. Disse erfaringene samsvarer med erfaringer ved andre læresteder med tilsvarende utstyr. Implementeringen har gått relativt langsomt av flere grunner. Studentene har hele tiden vært svært positive til VRS-oppgaver, men det har vært vanskelig å finne tid ved fjerne andre obligatoriske oppgaver fra pensum. Det at vi bare har fem enheter gjør at det er logistisk utfordrende å gjennomføre kurs for over 50 studenter. Staben har sett på VRS-oppgavene mer som et supplement enn som en erstatning til den etablerte undervisningen. Få lærere tok seg tid til å bli godt kjent med utstyret da det kom og enda færre forsøkte å lage egne oppgaver eller kasus tilpasset vår undervisning og pedagogiske profil. Enkelte fagområder har ikke vist noen interesse for implementering i deres kurs selv om det er svært gode kasus tilgjengelig. Dette illustrerer at ny teknologi må innføres organisatorisk koordinert i organisasjonen.

De tekniske utfordringer med enhetene har stort sett blitt løst relativt raskt ved fjernstyring fra produsent, men det har også vært behov for utskifting av deler og oppgraderinger. Oppgraderinger og vedlikehold er relativt kostbart, men vi har ikke gjort noen bereg-

ninger på hva vi eventuelt har spart på annet utstyr eller personell utøver det faktum at økt gjennomføringsgrad øker fakultetets inntekter.

Oppsummering

VRS kan være et nyttig hjelpemiddel og et godt supplement til eksisterende preklinisk undervisning og etter hvert også klinisk undervisning. Bruken av VRS må tilpasses slik at det ikke oppleves som en ekstrabelasting, hverken for studenter eller instruktører. Det er trolig mest hensiktsmessig å innføre simulatorene tidlig i studieløpet, gjerne allerede første studieår. VRS kan gjøre abstrakt innhold mer levende og visualisert, og undervisningen kan legges opp mer problem- eller kasussentrert. Overgangen til klinisk praksis vil bli tryggere både for studenter og pasienter. Utfordringene er blant annet høy kostnad, både i investering og drift, begrensninger i selve teknologien, økt behov for IT-teknologisk kompetanse og – ikke minst – et læringsmiljø der slik teknologi er en naturlig del av aktiviteten.

REFERANSER

- Benavides LMC, Tamayo Arias JA, Arango Serna MD, Branch Bedoya JW, Burgos D. Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review. *Sensors*. 2020;20(11):3291.
- Saghiri MA, Vakhnovetsky J, Nadershahi N. Scoping review of artificial intelligence and immersive digital tools in dental education. *J Dent Educ*. 2022;86:736-750.
- Li Y, Ye H, Ye F, Liu Y, Lv L, Zhang P, et al. The Current Situation and Future Prospects of Simulators in Dental Education. *J Med Internet Res*. 2021;23(4):e23635-e.
- Haug D, Kjeseth I, Lægred T, Øilo M. Virtuelle virkelighetssimulatorer som pedagogisk hjelpemiddel i odontologisk utdanning. *Nor Tannlegeforen Tid*. 2018;128:252-8.
- Eve EJ, Koo S, Alshihri AA, Cormier J, Kozhenikov M, Donoff RB, et al. Performance of dental students versus prosthodontics residents on a 3D immersive haptic simulator. *J Dent Educ*. 2014;78(4):630-7.
- Luck O, Reitemeier B, Scheuch K. Testing of fine motor skills in dental students. *European Journal of Dental Education*. 2000;4(1):10-4.
- Ben-Gal G, Weiss EI, Gafni N, Ziv A. Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. *Eur J Dent Educ*. 2013;17(3):138-42.
- Gal GB, Weiss EI, Gafni N, Ziv A. Preliminary assessment of faculty and student perception of a haptic virtual reality simulator for training dental manual dexterity. *J Dent Educ*. 2011;75(4):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(3):e564-e72.
- Fugill M. Defining the purpose of phantom head. *Eur J Dent Educ*. 2013;17(1):e1-e4.
- Sir Mason D. Oswald Fergus, a pioneer of simulated dental clinical practice 2006 [Available from: http://www.historyofdentistry.group/index_htm_files/2006May2.pdf].
- Frese C, Wolff D, Saure D, Staehle HJ, Schulte A. 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(3):e555-e63.
- The Use of Virtual Reality for Managing Psychological Distress in Adolescents: Systematic Review. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2021;24(10):633-41.
- Stetz MAJMC, Ries RI, Folen RA. Virtual Reality Supporting Psychological Health. In: Brahnam S, Jain LC, editors. *Advanced Computational Intelligence Paradigms in Healthcare 6 Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation, and Assessment*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. p. 13-29.
- University CWR. Youtube2022 [Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=gzUTT1Kygo4>].
- Dhar P, Rocks T, Samarasinghe RM, Stephenson G, Smith C. Augmented reality in medical education: students' experiences and learning outcomes. *Med Educ Online*. 2021;26(1):1953953.
- Joda T, Gallucci GO, Wismeijer D, Zitzmann NU. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. *Comput Biol Med*. 2019;108:93-100.
- Kivovics M, Takács A, Péntes D, Németh O, Mijiritsky E. 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, Magana A, Benes B. A Review of Simulators with Haptic Devices for Medical Training. *J Med Syst*. 2016;40(4):104.
- English Oxford Living Dictionary - Haptic: Oxford Dictionary; 2016 [Available from: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/haptic>].
- Srinivasan MA. What is Haptics? Geomagic: Geomagic; 2017 [updated 01.17. Available from: http://www.geomagic.com/files/7713/4857/8044/what_is_haptics.pdf].
- Salisbury K, Conti F, Barbagli F. Haptic rendering: introductory concepts. *Computer Graphics and Applications, IEEE*. 2004;24(2):24-32.
- Virteasy. <https://virteasy.com/2022> [Available from: <https://virteasy.com/>].
- Nissin. Simodont Dental trainer <https://www.simodontdentaltrainer.com/2022> [Available from: <https://www.simodontdentaltrainer.com/>].
- UniSim. <https://www.healthysimulation.com/30546/vr-dental-simulation/2022> [Available from: <https://www.healthysimulation.com/30546/vr-dental-simulation/>].
- Duarte ML, Santos LR, Guimarães Júnior JB, Peccin MS. Learning anatomy by virtual reality and augmented reality. A scope review. *Morphologie*. 2020;104(347):254-66.
- Zitzmann NU, Matthison L, Ohla H, Joda T. Digital Undergraduate Education in Dentistry: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9).
- 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(1):160.
- LeBlanc VR, Urbankova A, Hadavi F, Lichtenhal RM. A preliminary study in using virtual reality to train dental students. *J Dent Educ*. 2004;68(3):378-83.

30. Jasinevicius TR, Landers M, Nelson S, Urbankova A. An evaluation of two dental simulation systems: virtual reality versus contemporary non-computer-assisted. *J Dent Educ.* 2004;68(11):1151-62.
31. Imber S, Shapira G, Gordon M, Judes H, Metzger Z. A virtual reality dental simulator predicts performance in an operative dentistry manikin course. *Eur J Dent Educ.* 2003;7(4):160-3.
32. Pohlenz P, Gröbe A, Petersik A, Von Sternberg N, Pflesser B, Pommert A, et al. Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010;38(8):560-4.
33. Thomas G, Johnson L, Dow S, Stanford C. The design and testing of a force feedback dental simulator. *Comput Methods Programs Biomed.* 2001;64(1):53-64.
34. Mølster T, Rydgren T, Gunnerud B, Amundrud I. Simuleringsteknologi i utdanning - et bidrag til aktiv læring? ; 12.05.2016.
35. LABSTER. Empowering the Next Generation of Scientists to Change the World: labster.com; 2017 [cited 2016 13.11.2015]. Available from: <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(1):31-7.
37. OECD. Higher Education To 2030, Volume 2, Globalisation 2009 [13.11.16]. Available from: 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, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Simul Healthc.* 2006;1(4):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, Ye L, Zhou XD, Zhang LL. Survey of student attitudes towards digital simulation technologies at a dental school in China. *European Journal of Dental Education.* 2016;n/a-n/a.
41. Paechter M, Maier B, Macher D. Students' expectations of, and experiences in e-learning: Their relation to learning achievements and course satisfaction. *Comput Educ.* 2010;54(1):222-9.
42. Imsen G, Eriksson G. Elevers verden: innføring i pedagogisk psykologi. [Oslo]: TANO; 1991. 362 s. ill. p.
43. Larsen CS. Hvorfor digital didaktikk? : Bærum Kommune; 2017 [Available from: <http://digitaldidaktikk.no/refleksjon/detalj/hvorfor>].
44. OECD. CERI. Trends shaping education 2016 2016 [cited 2016 13.11.2016]. Available from: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oced/education/trends-shaping-education-2016_trends_edu-2016-en#page107.
45. Yu H, Miao C, Leung C, White TJ. Towards AI-powered personalization in MOOC learning. *NPJ Sci Learn.* 2017;2:15.

ENGLISH SUMMARY

Øilo M, Gjerdet NR.

Virtual reality simulators (VRS) for use in dental education

Nor Tannlegeforen Tid. 2022; 132: 1028-35.

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 den-

sely 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.



Dentalstøp
Tannteknikk

@ post@dentalstoep.no

☎ 55 59 81 70

🌐 dentalstoep.no

- ➔ Monolittisk zirconia ... Ingen porselen, ingen «chipping»
- ➔ Vi tar imot digitale avtrykk fra alle intraorale scannere
- ➔ Arbeider på alle kjente implantatsystem

