

Emmy Bayer Ellingsrud
Marta Emilie Marklin Storeheier

Utvikling og evaluering av en simulator for bronkoskopi-opplæring bygd på åpent tilgjengelige komponenter

Hovedoppgave i Medisin profesjonsstudium
Veileder: Håkon Olav Leira
Medveileder: Erlend Fagertun Hofstad, Cecilie Våpenstad
Januar 2023

Emmy Bayer Ellingsrud
Marta Emilie Marklin Storeheier

Utvikling og evaluering av en simulator for bronkoskopi-opplæring bygd på åpent tilgjengelige komponenter

Hovedoppgave i Medisin profesjonsstudium
Veileder: Håkon Olav Leira
Medveileder: Erlend Fagertun Hofstad, Cecilie Våpenstad
Januar 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for medisin og helsevitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Utvikling og evaluering av en simulator for bronkoskopi-opplæring bygd på åpent tilgjengelige komponenter

Prosjektgruppe

Studenter:

Emmy Bayer Ellingsrud

Marta Emilie Marklin Storeheier

Fakultet for medisin og helsevitenskap, NTNU

Hovedveileder:

Håkon Olav Leira, ph.d.

Overlege, Lungemedisinsk avdeling, St. Olavs Hospital

Førsteamanuensis, ISB, NTNU

Biveiledere

Erlend Fagertun Hofstad, M.Sc

Forsker, Sintef DIGITAL

Cecilie Våpenstad, ph.d.

Seniorforsker, Sintef DIGITAL

Førsteamanuensis, IKOM, NTNU

Abstract

Development and evaluation of a Bronchoscopy simulator based on available components

Introduction and aims: Bronchoscopy is the most important invasive procedure used in pulmonary medicine for diagnosing infections, cancer and other diseases. This is a procedure that is suitable for simulator practice, although this is not standard practice. In this project a bronchoscopy simulator, consisting of a bronchoscope, physical airway model and a tracking system, was developed and tested. The goal is to implement simulator practice in the education and training of doctors in specialization at the Department of Pulmonary Medicine at St. Olavs hospital.

Methods: Medical students and pulmonary doctors were recruited and divided into two groups according to their level of experience in bronchoscopy. The novices were also divided into two groups, A and B, where group A was introduced to the navigation system before the first test and group B after the first test. The participants were given the task to identify and navigate to the five different pulmonary lobes, in a given order. This test was conducted twice. Both expert and novice performance were registered using different evaluation metrics, and the two groups were then compared and analyzed.

Results: In the first test, the seven experts performed significantly better than the 69 novices, in terms of all metrics, except navigation to the correct lobe, which did not give significant results. In the second test, the experts proved to be significantly better in fewer of the evaluation metrics, shortening the gap between the two groups. Building on this, the novices improved significantly from test 1 to test 2 in terms of all metrics. On the other hand, the experts only had a significant improvement of “average velocity”, and therefore the learning effect of the test itself was considered to be marginal. Furthermore, there were no significant differences between novice group A and B.

Conclusion: The simulator was capable of measuring bronchoscopy skills and distinguishing between expert and novice. The metrics proven most fit to evaluate skills were “time”, “path length” and “number of movements”. The results implied that simulator training can be effective. The tracking system did not, in this study, prove to be of significant value. We believe the simulator, including a tracking system, has potential to become part of the training of pulmonary doctors.

Sammendrag

Utvikling og evaluering av en simulator for bronkoskopi-opplæring bygd på åpent tilgjengelige komponenter

Introduksjon: Bronkoskopi er lungelegers viktigste invasive verktøy for diagnostikk av infeksjoner, lungekreft og andre sykdommer. Prosedyren er velegnet for simulator-øving, likevel er ikke dette standard praksis. I dette prosjektet skal vi utvikle og teste en simulator for bronkoskopi, bestående av bronkoskop, fysisk lungemodell og navigasjonssystem. På sikt er det ønskelig at en simulator for bronkoskopi utformes for å kunne inngå i opplæringen av LIS-leger på lungeavdelingen ved St. Olavs hospital.

Metode: I denne studien ble medisinstudenter og lungeleger rekruttert og delt inn i to grupper etter kompetansenivå innen bronkoskopi. Novisene ble også delt inn i gruppe A og B etter når navigasjonssystemet ble introdusert under opplæringen. Gruppe A fikk tilgang før første test, og gruppe B etter. Alle deltakerne ble instruert til å identifisere og navigere til alle fem lungelapper, i gitt orden. Testen ble utført to ganger. Under testingen ble ni ulike måleparametere knyttet til bevegelsen av skopet registrert, og de ulike gruppene sammenlignet og analysert.

Resultater: I første test presterte de syv ekspertene signifikant bedre enn de 69 novisene etter alle måleparametre, utenom navigasjon til korrekt lapp, som ikke ga signifikante resultater. I annen test var legene fremdeles målbart bedre på simulator enn novisene, men forskjellene mellom gruppene ble mindre fremtredende. I underbyggelsen av dette, ble det registrert signifikant bedring av alle måleparametrene fra test 1 til test 2 for novisepopulasjonen. Derimot var det kun gjennomsnittshastighet som ga signifikant forbedring blant legene. Læringseffekten av selve testen ble derfor ansett som neglisjerbar. Videre var det ingen signifikant forskjell mellom novisene i gruppe A og B.

Konklusjon: Denne studien konkluderte med at simulatoren kan måle bronkoskopiske ferdigheter og skille mellom noviser og eksperter. Måleparametrene tid, bevegelseslengde og antall bevegelser viste seg spesielt egnet til måling av ferdigheter. Resultatene impliserte at simulatortrening har effekt. Denne studien klarte dog ikke å finne noen signifikant betydning av tilgangen på navigasjonssystem. Vi mener likevel at denne simulatoren, inkludert navigasjonssystem, har potensiale til å bli en del av opplæringen av LIS-leger.

Innholdsfortegnelse

1 Introduksjon	5
1.1 Litteraturoversikt	6
1.2 Formål	6
1.3 Hypoteser	7
1.4 Hovedproblemstillinger	7
2 Metode	8
2.1 Simulatorkonstruksjon	8
2.2 Utvikling av forberedelsesmateriell	11
2.3 Utvikling av opplæringspakke	13
2.4 Opptrening av bronkoskopiveiledere	14
2.5 Utarbeiding av testoppgaver	14
2.6 Brukbarhetstesting	15
2.7 Rekruttering	15
2.8 Differensiering av novisene i testgrupper	16
2.9 Framgangsmåte for den enkelte novise	17
2.10 Framgangsmåte for den enkelte lege	19
2.11 Registrerte variabler	19
2.12 Måleparametre	20
2.13 Administrasjon	22
2.14 Analysemetode	23
3 Resultater	25
3.1 Brukbarhetstesting	25
3.2 Simulator, navigasjonssystem og opplæringspakke	26
3.3 Rekruttering	27
3.4 Deltakerne	28
3.5 Spørreskjema	29
3.6 Analyseresultater	33
3.6.1 Måleparametrene	33
3.6.2 Navigasjonssystem	43
3.6.3 Gaming	44
3.6.4 Håndarbeid	46
3.6.5 Korrelasjonsanalyser	47
4 Diskusjon	48
4.1 Simulatorkonstruksjon	48
4.2 Deltakerne	48
4.3 Spørreskjema	49
4.4 Opplæringsmateriale	50
4.5 Analysevalg	51
4.6 Analyseresultater	52
4.7 Bruksområde for simulatoren	59
4.8 Navigasjonssystemet	59
4.9 Testene	60
4.10 Styrker og svakheter	60
5 Konklusjon	61
6 Referanseliste	63

1 Introduksjon

Bronkoskopi er lungelegers viktigste invasive verktøy for diagnostikk av infeksjoner, lungekreft og andre sykdommer. Det er et krav om god ferdighet i bronkoskopi for å bli spesialist i lungemedisin. Flere andre faggrupper, som anestesileger, øre-nese-hals-leger, barneleger og thoraxkirurger, kan bruke bronkoskopi i sin praksis.

Opplæring i bronkoskopi har tradisjonelt vært gjort på pasienter, som mester-svenn-læring. Kandidaten får først observere, så assistere under en bronkoskopi, og slippes gradvis mer til.

Det siste tiåret har det vært en økende satsing innen de fleste praktiske fag, også innen medisin, på simulator-opplæring. Det er vist at initial simulatoropplæring gir en raskere mestring enn tradisjonell undervisning [Beal et al. (2017)]. Simulatorer brukes også av erfarne operatører for å friske opp og vedlikeholde gamle ferdigheter og lære nye [Agha and Fowler (2015)].

Bronkoskopi er en prosedyre med bratt læringskurve. I uøvde hender kan bronkoskopi være ubehagelig og potensielt skadelig for pasienten. For legen er lungeanatomi vanskelig å lære. Det er derfor en prosedyre som er godt egnet for simulatorentrening. Simulering av bronkoskopi kan foregå på mange måter, med varierende grad av kompleksitet og avanserte tekniske løsninger. Det finnes helt analoge simulatorer, med et regulært bronkoskop og en fysisk lungemodell. I den andre enden av spekteret finnes det hel-digitale virtuelle løsninger som ligner videospill. Dagens mest avanserte kommersielle løsninger er en kombinasjon av dette, med et fysisk bronkoskop som manøvreres i et verktøy med avanserte, 3-dimensjonale bildevisninger (<https://symbionix.com/simulators/bronch-mentor/>). I disse kan man presentere læringsprogram tilpasset alt fra nybegynnere til erfarne spesialister som ønsker å trene på kompliserte tilstander.

I Trondheim er det i dag et ledende forsknings- og utviklingsmiljø innen avansert intraoperativ, bildeveiledet diagnostikk og behandling, ved den Nasjonale kompetansetjenesten for ultralyd og bildeveiledet behandling (<https://usigt.org/>), som alle veilederne tilhører. Ved St. Olavs hospital er det spesielt miljøet ved Nasjonal Kompetansetjeneste for Avansert Laparoskopisk Kirurgi som har lang erfaring innen simulatorentrening og evaluering (veilederne har også erfaring herfra).

Innen lungemedisin har det i 10 år vært utviklet navigasjonsutstyr for styring og bildeveiledning av bronkoskopi, med flere ph.d.'er, inkludert hovedveileder sin. Slik teknologi er stort sett den samme teknologien man trenger for å lage simulatorer. Teknologien er også frigitt til annen forskningsbruk som åpen kildekode.

1.1 Litteraturoversikt

Det finnes flere studier som undersøker bruken av simulatorer i opplæring av bronkoskopi og en simulators evne til å måle ferdigheter. Disse har blitt funnet gjennom et semisystematisk litteratursøk i PubMed med ordene "bronchoscop*" og "simulat*". En oversiktsartikkel om bronkoskopisimulering konkluderte med at trening på bronkoskopisimulator er effektiv [Nilsson et al. (2017)]. I tillegg er det flere studier som konkluderer med det samme [Veaudor et al. (2018); Siow et al. (2021); Krogh et al. (2013); Santa Maria et al. (2021)]. Studien til Veaudor et al., som ligner en del på denne studien, konkluderte med at «Novice bronchoscopists who self-train on a high-fidelity simulator acquire basic competencies similar to those of moderately or even highly experienced bronchoscopists.", altså at novisene får ferdigheter som ligner på ekspertenes. I denne studien var deltakerne bronkoskopører med ulik grad av erfaring. Når det kommer til simulatorens evne til å skille mellom noviser og eksperter, er det flere studier som konkluderer med at den kan det [Kattan et al. (2019); Patis et al. (2014); Colella et al. (2015)]. En av disse, studien til Colella et al, konkluderte også med at simulatoren klarte å skille mellom ulike nivåer av erfaring. En tidligere studie med biveilederne (Våpenstad, Hofstad), konkluderte med at parameterne tid og bevegelseslengde kunne brukes for å skille ekspert og novise i minimal invasiv kirurgi [Hofstad et al. (2013)]. På den andre siden er det en annen studie utført av biveilederne, som konkluderte med at det ga negativ eller ingen effekt å trene på simulator [Våpenstad et al. (2017)]. Oppsummert viser de fleste studier at trening på bronkoskopisimulator og annen simulatortrening har effekt. Kommersielle bronkoskopisimulatorer er for øvrig ofte dyre, og trening på simulator er lite utbredt i praksis. Denne studien vil fokusere på fordelene med simulatortrening for å underbygge at dette burde bli en standard del av undervisningen til LIS-legene.

1.2 Formål

I dette prosjektet ønsket vi å lage en bronkoskopisimulator basert på fritt tilgjengelig og forholdsvis rimelig utstyr, slik at metoden kan kopieres av andre miljøer. Vi valgte utstyr som allerede fantes ved lungeavdelingen og i forskningsmiljøet. Målgruppen er leger som ikke

kan bronkoskopi fra før. Simulatoren ble testet på leger med erfaring i bronkoskopi (eksperter) og medisinstudenter (noviser). For studentpopulasjonen ble det utviklet et opplæringsprogram for bronkoskopi. Studentene har ikke anledning til å bronkoskopere pasienter, men effekten av opplæring og testing på simulator ble målt opp mot resultatene til erfarne lungeleger. På sikt er det ønskelig at en simulator for bronkoskopi utformes for å kunne inngå i opplæringen av LIS-leger på lungeavdelingen ved St. Olavs hospital.

1.3 Hypoteser

- Enkel og fysisk simulator fungerer som forventet (enkel testing/feasibility)
- Teoretisk og praktisk opplæringsmodul fungerer som forventet (enkel testing / feasibility)
- Det kan registreres signifikant forskjell mellom novise og ekspert ved hjelp av simulatoren. Med andre ord, simulatoren kan måle bronkoskopiferdigheter.
- Simulatoren viser forskjell på bronkoskopører med varierende grad av erfaring.
- Simulator identifiserer detaljer i bronkoskoperingsteknikk som skiller effektive fra mindre effektive skopører.
- Nivået på novisene vil heve seg og komme nærmere ekspertenes etter gjennomført simulator-trening.
- En mer avansert simulator, med navigasjonssystem, gir mer effektiv læring enn en enkel fysisk modell.
- Om novisen driver med gaming og/eller håndarbeid vil være fordelaktig med tanke på utgangspunkt for bronkoskopi.
- Bruk av navigasjonssystemet og når det introduseres og benyttes i opplæringen vil være av betydning for novisens prestasjon ved testing.

1.4 Hovedproblemstillinger

1. Utvikling av enkel fysisk simulator, med bronkoskop og fysisk fantom
2. Utvikling av avansert simulator basert på pkt. 1., med tillegg av styring/sporing av bronkoskop og avansert 3-dimensjonal visualisering
3. Utarbeidelse av teoretisk opplæringsmodul
4. Utarbeiding av praktisk opplæringsmodul

5. Enkel brukbarhets-testing (feasability) av opplæringsmoduler, 1-3 deltagere
6. Prospektiv studie: Evaluering av simulator og opplæringsmodul i større skala (minimum 40 deltakere)

2 Metode

2.1. Utvikling av fysisk simulator, med bronkoskop, fysisk fantom og navigasjonssystem

Bronkoscopisimulatoren er utviklet av fritt tilgjengelig og forholdsvis rimelig utstyr, som allerede fantes ved lungeavdelingen og forskningsmiljøet ved SINTEF Helse Trondheim. Det ble opprettet to forskjellige oppsett, en enkel simulator som kun består av bronkoskop og et fysisk luftveisfantom, og en avansert simulator, som i tillegg var koblet til et bronkoscopi-navigasjonssystem, slik at man så bronkoskopets posisjon i sanntid inne i en digital 3D-modell av fantomet.

- **Lungefantom:** Ultrasonic Bronchoscopy Simulator LM-099 (KOKEN CO., LTD. Tokyo, Japan).

Dette lungefantomet er mye brukt i kurssammenheng og av medisinske produsenter for demonstrasjon av bronkoscopi. Det er av lungelegene i forskningsgruppen vurdert å være rimelig anatomisk korrekt.

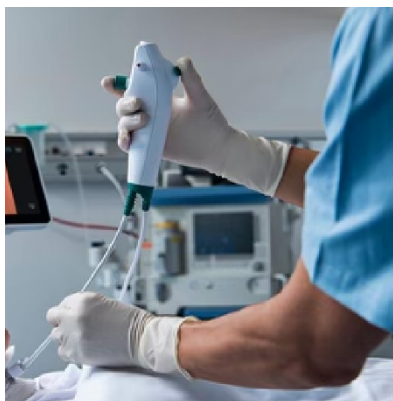


Figur 1: Lungefantom (<https://www.kokenmpc.co.jp/>)

- **Bronkoskop:** Ambu® aScope™ Broncho, AMBU AS, Danmark.

Dette er et engangsbronkoskop, som er i bruk ved St. Olavs hospital. Det har en egen

portabel skjerm. For denne studien har det mange fordeler fremfor et regulært bronkoskop. Et engangsskop er portabelt, bronkoskoperingen trenger ikke foregå på bronkoskopistua. I tillegg er det rimeligere, og dermed er kostnaden mindre dersom det må byttes ut. Kvaliteten er bedømt å være nesten like god som et vanlig bronkoskop, og håndteringen er tilnærmet lik.

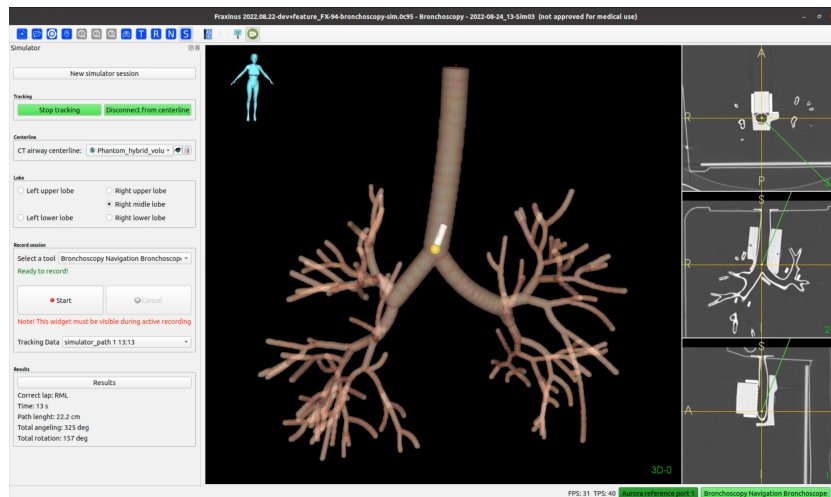


Figur 2: Engangsbronkoskop <https://www.ambu.com/endoscopy/pulmonology>

- **Navigasjonssystem:** Navigasjonssystemet består av
 - **Elektromagnetisk navigasjonssystem:** Aurora Electromagnetic Tracking (EMT) System (Northern Digital Inc., Waterloo, ON, Canada)
 - **Posisjonssensor:** (Aurora 6DOF Probe, Straight Tip, Standard, Northern Digital Inc., Waterloo, ON, Canada)
 - **Programvare for lungenavigasjon:** Fraxinus, utviklet av Nasjonalt kompetansesenter for ultralyd og bildeveiledet behandling, fritt tilgjengelig. (<https://www.custusx.org/index.php/applications/fraxinus>)



Figur 3: Aurora trackingsystem. Kontrollboks (bak), elektromagnetisk feltgenerator (til høyre) og elektromagnetisk sensor (foran, ikke samme type som brukt i denne studien) (www.ndigital.com)



Figur 4: Skjerm bilde tatt av Fraxinus-programvaren. I midten ses visualiseringen av bronkialtreet i fantomet med proben som representerer tuppen av bronkoskopet. Til høyre ses bevegelsen av skopet presentert i ulike snitt, og til venstre ses brukergrensesnittet til testfunksjonen.

I det avanserte systemet spores bronkoskop-tuppens posisjon inne i fantomet ved hjelp av et elektromagnetisk sporingssystem (Aurora, figur 3). Sporingssystemet genererer et elektromagnetisk felt rundt fantomet, og en sensor lagt inne i bronkoskopets arbeidskanal fanger opp bronkoskopets posisjon i magnetfeltet [Lervik Bakeng et al. (2019)]. En annen sensor er festet til selve lungefantomet, og dermed kan man fastslå bronkoskopets posisjon i forhold til fantomet. Det er tidligere tatt CT av fantomet, og i programmet Fraxinus genereres det 2D- og 3D-bilder av fantomet. Fraxinus kan ved hjelp av sporingssystemet vise bronkoskop-tuppens posisjon og vandring inne i bildene (skjerm bilde over, figur 4).

Erlend Hofstad har utviklet ytterligere nødvendige programvarekomponenter i Fraxinus for testing og brukergrensesnitt (figur 4). For hver enkelt deltaker inne til testing lagres en “new simulator session” i Fraxinus. Deretter gjøres det forskjellige opptak i hver “session”. Opptakene lagres da i Fraxinus og får en egen fil med resultater og bevegelsesparametre tilknyttet seg.

Fraxinus og Aurorasystemet ble i studien brukt til elektronisk måling av bronkoskopiferdigheter også i den enkle simulatoren. Bronkoskopets posisjon ble da ikke vist i simulatoren, men tidsbruk og forskjellige aspekter av bevegelsesmønstrene ble lagret.

Totalpris på utstyret som ble brukt er ca. 200 000 kr. Men ut over navigasjonssystemet Aurora, vil alle avdelinger som driver bronkoskopiopplæring ha de fleste komponenter allerede. Det finnes også vesentlig enklere og rimeligere lungefantom. Fraxinus-programmet

kan lastes ned gratis. Uansett er oppsettet i denne studien mye rimeligere enn en virtuell bronkoskopisimulator som Symbionix. (<https://symbionix.com/simulators/bronch-mentor/>)

2.2 Utvikling av forberedelsesmateriell

2.2.1 Samtykkeskjema

Før novisene deltok i studien fikk de tilsendt skriftlig informasjon om hensikten med og utformingen av studien, samt et skjema som innhenter samtykke. Ved oppmøte signerte de nevnte samtykkeskjema.

2.2.2. Spørreskjema

Videre ble de presentert for et spørreskjema på nett som kartla variabler som kunne være av betydning for prestasjonen til den enkelte novise.

I utarbeidelsen av et elektronisk spørreskjema ble “Nettskjema.no” brukt, som er Norges sikreste og mest brukte løsning for datainnsamling til forskning (<https://nettskjema.no>).

Del 1- fylles ut av novisen selv:

I skjemaet ble det kartlagt generelle opplysninger om studiedeltakerne som alder, kjønn og yrkesgruppe (medisinstudent- LIS 1/2/3- overlege). I tillegg ble de bedt om å oppgi sitt forhold til bronkoskopi og annen form for endoskopi; Har de sett på eller utført, og eventuelt antall utførte skopier. Enn videre ble det inkludert et anatomispørsmål om antall lungelapper hos mennesket, som fungerte som pekepinn på hvorvidt grunnleggende lungeanatomi er forstått. Dette er pensum i løpet av første året på medisinstudiet og forventes egentlig at alle deltakere i studien kan svare på. Til slutt var det spørsmål som kartla variabler som antatt kunne være av betydning for prestasjonen til den enkelte novise. Her ble det spurt om hvilken hånd som er dominant, da bronkoskopet alltid skal håndteres med venstre hånd, og novisens forhold til gaming og håndarbeid, aktiviteter som kan tenkes fremmer finmotorikk i hendene.

Del 2- fylles ut av studieansvarlig:

I andre del av spørreskjemaet ble det lagt inn muligheten til å registrere hvordan novisene syntes test 1 og test 2 gikk. På en skala fra 1-4, hvor 4 er høyest scoring, rangerte novisene sin egen innsats. De skulle da vurdere sin opplevelse av egen prestasjon og eventuell forbedring, uten å sammenlikne seg mot erfarne bronkoskopører. I tillegg registrertes total

tidsbruk per deltaker, og det var mulighet for å lagre sitater knyttet anonymt til hver studiedeltaker.

2.2.3 Opplæringsvideo

Det ble utviklet en kort og grunnleggende opplæringsvideo. Etter ferdig utfylt første del av spørreskjemaet, ble novisen vist undervisningsfilmen én gang. I denne gjennomgikk hovedveileder og seksjonsoverlege ved lungekreftseksjonen, Håkon Olav Leira, enkel lungeanatomi og bruk av bronkoskopet. Alle novisene fikk her samme objektive opplæring og tilnærming til bronkoskopi, trolig overgikk denne undervisningsvideoen i seg selv det man hører og lærer om bronkoskopi i løpet av medisinstudiet. Dette bidro til et noenlunde likt utgangspunkt for novisene, før den videre opplæringen ble utført noe forskjellig mellom deltakerpopulasjonene.

Videoen besto av fire hoveddeler: bronkoskopiens bruksområder, fremvisning av bronkoskopet og dets funksjon, grunnleggende lungeanatomi og utførelsen av en bronkoskopi. Initialt var det en introduksjon hvor Håkon Olav Leira introduserte seg selv og forklarte hva som skulle skje. Videre ble det fortalt om bronkoskopiens bruksområder; inspeksjon, prøvetaking og behandling. Dette ble utdypet videre med eksempler, da det var viktig at deltakerne visste relevansen av bronkoskopi. I neste del viste Leira hvordan et bronkoskop skal holdes; i venstre hånd og med tommelen på spaken, og hvordan man utfører en bevegelse. Spaken beveges opp og ned, og tuppen av skopet vil da bevege seg hhv. ned og opp. For å kunne bevege seg til høyre og venstre må håndleddet roteres. Når dette så kombineres med bevegelse på spaken, oppnås jevne, målrettede bevegelser. Styringen av bronkoskopet antas å være en av utfordringene for noviser, da de fleste ikke har holdt i et skop tidligere. I delen om lungeanatomi ble det brukt et bilde av normal lungeanatomi, med voiceover som listet opp de grunnleggende anatomiske strukturene; trachea, carina, høyre og venstre hovedbronkus, høyre over-, midt- og underlapp og venstre overlapp med lingula og underlapp. Dette skulle novisene kjenne til fra før da det er pensum første året på medisinstudiet, men det ble antatt at en oppfriskning av kunnskapen var nyttig og vesentlig for å kunne utføre testene. I siste delen ble det vist et skjermopptak fra bronkoskopets skjerm mens Håkon Olav Leira utførte en rutinebronkoskopi på fantomet. Underveis forklarte han hva vi ser og gjentok de anatomiske strukturene. Til slutt ble navigasjonssystemet vist fram, hvor man kunne se på en virtuell 3D-modell hvor bronkoskopet befinner seg. Det ble

understreket at dette brukes kun i studien og ikke inne på bronkoskopistua, men at det kan være nyttig for noviser å ha tilgang til under opplæringen.

2.3. Utvikling av opplæringspakke

Etter undervisningsfilmen, ville så den enkelte novise motta én-til-én undervisning av en ekspert som inkluderte:

- A. En gjennomgang av simulator med bronkoskop, fantom og navigasjonsutstyr
- B. En enkel innføring i bruk av bronkoskopet; håndgrep, vipping og rotasjon
- C. En enkel opplæring innen bronkoskopisk lungeanatomi

Etter initial introduksjon fra ekspert, fikk novisen muligheten til å prøve selv. Denne første fasen ble kjennetegnet av en aktiv instruktør som ga veiledning underveis. Veiledningen bestod av hjelp til å navigere, å holde bronkoskopet hensiktsmessig og å komme inn i de ulike lappene. Første fase ble avsluttet med en test der novisens ferdigheter ble registrert og lagret.

Etter første test vurderte novisene sin egen prestasjon på en skala fra 1-4, der 4 var høyest score, og deretter fikk de en tilbakemelding på hvordan testen faktisk gikk. Hvis de endte opp i feil lapp, mottok de korreksjon; veileder demonstrerte på nytt lokalisasjon av og navigasjon til riktig lapp.

I neste fase av opplæringen fikk novisen friere tøyler til egentrening uten aktiv veiledende instruktør. Her fikk novisen tid til å bli kjent med bronkoskopet og fantomet og utvikle egen teknikk. Også denne fasen ble avsluttet med en testsituasjon for å kartlegge eventuell forbedring av prestasjon.

Etter andre test fikk de igjen spørsmål om å vurdere egen prestasjon fra 1-4, og deretter tilbakemelding. Til slutt fikk de mulighet til å fortelle hvordan de synes opplegget var og om de fikk noe ut av det. Noen sitater ble notert.

Underveis i utarbeidelsen av opplæringsprogrammet benyttet i studien ble oppsettet modifisert. I den opprinnelige undervisningspakken var tanken å inkludere intubasjon; føring av bronkoskopet mellom stemmebåndene og ned i øvre del av trachea. Dette er en av

bronkoskopørens virkelige utfordringer. Til dette skulle det brukes et fantom med ansikt og halsregion, der utfordringen skulle være passasje av larynx (strupehodet). På denne skulle novisene få øve fritt, før de mot slutten skulle testes. Prestasjonene skulle kartlegges ut fra den enkeltes tidsbruk på gjennomføring av en full intubasjon, føring av skopet fra munnhule ned i trachea. Dessverre var fantomet av hodemodellen feilkonstruert og uegnet for intubering. Dette ble oppdaget da Håkon Olav Leira, som er hovedansvarlig for opplæring innen bronkoskopi ved universitetssykehuset St. Olavs, selv hadde utfordringer med å føre skopet ned forbi larynx. Det ble derfor besluttet å forkaste opplæring og testing av intubasjon, samt bronkoskopi av fullt hode+luftveismodell.

2.4. Opptrening av bronkoskopiveiledere

Under novisetesting fikk deltakerne veiledning i bruk av bronkoskopet og bronkoskopisimulator. Da overlege Håkon Olav Leira ikke hadde anledning til å stille som instruktør og ekspert, havnet oppgaven på studentene i prosjektgruppen. Det var derfor avgjørende at våre bronkoskopiferdigheter var på et høyt nivå i forkant av novisetesting. Vi hadde ingen erfaring med verken bronkoskopi eller annen type skopi, og startet derfor øvingen i november 2021, med Leira som veileder. Utover våren 2022 fortsatte øvingen, noe med veileder, men oftest kun ved hjelp av navigasjonssystemet, som for vår egen del var til stor hjelp for å kunne mestre manøvreringen innad i bronkialtreet. Noen uker før novisetesting startet, intensiverte øvingen seg, med spesifikk forberedelse på å kunne veilede noviser.

2.5. Utarbeiding av testoppgaver

I utarbeidelsen av oppgaver var det ønskelig å teste grunnleggende bronkoskopiteknikk og navigasjon innad i bronkialtreet, både en forståelse av hvor man befinner seg og veien videre til "mål". Novisen ble instruert til å gjennomføre én konkret oppgave: å lokalisere alle 5 lungelapper, med stigende vanskelighetsgrad (ref. høyre overlapp ansett som vanskeligst å navigere til). Systematikken i lokalisering av lappene var også i samsvar med den naturlige inspeksjonen på bronkoskopistua.

- I. Venstre overlapp
- II. Venstre underlapp
- III. Høyre underlapp
- IV. Høyre midtlapp

V. Høyre overlapp

Tidsbruk og registrering av bevegelsesmønster ga oss et representativt bilde på ferdigheter, teknikk og effektivitet til den kommende bronkoskopøren.

2.6. Brukbarhetstesting

I forkant av selve studien ble det utført en brukbarhetstesting av ferdig system på 1-3 deltakere. Dette for å se hvorvidt opplegget fungerer, og eventuelt hvilke komponenter som burde modifiseres før det benyttes på en større testpopulasjon. Dette gjenspeiler en reiterende tilnærming til medisinsk teknisk forskning og utvikling, med gjentatt testing og forbedring av simulatoren for å optimalisere opplæringspakken og testfunksjonen.

2.7. Rekruttering

I denne studien ble det rekruttert leger med erfaring innen bronkoskopi fra St. Olavs hospital og studenter fra medisinsk profesjonsstudium ved NTNU. Da det ikke tilbys opplæring innen bronkoskopi eller bruk av endoskop generelt i løpet av studietiden, ble det ansett irrelevant hvilket semester studentene befinner seg i ved deltakelse i studien. Derfor ble det rekruttert medisinstudenter fra semester IC-IIID. Alle ville da ha fullført første året på studiet som inkluderer en gjennomgang av enkel lungeanatomi og en grunnleggende medisinsk forståelse. Førstnevnte ble også repetert i opplæringsvideoen.

Det ble antatt at det ikke var nødvendig å rekruttere mer enn 7-10 leger, da det ble forventet jevnt høyt nivå blant trente bronkoskopører. Rekruttering av leger foregikk ved direkte forespørsel i lungeavdelingen av hovedveileder Håkon Olav Leira.

Derimot blant studentene var det nødvendig å rekruttere betydelig flere da det var ønskelig å kartlegge betydningen av opplæring innen simulator-teknikk, ferdighetsforbedring sammenliknet med ekspertnivå og om eventuelle pretest-variabler har betydning, gjennom spørreskjemaet fylt ut på forhånd. For å kunne få signifikante data på dette ble det ønsket en novisepopulasjon på minimum 40. Studentrekruttering skulle etter planen foregå ved direkte forespørsel av medstudenter, og større mobilisering gjennom informasjon sendt ut på mail eller lagt fram i forelesning for hele kull. Kontaktopplysninger til alle studentene fra 2.-6. året ble hentet fra mailinglistene til Placebo (medisinstudentenes linjeforening), og det ble sendt ut en mail to dager før planlagt oppstart. I mailen var det informasjon om prosjektet, samt en

lenke til et excel-skjema hvor man kunne skrive seg opp til et tidspunkt for oppmøte. Studentene fikk muligheten til å velge seg hver sin time fra 08.00 til 18.00, mandag til fredag, men fikk også beskjed om at de kunne si ifra dersom ingenting passet slik at det kunne ordnes et tidspunkt utenom. Et viktig moment var at rekrutteringen skulle være enkel å melde seg på og av, for at studiedeltakelse skulle bli mest mulig vellykket og appellere til flest. I tillegg ble det informert om i mailen at det vil trekkes to deltakere som vinner av hvert sitt gavekort på Trondheim torg til en verdi av 500kr, for å gjøre deltakelse i studien mer attraktiv.

2.8. Differensiering av novisene i testgrupper:

I denne studien ble det planlagt å dele novisene i to hovedgrupper under opptreningen:

- Gruppe A: Under den initiale egentreningen ville denne gruppen ha tilgang til visualiseringen av bronkialtreet og navigasjonssystemet gjennom dynamiske 3D-bilder. De kunne se hvor i modellen de befant seg og veien videre for å nå målet. Under neste fase av opptreningen, hvor de på egen hånd trente med bronkoskopet uten aktiv veileder, mistet denne gruppen tilgang til den visuelle fremstillingen slik at prosedyren minnet mer om den reelle inne på bronkoskopistua.
- Gruppe B: Under opplæringen ville ikke denne gruppen kunne se hvor i modellen de befant seg virtuelt. De måtte på egen hånd, og etter veileders instruksjoner, opparbeide seg en følelse av hvor de befinner seg i bronkialtreet og hvordan identifisere de ulike lungelappene. I neste fase, egentreningen, ble rollene snudd om på, slik at gruppe B fikk tilgang til visualiseringen.

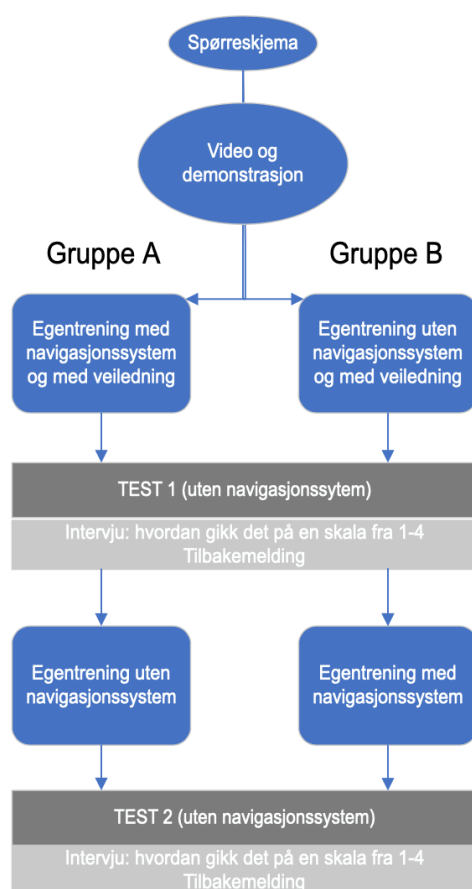
Både ved testen etter første opplæringsfase og under den endelige testsituasjonen ble begge grupper sidestilt; både gruppe A og B hadde kun tilgang til bildet framstilt av kameraet på endoskopet, tilsvarende det bronkoskopøren har av hjelpemiddel på den faktiske pasient. Første test ville vise om navigasjonssystemet og en mer "avansert" simulator er fordelaktig for novisens umiddelbare forståelse for manøvrering innad i bronkialtreet. Og gjennom siste testen ville det legges merke til om det er signifikant forskjell på når man introduserer navigasjonssystemet. Det ville gi svar på om det er fordelaktig at novisen får ekstra hjelp innledningsvis til å navigere seg rundt, og deretter øke vanskelighetsgraden når teknikken er mer på plass. Eller om dette gjør novisen en bjørnetjeneste, og at bortfall av visualiseringen kun forvirrer novisen og fører ferdighetsnivået tilbake mot utgangspunktet.

Oppdelingen i grupper skjedde tilfeldig; annenhver novise ble tilskrevet gruppe A og B. Dette fremstod som den beste og mest dynamiske metoden for prosjektet. Gruppene ble da like store, noe som kunne blitt et problem hvis novisene ble delt inn i på forhånd med tanke på frafall og utstrakt rekruttering underveis. Denne metoden virket også best med tanke på at veilederne kunne bli bedre og bedre. Når oppdelingen var annenhver, ville det bli minst mulig forskjell mellom gruppene på veiledningen som ble mottatt.

2.9. Framgangsmåte for den enkelte novise

1. Signering av avtale om dataopptak og lagring
2. Fylle ut spørreskjema ved oppmøte for å kartlegge pre-test variabler som kan være av signifikant betydning for utførsel og gjennomføring av testing
3. Forberedelse: Opplæringsvideo vises hver enkelt novise én gang ved oppmøte før introduksjon til selve simulatoren
4. Opplæring i bronkoskopiesimulator:
 - I. Instruktør viser, antatt tidsbruk: 5 minutter.
 - A. Demonstrasjon av fantom, bronkoskop og navigasjonssystem utført av ekspert
 - B. Demonstrasjon av håndgrep og bevegelse av skopet
 - C. Enkel opplæring innen bronkoskopisk lungeanatomi
 - II. Egentrening med aktiv instruktør som veileder og rettleider underveis, antatt tidsbruk: 10 minutter. Allerede her er testpopulasjonen delt inn i to grupper; slik at den ene har tilgang på navigasjonssystem og dynamiske 3D-bilder, mens den andre kun får visualisert luftveiene gjennom kamera på bronkoskopet.
5. **Første test etter minimalt med trening:** Lokalisere alle 5 lungelapper i gitt orden.
6. **Samtale etter første test:** Etter første innledende testrunde, vil novisene intervjues om hvordan de synes oppgavene gikk. Svaret registreres i spørreskjemaet som et nummer mellom 1-4. De vil også få svar på i hvilken grad oppgavene ble utført tilfredsstillende.

7. **Eventuell korreksjon av misoppfattelser etter første test:** Ekspert demonstrerer og rettleider novisen. Dersom første test ble utført tilfredsstillende, anses dette punktet som unødvendig for novisens progresjon og læring.
8. **Egentrening uten aktiv instruktør:** Novisene får frie tøyler til å øve bronkoskopisk teknikk på fantomet i 10 minutter. I denne fasen vil hjelpemidlene byttes om i testgruppene. For den ene gruppa vil vanskelighetsgraden øke da visualiseringen av bronkialtreet tas fra dem. For den andre gruppa vil de nå få større billeddiagnostisk hjelp til å navigere seg i luftveiene.
9. **Endelig testsituasjon etter fullendt egentrening:** Bronkoskopi av luftveisfantom uten hjelp av navigasjonssystem, men kun bistått av endoskopisk bilde. Novisene bes igjen om å lokalisere alle 5 lungelapper, i gitt orden.
10. **Endelig samtale:** Novisen intervjues om hvordan siste test gikk og hvordan de syns deltakelse i studien var. Svarene lagres i spørreskjemaet som et nummer på skala 1-4, samt med eventuelle sitater. Novisen informeres til slutt om egne resultater.



Figur 5: Fremgangsmåte for novisene.

2.10. Framgangsmåte for den enkelte lege

1. Signering av avtale om dataopptak og lagring
2. Fylle ut spørreskjema om bakgrunn og ferdighetsnivå
3. Gjennomføre gjentatte bronkoskopier mot forskjellige mål i fantomet. Legene vil også få noe tid til å bli kjent med fantom og bronkoskop, før de i tur skal lokalisere alle 5 lungelapper. Også legene skal gjennomføre testen to ganger, slik at eventuell forbedring også kan registreres. Legene vil dog ikke ha tilgang til navigasjonssystem og dynamiske 3D-bilder. Materialet analyseres selvstendig for å identifisere forskjeller i bronkoskopisk teknikk. Dessuten vil det siden brukes som referanse ved måling av ferdighetsforbedring hos den enkelte novise.

2.11. Registrerte variabler

Variabler innad i testgruppene registrert i spørreskjema fylt ut i forkant av bronkoskopiopplæringen:

Alle:

- Alder, kjønn
- Grad av kunnskap om bronkoskopi og annen endoskopi
 - Behersker novisen grunnleggende lungeanatomi?
 - Har novisen tidligere observert en bronkoskopi (evt. gastro- eller koloskopi)? Antall?
- Kartlegging av aktiviteter som forutsetter og mulig forbedrer finmotorikk i hendene, som antatt kan bedre utgangspunktet for den enkelte novise i studien:
 - Holder novisen aktivt på med gaming? Tidsbruk per uke?
 - Bedriver novisen håndarbeid? Tidsbruk per uke?
- Er deltakeren høyrehendt, venstrehendt eller kapphendt?

Leger:

- Stilling (overlege, LIS 3, LIS 2, LIS 1)
- Grad av erfaring i bronkoskopi

Variabler innad i testgruppene registrert under selve bronkoskopiopplæringen:

- Hvilken testgruppe tilhørte novisen: gruppe A eller gruppe B.
- Tidsbruk og suksessrate ved utførelse av de forskjellige oppgavene.
- Måleparametre som beskriver bevegelsesmønster, avansert dataanalyse: vipping, rotasjon, målrettet bevegelse.
- Forbedring av ferdigheter, sammenliknet med tidligere egne forsøk og ekspertnivå.

2.12. Måleparametre

I testingen av leger og noviser på bronkoskopisimulatoren er det valgt ut ni måleparametre knyttet til bevegelsen av skopet. Flere av disse er benyttet i tidligere simulatorstudier, da knyttet til laparoskopi [Hofstad et al. (2013)]. Tilpasset bronkoskopiens bruksområder, er det disse som danner grunnlaget for resultatene som behandles senere i oppgaven.

- Korrekt/feil lungelapp: Initialt står det om deltakeren befant seg innenfor rett lapp eller ikke. Deretter står det hvilken lapp vedkommende eventuelt befant seg innenfor eller “non” dersom sensoren i tuppen av skopet fremdeles lå ute i hovedbronkus. Evnen til å navigere rett innad i bronkialtreet står selvfølgelig helt sentralt i målingen av bronkoskopiferdigheter.
- Tid: Tid måles fra skopet entrer modellens trachea til deltaker er tilfreds med egen navigering til mål-lapp. Tid gir oss en pekepinn på bronkoskopørens effektivitet, og lave verdier tolkes som positivt. Måles i sekunder.
- Bevegelseslengde (path length, PL): Total bevegelse av tuppen av bronkoskopet gjennom hele oppgaven. I likhet med tid, vil bevegelseslengde fortelle om bronkoskopørens effektivitet: lave verdier tolkes som positivt, mens høyere verdier antas vil representere eventuell “surring” og feilnavigering. Måles i centimeter.

$$PL = \int_0^T \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} dt$$

- Tupp-vinkling (angular length, AL): Total endring av vinkelen på tuppen av bronkoskopet i vinkelrett plan på bronkoskopets akse, altså hvor mye deltakeren har vippet tuppen opp og ned. Antakelsen her er at lav verdi tilsvarer at de ikke har bøyd tuppen unødvendig mye. Hvis man derimot ikke har kontroll på vinklingen av tuppen,

vil man kanskje først bøye tuppen i feil retning, noe som vil gi høyere verdi. Måles i grader.

$$AL = \int_0^T \sqrt{\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\beta}{dt}\right)^2} dt$$

- Rotasjon (total rotation, TR): Total mengde rotasjon av bronkoskopet rundt egen akse. Lavere verdier vil også her tilsvare mindre unødvendig bevegelse av skopet. Måles i grader.

$$TR = \int_0^T \left| \frac{d\gamma}{dt} \right| dt$$

- Bevegelses-jevnhet (motion smoothness, MS): Total endring i akselerasjon av tuppen av bronkoskopet. I utgangspunktet skal det være positivt med lave verdier da dette indikerer glatte bevegelser. Måles i m/s^3 og normaliseres av varigheten på oppgaven.

$$MS = \sqrt{\frac{1}{2T} \int_0^T \left(\left(\frac{d^3x}{dt^3}\right)^2 + \left(\frac{d^3y}{dt^3}\right)^2 + \left(\frac{d^3z}{dt^3}\right)^2 \right) dt}$$

- Rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon (rotation and movement correlation, RMC): Deltakerens evne til å bevege og rotere bronkoskopet samtidig. RMC er beregnet ut fra korrelasjon mellom hastigheten på tuppen av skopet og hastigheten på rotasjonen av tuppen. Høye verdier vil i utgangspunktet tolkes positivt. Denne har ingen benevning.

$$RMC = \frac{\int_0^T (v_{tip}(t) - \bar{v}_{tip})(v_{rot}(t) - \bar{v}_{rot}) dt}{\sqrt{\int_0^T (v_{tip}(t) - \bar{v}_{tip})^2 dt \cdot \int_0^T (v_{rot}(t) - \bar{v}_{rot})^2 dt}}$$

hvor v er hastigheten og \bar{v} betegner gjennomsnittlig hastighet gjennom hele oppgaven.

- Gjennomsnittshastighet: Gjennomsnittlig hastighet av tuppen av bronkoskopet gjennom oppgaven. En effektiv bronkoskopør vil antatt bevege skopet med en høyere gjennomsnittshastighet. Måles i mm/s.

- *Antall bevegelser*: Antall bevegelser totalt. En bevegelse har en definert begynnelse idet bronkoskop-tuppen når en hastighet på 10 mm/s, og ender når hastigheten synker under 5 mm/s. Få antall bevegelser antas indikerer en målrettet og effektiv bronkoskopør.

2.13. Administrasjon

Datalagring

Data ble lagret aidentifisert på NTNU Sharepoint. En koblingsnøkkel som kobler novisens navn til sine opplysninger, ble oppbevart separat. Det vil ikke være mulig å identifisere den enkelte novise i eventuelle rapporter eller publikasjoner. Prosjektet vil etter planen avsluttes 1. april 2023. Ett år etter prosjektslutt vil koblingsnøkkelen slettes og dataene anonymiseres. Datamaterialet lagres i 15 år.

Etikk, godkjenning

Ifølge Helseforskningsloven defineres ikke dette som klart medisinsk forskning og dekkes ikke av denne loven.

Lokal godkjenning: Studien ble godkjent av etisk myndighet ved klinikken, under klinikkjef Sveinung Sørhaug.

REK: Fremlegging for Regional Etisk Komite ble ikke ansett som juridisk nødvendig. Registreringen ble gjort med avpersonifiserte data, og det ble opprettet et sikkert filområde ved undervisningsinstitusjonen, NTNU.

NSD: Søknad til NSD ble sendt inn for godkjenning.

Publisering, bruk av resultatene

Prosjektet er en studentoppgave for medisinerstudenter i Termin IIIA. Dette dannet grunnlag for skriving og innlevering av "Hovedoppgave 5.år". I tillegg vil det skrives en fagartikkel som presenteres i et medisinsk tidsskrift.

Prosjektet vil gi viktig kunnskap til bronkoskopi- og undervisningsmiljøet ved St. Olavs hospital. Simulatoren forventes å bli tatt i bruk i undervisning av leger på et senere tidspunkt. Ved å finne områder som bør forbedres kan dette være med på å heve kvaliteten på selve

undersøkelsen. Resultatet vil kunne være gjenstand for intern diskusjon og kvalitetsforbedring, samt kunne presenteres innen dette fagmiljøet nasjonalt, evt. internasjonalt.

Økonomi

Prosjektet er en studentoppgave og utløste ikke eksterne lønnsmidler. Arbeidet var ellers definert innenfor vanlig virksomhet ved St. Olavs Hospital/NTNU/SINTEF for hoved- og biveiledere.

Alt nødvendig utstyr (bronkoskop, fantom, programvare) fantes både ved lungeavdelingen og i forskningsgruppa, og ble gjort fritt tilgjengelig for prosjektet.

Vi søkte om NOK 1000 for å styrke rekrutteringen, gjennom trekningen av to vinnere av et gavekort på 500kr blant deltakerne. Fakultetet kan bistå med maks 2500 NOK per student, men dette ble ikke ansett som nødvendig, da rekrutteringen tidlig viste seg vellykket.

2.14. Analysemetode

Opptakene til hver enkelt testdeltaker i Fraxinus ble koblet sammen med svarene fra spørreundersøkelsen. Deretter ble all data importert til IBM SPSS Statistics (IBM, New York, USA), vårt valgte verktøy for statistisk analyse.

I første omgang ble et gjennomsnitt beregnet for alle måleparametre for test 1 og test 2, separat, for hver deltaker. Det er disse gjennomsnittene som ble brukt i de oppgitte analysene. Dette ble gjort for å skape et mer presentabelt og samlet resultat for den enkelte deltaker, ett fra utgangspunktet (test 1) og ett etter trening på simulator (test 2). P-verdi er satt som signifikant $<0,05$.

Det ble utført deskriptiv statistikk på alle måleparametrene for novise- og legepopulasjonen, separat for første og annen test. Median og range presenteres, da det ikke antas normalfordelte data. Dette beskriver forskjellene mellom testpopulasjonene og eventuell forbedring fra første til annen test.

Mann-Whitney U test ble brukt så til å sammenligne sentrale tendenser av alle parametre for leger og noviser for å undersøke og konkludere om det finnes forskjell mellom populasjonene (leger og noviser), og for å se etter signifikant forbedring hos noviser test 1 og test 2, og leger

test 1 og test 2. Resultatene fremstilles grafisk gjennom boxplot. Disse analysene ble supplert med Levene's test for å identifisere eventuell ulik varians.

For å analysere for treff og ikke-treff av mål-lapp, ble det regnet et gjennomsnitt for hele test 1 og hele test 2. Treff for navigering til den enkelte lapp ga 1 poeng, mens bom ga 0 poeng. Dermed ble gjennomsnittet et tall mellom 0 og 1 for hver testdeltaker. Denne treffprosenten for test 1 og 2 ble analysert for gruppene: lege og novise; og testgruppe A og testgruppe B, for å finne en eventuell signifikant forskjell. Videre ble novisenes treff-resultat i test 1 og test 2 sammenliknet, for å identifisere eventuell progresjon. I tillegg ble antall treff for hele test 1 omgjort til nominal i SPSS, med 6 forskjellige kategorier (0 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1). Deretter ble de ulike treffprosentene analysert for parameteren tid. Dette ble gjort for å avkrefte feilnavigering som mulig feilkilde til gode tidsresultater.

For å undersøke om tilgang til navigasjonssystem i opplæringen ga bedre testresultater, ble testgruppe A og B sammenliknet. Testgruppe A fikk tilgang på navigasjonssystemet under første demonstrasjon og øving, mens testgruppe B først ble introdusert for Fraxinus-programmet i egenøvingen etter første test. Alle måleparametere i test 1 og test 2 for gruppene ble analysert med Mann-Whitney U test.

Novisene ble også delt inn i gruppe etter om de gamer eller ikke, og for å identifisere om gaming utgjør en fordelaktig pre-test variabel, ble Mann-Whitney U test utført for alle parametrene for å se etter signifikante forskjeller. Dette ble utført for test 1, for å undersøke om gamerne hadde et bedre utgangspunkt for bronkoskopi.

På samme måte ble novisene delt inn i grupper etter om de driver med håndarbeid eller ikke. Dette ble analysert på tilsvarende vis.

Avslutningsvis ble det foretatt en korrelasjonsanalyse med Pearson's korrelasjonskoeffisient for parametrene i test 1 og 2. Det ble regnet et gjennomsnitt av parametrene for resultatene i test 1 og test 2 til sammen, for hver av deltakerne, da det i denne analysen ikke er hensiktsmessig å skille mellom test 1 og 2. Dette er den mest brukte metoden for numeriske variabler. Den viser om variablene har en positiv (0-1), negativ (-1-0) eller ingen (0) korrelasjon. Positiv korrelasjon vil si at hvis variabel A øker, vil variabel B også øke, derimot vil negativ korrelasjon si at hvis variabel A øker, minker variabel B [Nettleton (2014)]. Det er

også nyttig at noen parametre ikke viser direkte korrelasjon, det vil indikere at man måler ferdighetene på en annen måte.

3 Resultater

3.1 Brukbarhetstesting

Brukbarhetstesting av opplegget ble gjennomført på én fjerde års medisinstudent. Alt i alt fungerte både forberedelsesmaterialet og undervisningsopplegget, samt testfunksjonen og datalagringen. Det ble imidlertid foretatt noen endringer på spørreskjemaet, slik at man i samme skjema kan registrere novisens forestilling av egen innsats under testingen (nummerert på skala 1-4), total tidsbruk og eventuelle sitater om hvordan de syns deltakelse i studien var. I tillegg ble det besluttet å legge til muligheten for korreksjon og veiledning etter første test til de som har behov for det. Dermed vil grove misoppfattelser korrigeres før novisen skal trene videre på simulatoren på egen hånd og igjen testes. Det utgjorde ikke noen forskjell at dette ble lagt til senere da testnovisen navigerte til riktig lapp på alle testene.

Videre påpekte studenten under brukbarhetstesting enkelte uklare momenter som ved senere novisetesting vil vektlegges tydeligere. Allerede i selve styringen av bronkoskopet var studenten usikker på hvor bevegelsen satt. Informasjon om dette ble derfor lagt til i undervisningsvideoen; "Det er viktig å holde slangen rett, hele bronkoskopet svinger seg når håndtaket beveges, det er ikke noen egen bevegelse i slangen". I tillegg syntes studenten at det var vanskelig å avgjøre selv når hun befant seg innenfor en lapp og kompenserte gjerne med å bevege seg lenger ut i fantomet, inn i de ulike lungesegmentene. Dette vil også presiseres tydeligere under ekspertdemonstrasjonen til de andre novisene, før de gjennomfører testen.

Utenom disse forbedringsmomentene, fungerte opplegget godt. Derfor ble det ikke ansett som nødvendig med flere noviser til brukbarhetstesting, og studien kunne iverksettes.

Teststudenten ble også inkludert i endelige resultater og statistikk, da endringene var såpass minimale.

3.2 Simulator, navigasjonssystem og opplæringspakke

Det fysiske fantomet er en anatomisk god replika av bronkialtreet hos mennesket, men har for øvrig sine begrensninger. Særlig slimhinnens egenskaper er vanskelig å etterligne artfisielt, slik at fantomets innside bar preg av større friksjon mot bevegelse. For at skopet skulle bli bedre ble det derfor smurt inn med silikonspray, men dog med begrenset effekt. Det varierte i hvor stor grad og hyppighet denne ble benyttet, noe som kan ha gitt noe ulike friksjonsforhold for novisene. Venstre side av fantomet var også desidert hardest å få skopet ned i. Dette skyldtes nok ikke bare friksjon, men også anatomiske forhold innad i modellen. Særlig legene reagerte på friksjon mot innsiden av fantomet og trange forhold i venstre hovedbronkus, hvilket igjen formidler forskjellene fra bronkoskopi av reelle pasienter. Novisene ble informert om disse momentene under veiledning og instruert til å bruke noe mer krefter i denne delen av modellen.

Bronkoskopet som ble benyttet var også noe stort for fantomet, slik at det forekom en naturlig begrensning ut i lungesegmentene. Dette varierte noe for hver lapp, høyre underlapp var særdeles egnet til å bevege seg langt ut i bronkialtreet, men generelt var subsegmentene av hver lapp utenfor rekkevidde med skopet.

Bronkoskopet som ble benyttet i denne studien var også et engangsskop, som naturligvis lot seg prege av utstrakt bruk. Dessuten måtte novisene som nevnt bruke krefter på å få skopet ut i venstre over- og underlapp og for å innsisere lenger ut i lungesegmentene. Dette førte til en vridning av skopet, som i sin tur endret utgangsposisjonen for neste novise til testing.

Vridning av skopet vanskeliggjorde særlig passasje inn i venstre hovedbronkus. Det ble derfor kontrollert at skopet ga omtrentlig vannrett bilde ved inngang til trachea før hver novise, men trolig var det her forskjeller av mulig betydning. En novise presterte å snu skopet 180 grader slik at høyre og venstre ble snudd om på. Dette ga feil resultater i hele første test, men etter korreksjon fra veileder og egenøvelse, var misoppfattelsen borte og hele andre test ble utført uten feil.

Sensoren i tuppen av bronkoskopet satt heller ikke fast, slik at den underveis i øvingen kunne trekke seg noe tilbake inn i arbeidskanalen hvis novisene ved uhell dro i sensorledningen. Dette kunne ført til gale resultater i opptakene, da noviser som befant seg innenfor riktig lapp med skoptuppen, likevel ville blitt registrert som "non", altså ingen lungelapp, fordi sensoren

befant seg lenger ut, i hovedbronkus. Da sensorens plassering ble sjekket hyppig anses likevel ikke dette som en reell feilkilde.

Navigasjonssystemet i seg selv fungerte godt. De få tekniske problemene i testperioden var knyttet til feil i oppriggingen av simulator. I tidlige testdager, da utstyret ble satt opp på nytt hver morgen, ble det erfart at det magnetiske feltet fra trackingenheten kun sendes ut i én retning. Boksen må derfor stå riktig vei, med feltet mot fantomet, for at signalene skal kunne registreres i Fraxinus-programmet. Trackingsystemet ble også forstyrret av nærliggende metall, og var derfor nødt til å stå på et metallfritt underlag og uten annet metall, som f.eks. PC-er i nærheten, da det ville forstyrret signalene. Dette problemet oppstod en gang under testingen, men årsaken til bortfall av signalene ble raskt lokalisert og løst.

Oppsettet av simulatoren og navigasjonssystemet var mulig å flytte på, men tok noe tid å sette opp, da multiple ledninger og ulike komponenter skulle kobles sammen. Dette ga også opphav til nevnte tekniske vanskeligheter. Simulatoren ble derfor stående på samme sted mesteparten av testingen.

Undervisningsvideoen i forkant var forståelig for novisene og fungerte som en fin introduksjon til bronkoskopiens verden. Demonstrasjonen fungerte også godt.

3.3 Rekruttering

Rekrutteringen av studentene var meget vellykket, og etter kun én mail sendt ut før oppstart, var det 70 påmeldte. Noen meldte seg av etter hvert, men det ble også rekruttert ytterligere, slik at det endelige antallet studenter var 69 (inkludert studenten i brukbarhetstesting). Generelt var det stor entusiasme fra studentene vedrørende bronkoskopi-opplæring på en simulator. Flere meldte seg på fortløpende, etter oppmuntring fra medstudenter som allerede hadde fått prøve seg som bronkoskopører på simulatoren.

Rekruttering av leger viste seg å by på større vansker enn studentene. For å kunne bruke resultatene til å sammenlikne noviseprestasjon og -progresjon, var det vesentlig at bronkoskopørene var erfarne, dvs. LIS2/3 eller overleger. LIS1 ble heller definert innen novisepopulasjonen da de mottok opplæring og veiledning på lik linje med medisinstudentene. De erfarne bronkoskopørene på lungeavdelingen hadde dog svært travle arbeidsdager, så det var en utfordring å få dem til å gjennomføre opplegget, og ikke minst ta seg tiden til å gjennomføre grundig. Totalt deltok 7 erfarne bronkoskopører i studien.

3.4 Deltakerne

Tabell 1: Oversikt over deltakerne i studien, inndelt etter testgruppe.

Testgrupp e	Antall	Kjønnsfor deling	Gaming	Håndarbe id	Bronkosk opi (sett på/utført)	Annen type skopi (sett på/utført)
Overlege	6	Kvinner: 1 Menn: 5	1 (16,7%)	2 (33,3%)	Utført: 6 (100%)	Sett på: 3 (50%) Utført: 3 (50%)
LIS3 (inkl. i legepopula sjonen)	1	Kvinner: 1			Utført: 1 (100%)	Utført: 1 (100%)
LIS1 (inkl. i novisepop ulasjonen)	1	Kvinner: 1		1	Sett på: 1 (100%)	Sett på: 1 (100%)
Medisinstu dent	68	Kvinner: 44 Menn: 24	18 (26,5%)	33 (48,5%)	Sett på: 19 (27,9%) Ingen av delene: 49 (72,1%)	Sett på: 29 (42,6%) Utført: 2 (2,9%) Ingen av delene: 37 (54,4%)

3.5 Spørreskjema

Del 1

Webrapport for: Bronkoskopisimulator spørreskjema

76 leverte svar

Tilpass rapport

Nummer ∨

Gruppe ∧

Antall svar: 67

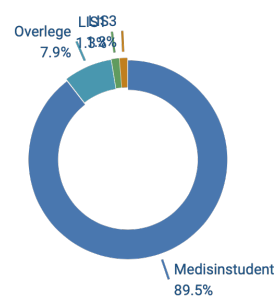
Svar	Antall	% av svar	↕
2	33	49.3%	
1	34	50.7%	



Angi testgruppe ∧

Antall svar: 76

Svar	Antall	% av svar	↕
Overlege	6	7.9%	
LIS3	1	1.3%	
LIS2	0	0%	
LIS1	1	1.3%	
Medisinstudent	68	89.5%	



Kjønn ∧

Antall svar: 76

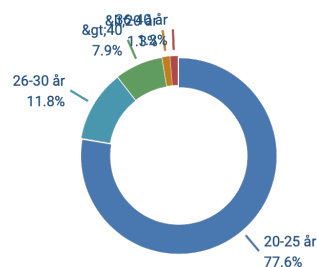
Svar	Antall	% av svar	↕
Annet	0	0%	
Mann	29	38.2%	
Kvinne	47	61.8%	



Alder [^]

Antall svar: 76

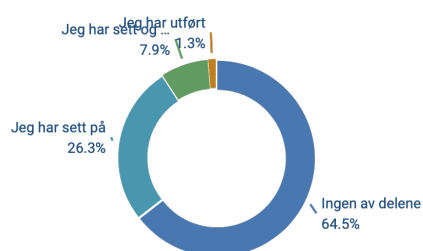
Svar	Antall	% av svar
>40	6	7.9%
36-40 år	1	1.3%
31-35 år	0	0%
26-30 år	9	11.8%
20-25 år	59	77.6%
<20 år	1	1.3%



Har du sett på eller utført en bronkoskopi før? [^]

Antall svar: 76

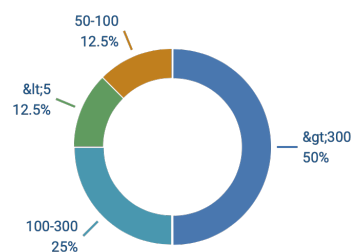
Svar	Antall	% av svar
Ingen av delene	49	64.5%
Jeg har sett og utført	6	7.9%
Jeg har utført	1	1.3%
Jeg har sett på	20	26.3%



Hvis du har utført bronkoskopi, hvor mange? [^]

Antall svar: 8

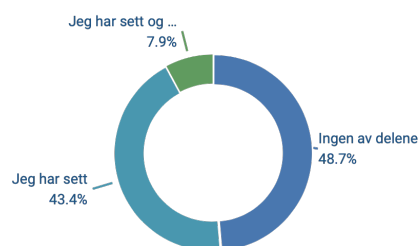
Svar	Antall	% av svar
>300	4	50%
100-300	2	25%
50-100	1	12.5%
20-50	0	0%
5-20	0	0%
<5	1	12.5%



Har du sett på eller utført annen type skopi? [^]

Antall svar: 76

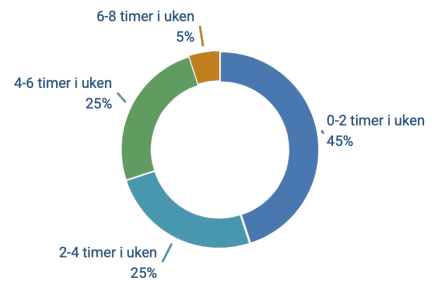
Svar	Antall	% av svar
Ingen av delene	37	48.7%
Jeg har sett og utført	6	7.9%
Jeg har utført	0	0%
Jeg har sett	33	43.4%



Hvis ja, hvor mye? ^

Antall svar: 20

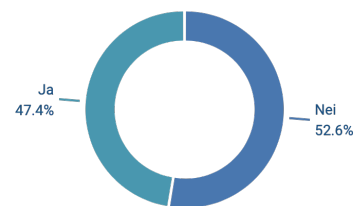
Svar	Antall	% av svar	↕
over 10 timer i uken	0	0%	
8-10 timer i uken	0	0%	
6-8 timer i uken	1	5%	
4-6 timer i uken	5	25%	
2-4 timer i uken	5	25%	
0-2 timer i uken	9	45%	



Driver du med håndarbeid? ^

Antall svar: 76

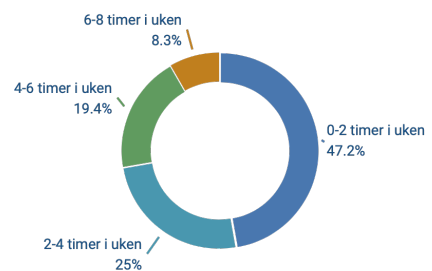
Svar	Antall	% av svar	↕
Nei	40	52.6%	
Ja	36	47.4%	



Hvis ja, hvor mye? ^

Antall svar: 36

Svar	Antall	% av svar	↕
over 10 timer i uken	0	0%	
8-10 timer i uken	0	0%	
6-8 timer i uken	3	8.3%	
4-6 timer i uken	7	19.4%	
2-4 timer i uken	9	25%	
0-2 timer i uken	17	47.2%	



Figur 6: Rapport fra f erste del av sp orreunders okelsen.

* kategorien ble fjernet og svaret flyttet til "Har sett og utfört"

** ett av svarene ble fjernet og flyttet til 0, da en deltaker hadde trykket 0-2, men nei til gaming i utgangspunktet.





Del 2

Etter test 1: På en skala fra 1-4, hvor bra syntes du testen gikk? ^

Antall svar: 75

Snitt: 2.80

Median: 3




Svar	Antall	% av svar	
4	12	16%	 16%
3	39	52%	 52%
2	21	28%	 28%
1	3	4%	 4%

Etter test 2: På en skala fra 1-4, hvor bra syntes du testen gikk? ^

Antall svar: 74

Snitt: 3.34

Median: 3

Svar	Antall	% av svar	
4	32	43.2%	 43.2%
3	35	47.3%	 47.3%
2	7	9.5%	 9.5%
1	0	0%	0%

Figur 7: Rapport fra andre del av undersøkelsen

I selvevalueringen utført i del 2 av spørreskjemaet kom det tydelig fram at flertallet av novisene selv opplevde progresjon fra test 1 til test 2 (figur 7). De ble som nevnt bedt om å rangere egen innsats og ferdighet på en skala fra 1-4. Her oppga 42 av 68 noviser (selvevalueringen var ennå ikke inkludert i brukbarhetstesting) at de opplevde forbedring av egen prestasjon. 21 noviser rangerte testene likt, og kun 5 noviser opplevde egen bronkoskopering som dårligere i test 2.

Total tidsbruk per novise holdt seg jevn utover testperioden og på tvers av veiledere (gjennomsnitt 32,4 min og median 33 min).

3.6 Analyseresultater

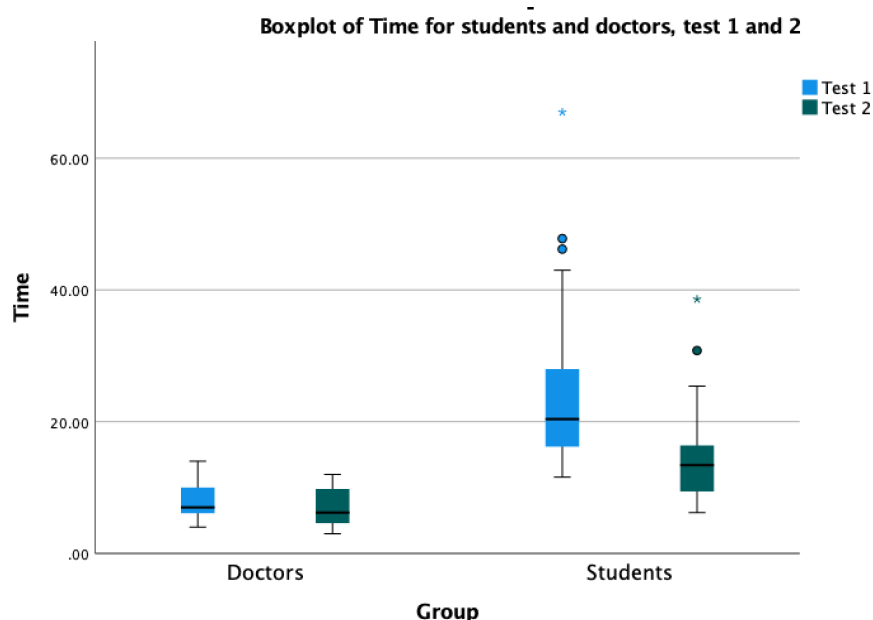
3.6.1 Måleparametrene

Tid

Legene brukte signifikant kortere tid enn novisene på både test 1 og test 2 (p-verdi $<0,001$ og $=0,003$) (figur 8, tabell 2). Det ble også sett en signifikant forbedring fra test 1 til test 2 hos noviser (p-verdi $<0,001$), men ikke hos leger (p-verdi $=0,445$) (figur 8, tabell 2). Variansen var også ulik for noviser i test 1 og noviser i test 2 (p-verdi $=0,007$).

Tabell 2: Median og Range for gjennomsnittstid test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median (s)	Range (Min/Maks) (s)
Gjennomsnittstid test 1, noviser	20,4	55,4 (11,6/67,0)
Gjennomsnittstid test 2, noviser	13,4	32,4 (6,2/38,6)
Gjennomsnittstid test 1, leger	7,0	10,0 (4,0/14,0)
Gjennomsnittstid test 2, leger	6,2	9,0 (3,0/12,0)



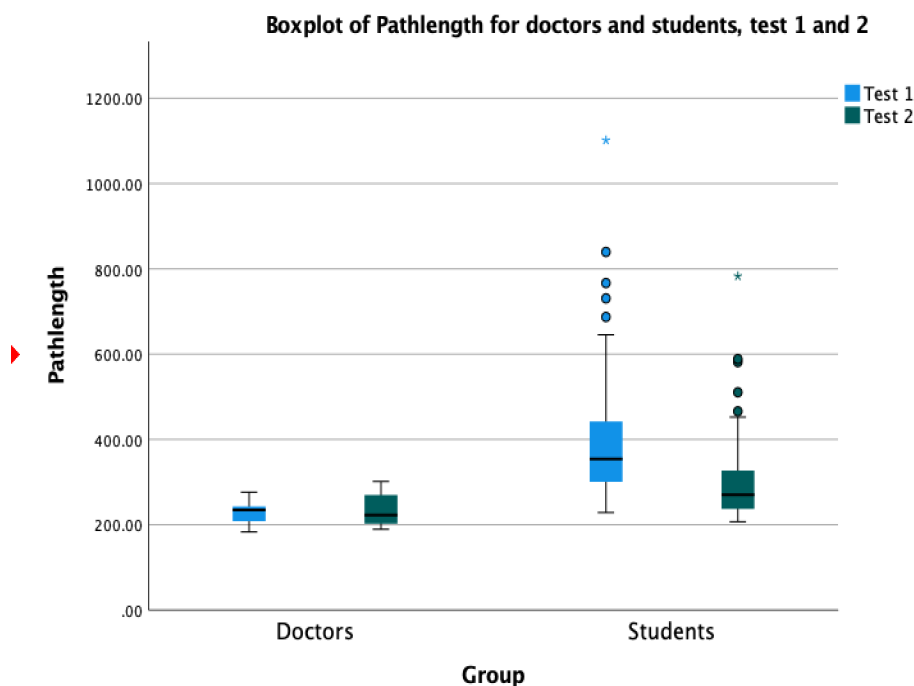
Figur 8: Boxplot av tid for leger og noviser test 1 og 2. Linjen midt i boksen viser medianverdien, bunnen av boksen er den første kvartilen (25-persentilen) og toppen av boksen er den tredje kvartilen (75-persentilen). I tillegg er det utstikkere (engelsk: whiskers) som illustrerer 5- og 95-persentilen. Datapunkt lenger borte fra boksen er markert individuelt som sirkler og ekstreme observasjoner som asterisker.

Bevegelseslengde

Legene hadde en signifikant kortere bevegelseslengde enn novisene i begge tester (p-verdi $<0,001$ og $=0,033$) (figur 9, tabell 3). Novisene hadde signifikant kortere bevegelseslengde på test 2 enn test 1 (p-verdi $<0,001$), men det hadde ikke legene (p-verdi= $1,000$) (figur 9, tabell 3).

Tabell 3: Median og Range for gjennomsnittlig bevegelseslengde test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median (cm)	Range (Min - Maks) (cm)
Gjennomsnittlig bevegelseslengde test 1, noviser	354,5	873,1 (228,6 - 1101,7)
Gjennomsnittlig bevegelseslengde test 2, noviser	270,1	576,0 (207,1/783,1)
Gjennomsnittlig bevegelseslengde test 1, leger	234,7	93,1 (183,3/276,5)
Gjennomsnittlig bevegelseslengde test 2, leger	223,0	112,1 (189,3/301,4)



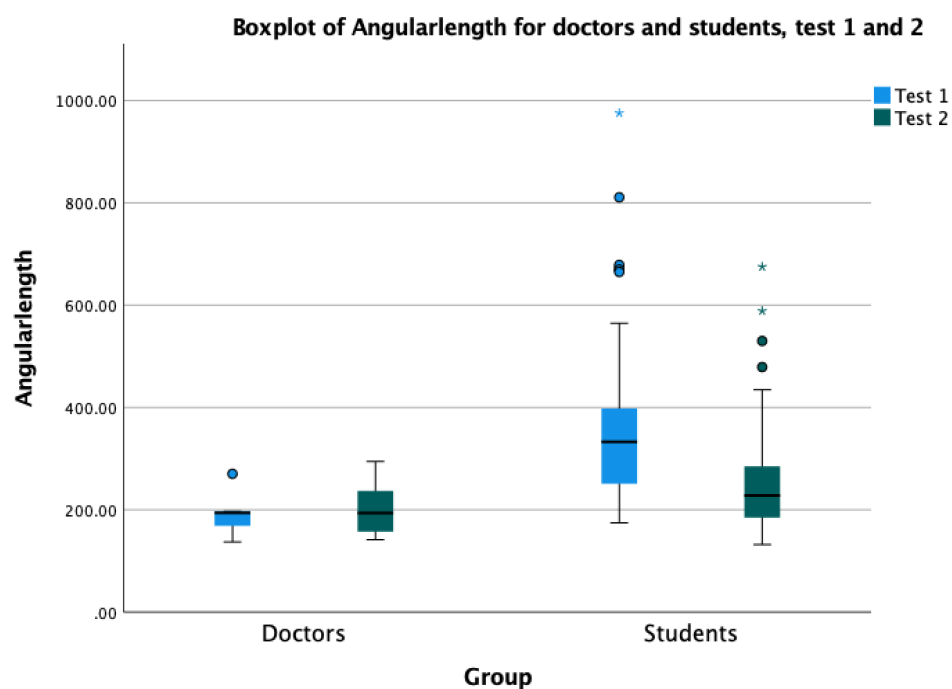
Figur 9: Boxplot av bevegelseslengde for leger og noviser test 1 og 2.

Tupp-vinkling

Legene hadde signifikant lavere tupp-vinkling enn noviser på test 1 (p-verdi <0,001), men ikke på test 2 (p-verdi= 0,274) (figur 10, tabell 4). Noviser hadde signifikant lavere tupp-vinkling på test 2 enn test 1 (p-verdi <0,001) (figur 10, tabell 4). Det var også ulik varians mellom novisene i de to testene (p-verdi= 0,022). Legene derimot, hadde ikke signifikant forskjell fra test 1 til test 2 (p-verdi= 1,000) (figur 10, tabell 4).

Tabell 4: Median og Range for gjennomsnittlig tupp-vinkling test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median (grader)	Range (Min/Maks) (grader)
Gjennomsnittlig tupp-vinkling test 1, noviser	332,9	801,0 (174,7/975,6)
Gjennomsnittlig tupp-vinkling test 2, noviser	227,9	543,0 (132,2/675,2)
Gjennomsnittlig tupp-vinkling test 1, leger	194,1	133,1 (137,3/270,4)
Gjennomsnittlig tupp-vinkling test 2, leger	193,8	153,1 (141,5/294,7)



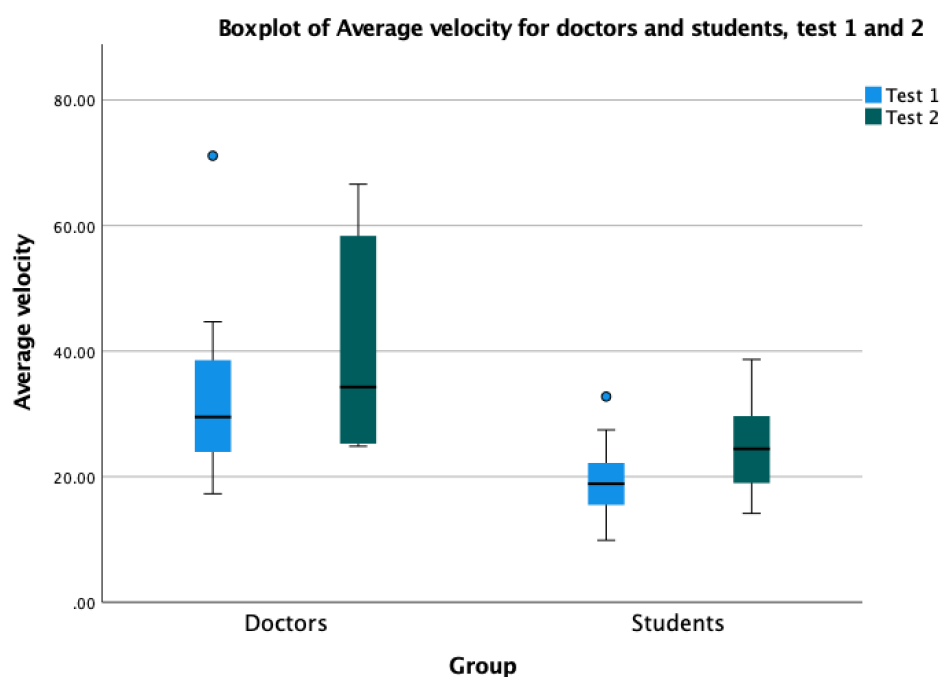
Figur 10: Boxplot av tupp-vinkling for leger og noviser test 1 og 2.

Gjennomsnittshastighet

På både test 1 og test 2 hadde legene signifikant høyere gjennomsnittshastighet enn novisene (p-verdi= 0,003 og 0,011) (figur 11, tabell 5). Legene hadde også signifikant høyere gjennomsnittshastighet på test 2 enn 1 (p-verdi <0,001), det samme gjaldt for novisene (p-verdi= 0,001) (figur 11, tabell 5). Variansen for gjennomsnittshastighet mellom leger og noviser var også ulik for både test 1 og test 2 (p-verdi <0,001). Dessuten var også variansen ulik mellom noviser test 1 og noviser test 2 (p-verdi =0,001).

Tabell 5: Median og Range for gjennomsnittshastighet test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median (mm/s)	Range (Min/Maks) (mm/s)
Gjennomsnittshastighet test 1, noviser	18,9	22,9 (9,9/32,8)
Gjennomsnittshastighet test 2, noviser	24,4	24,5 (14,2/38,7)
Gjennomsnittshastighet test 1, leger	29,5	53,8 (17,3/71,1)
Gjennomsnittshastighet test 2, leger	34,3	41,8 (24,8/66,6)



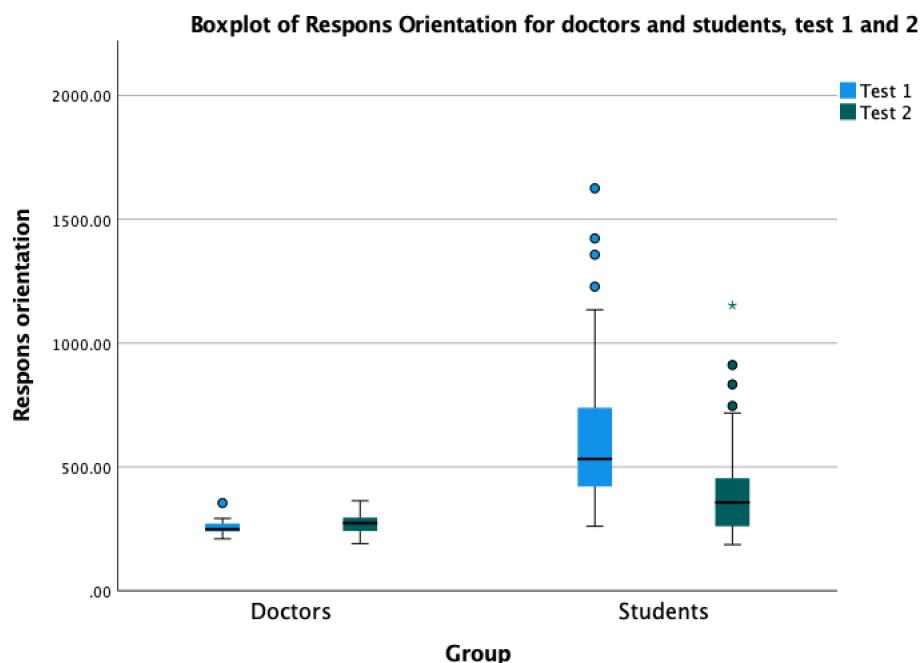
Figur 11: Boxplot av gjennomsnittshastighet for leger og noviser test 1 og 2.

Rotasjon

Legene gjorde det signifikant bedre på test 1 enn novisene (p-verdi <0,001), men gjorde det ikke signifikant bedre enn novisene på test 2 (p-verdi= 0,069) (figur 12, tabell 6). Legene hadde ingen signifikant forbedring (p-verdi= 0,628), det hadde derimot novisene (p-verdi <0,001) (figur 12, tabell 6). Dessuten var variansen ulik for novisene mellom test 1 og test 2 (p-verdi= 0,007).

Tabell 6: Median og Range for gjennomsnittlig rotasjon test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median (grader)	Range (Min/Maks) (grader)
Gjennomsnittlig rotasjon test 1, noviser	532,4	1364,6 (260,8/1625,4)
Gjennomsnittlig rotasjon test 2, noviser	356,9	966,4 (186,6/1152,9)
Gjennomsnittlig rotasjon test 1, leger	248,9	144,8 (209,8/354,5)
Gjennomsnittlig rotasjon test 2, leger	272,7	173,0 (190,6/363,6)



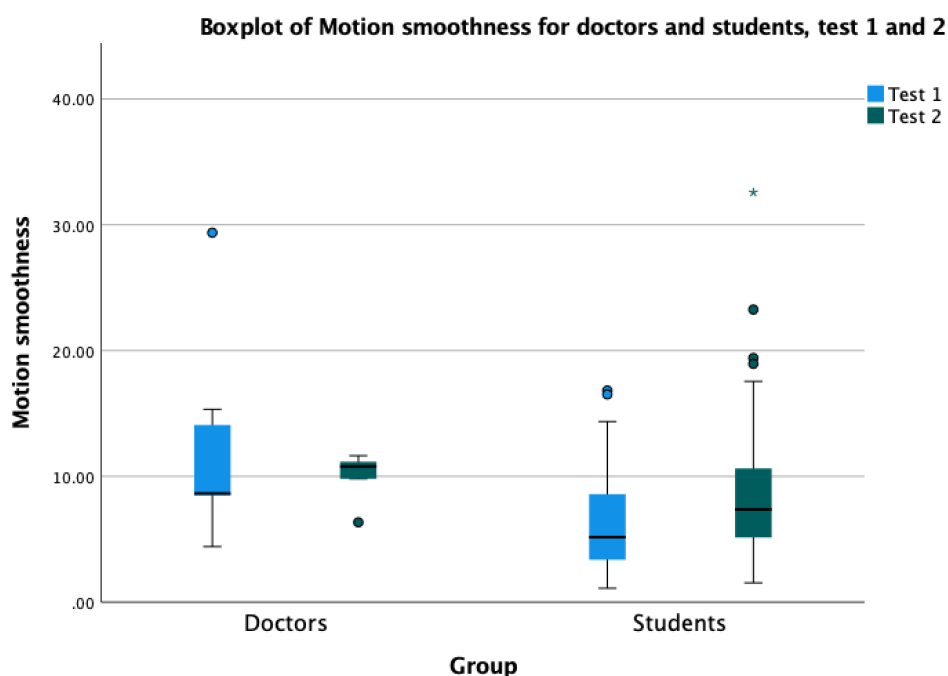
Figur 12: Boxplot av rotasjon for leger og noviser test 1 og 2.

Bevegelses-jevnhet

Det var signifikant forskjell mellom legene og novisene på test 1 (p-verdi= 0,013), men ikke signifikant forskjell på test 2 (p-verdi= 0,114) (figur 13, tabell 7). Legene fikk ikke signifikant forskjell i bevegelses-jevnhet fra test 1 til test 2 (p-verdi= 1,000) (figur 13, tabell 7). Novisene derimot fikk signifikant forskjell (p-verdi= 0,002) (figur 13, tabell 7).

Tabell 7: Median og Range for gjennomsnittlig bevegelses-jevnhet test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median (m/s ³)	Range (Min/Maks) (m/s ³)
Gjennomsnittlig bevegelses-jevnhet test 1, noviser	5,2	15,7 (1,1/16,8)
Gjennomsnittlig bevegelses-jevnhet test 2, noviser	7,4	31,0 (1,5/32,6)
Gjennomsnittlig bevegelses-jevnhet test 1, leger	8,6	25,0 (4,4/29,4)
Gjennomsnittlig bevegelses-jevnhet test 2, leger	10,8	5,3 (6,4/11,7)



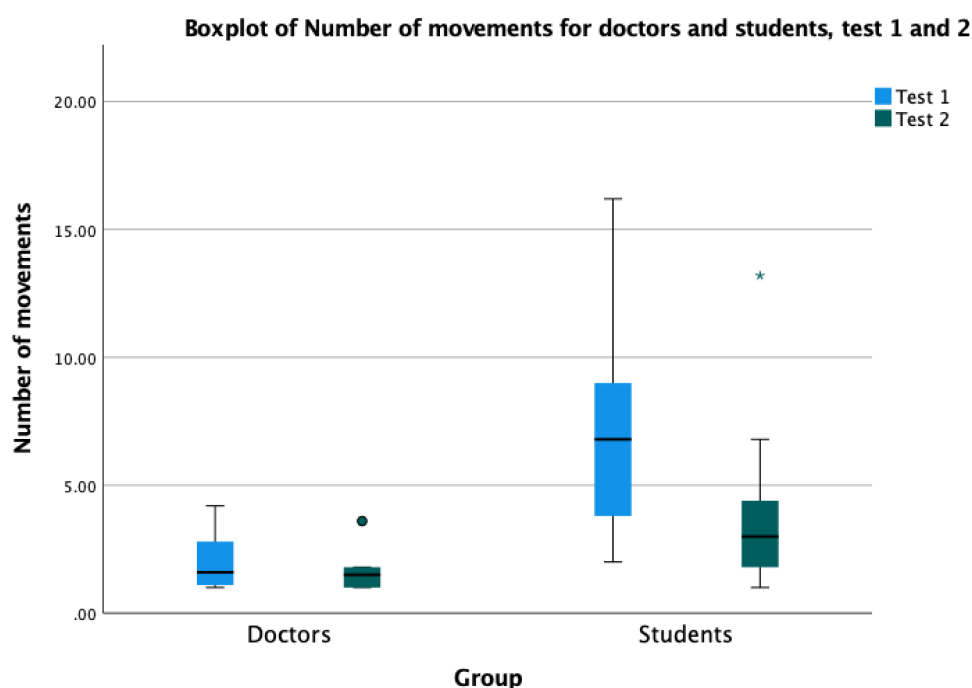
Figur 13: Boxplot av bevegelses-jevnhet for leger og noviser test 1 og 2.

Antall bevegelser

Det var signifikant forskjell mellom legene og novisene på test 1 (p-verdi <0,001) og test 2 (p-verdi= 0,011) (figur 14, tabell 8). Novisene hadde signifikant forskjell på test 1 og 2 (p-verdi <0,001) (figur 14, tabell 8). Variansen var også ulik mellom novisene i test 1 og novisene i test 2 (p-verdi <0,001). Hos legene så man ikke en signifikant endring fra test 1 til test 2 (p-verdi= 0,731) (figur 14, tabell 8).

Tabell 8: Median og Range for gjennomsnittlig antall bevegelser test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median	Range (Min/Maks)
Gjennomsnittlig antall bevegelser test 1, noviser	6,8	14,2 (2,0/16,2)
Gjennomsnittlig antall bevegelser test 2, noviser	3,0	12,2 (1,0/13,2)
Gjennomsnittlig antall bevegelser test 1, leger	1,6	3,2 (1,0/4,2)
Gjennomsnittlig antall bevegelser test 2, leger	1,5	2,6 (1,0/3,6)



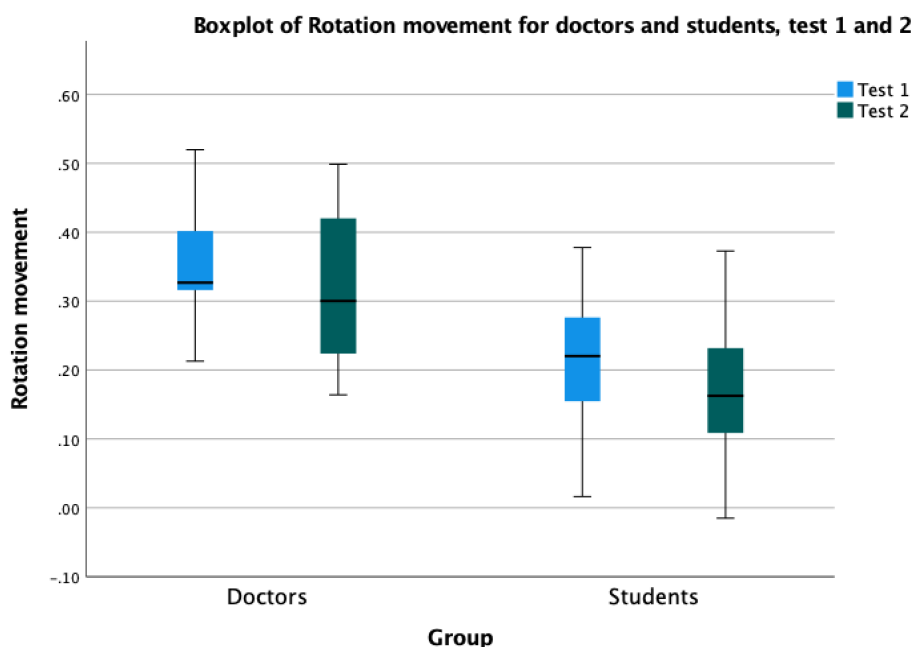
Figur 14: Boxplot av antall bevegelser for leger og noviser test 1 og 2.

Rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon

Det var signifikant forskjell på legene og novisene på test 1 (p-verdi <0,001) og på test 2 (p-verdi= 0,007) (figur 15, tabell 9). Novisene hadde en signifikant endring fra test 1 og test 2 (p-verdi= 0,002) (figur 15, tabell 9). Legene hadde ingen signifikant forskjell fra test 1 til test 2 (p-verdi= 0,628) (figur 15, tabell 9).

Tabell 9: Median og Range for gjennomsnittlig rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon test 1 og test 2 for leger og noviser.

	Median	Range (Min/Maks)
Gjennomsnittlig rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon test 1, noviser	0,22	0,36 (0,02/0,38)
Gjennomsnittlig rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon test 2, noviser	0,16	0,39 (-0,01/0,37)
Gjennomsnittlig rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon test 1, leger	0,33	0,31 (0,21/0,52)
Gjennomsnittlig rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon test 2, leger	0,30	0,33 (0,16/0,50)



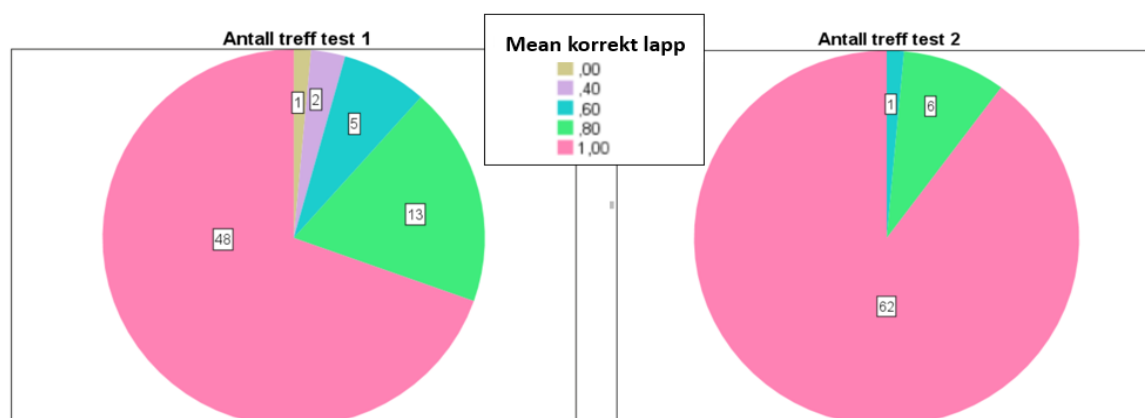
Figur 15: Boxplot av rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon for leger og noviser test 1 og 2.

Antall treff

Det ble ikke påvist statistisk signifikant forskjell i antall treff, dvs navigering til riktig lungelapp, mellom leger og noviser i test 1 (p-verdi= 0,332) eller test 2 (p-verdi= 0,635).

I test 1 navigerte 21 av 69 noviser feil én eller flere ganger. Dette ble redusert til 7 noviser i test 2. Novisene hadde 90% treffrate i test 1 og 98% i test 2. Det var signifikant forskjell på novisene fra test 1 til test 2 (p-verdi= 0,002) (figur 16).

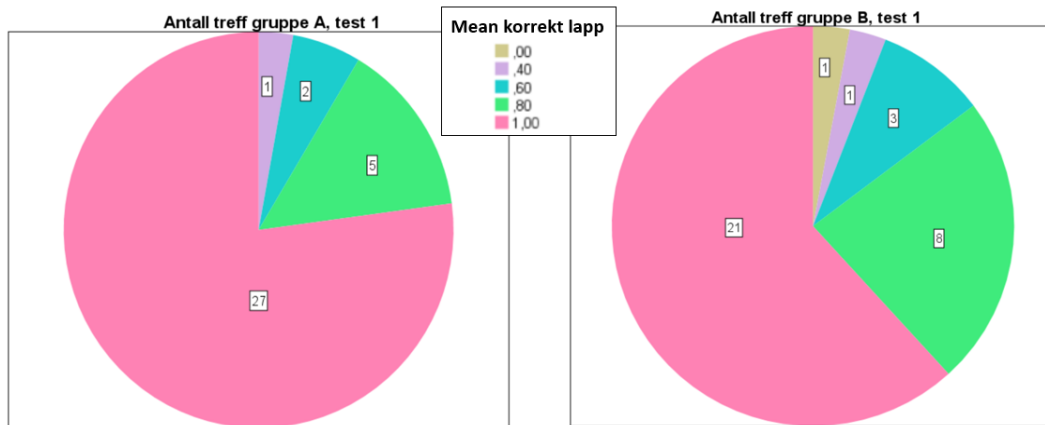
Legenes gjennomsnittlige treffprosent for både test 1 og test 2 var 97%. Dermed var det klart ingen signifikant forskjell mellom testene for legepopulasjonen (p-verdi=0,945).



Figur 16: Fordeling av antall treff hos novisepopulasjonen for test 1 og 2.

1= 5 riktige lapper, 0,8= 4 riktige lapper, 0,6= 3 riktige lapper, 0,4= 2 riktige lapper, 0,2= 1 riktig lapp, 0= ingen riktig).

Antall noviser med 100 % treffrate i test 1 var høyere i testgruppe A (med navigasjon) enn i testgruppe B (uten navigasjon) (figur 17). Likevel var det ingen signifikant forskjell å påvise i treffrate mellom gruppe A og B (p-verdi= 0,168). Tilsvarende ikke-signifikant resultat ble funnet mellom gruppene for antall treff i test 2 (p-verdi= 0,697).

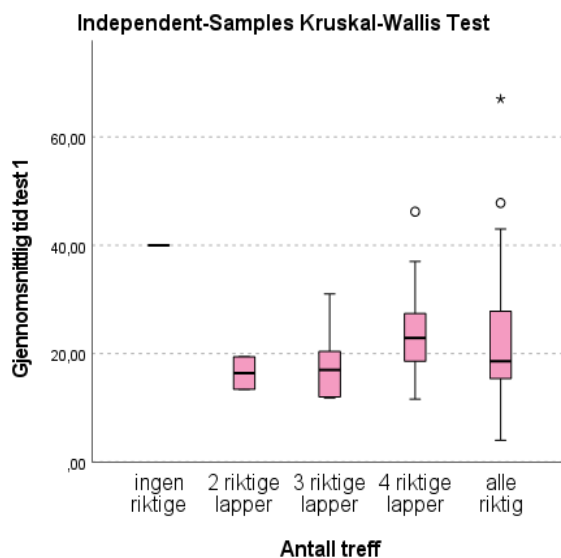


Figur 17: Fordeling av antall treff hos gruppe A og gruppe B for test 1.

1= 5 riktige lapper, 0,8= 4 riktige lapper, 0,6= 3 riktige lapper, 0,4= 2 riktige lapper, 0,2= 1 riktig lapp, 0= ingen riktig).

Det ble heller ikke påvist noen signifikant forskjell i antall treff mellom gamer vs ikke-gamer test 1 (p -verdi=0,774), eller håndarbeid vs ikke-håndarbeid test 1 (p -verdi=0,575).

For testdeltakerne, både leger og noviser, ble det heller ikke påvist noen signifikant tidsforskjell mellom de som navigerte rett til samtlige lapper og de som bommet på én eller flere mål i test 1 (p -verdi= 0,363) (figur 18).



Figur 18: Gjennomsnittlig tidsbruk for alle testdeltakere med ulik treffrate i test 1.

3.6.2 Navigasjonssystem

Analysing av alle måleparametrene for novisene inndelt i testgruppe A, med navigasjonssystem i første del av opplæringen, og testgruppe B, med navigasjonssystem i annen del av opplæringen, ga statistisk ikke-signifikante resultater, for både test 1 og test 2 (tabell 10, tabell 11). Det ble altså ikke funnet noen signifikant forskjell mellom gruppene, og det kan ikke konkluderes med at tilgang på navigasjonssystemet ga utslag på treffprosent eller måleparametrene.

Tabell 10: Median og Range av måleparametrene og treffprosent i test 1 og test 2 for noviser i testgruppe A og B.

Parameter	Test 1				Test 2			
	Testgruppe A (Navigasjonssystem)		Testgruppe B (Ikke- navigasjonssystem)		Testgruppe A (Navigasjonssystem i runde 1)		Testgruppe B (Navigasjonssystem i runde 2)	
	Median	Range	Median	Range	Median	Range	Median	Range
Tid (s)	20,4	33,4 (12,8/46,2)	19,5	55,4 (11,6/67,0)	13,2	31,6 (38,6/7,0)	13,5	24,6 (6,2/30,8)
Bevegelseslengde (cm)	354,5	502,4 (228,6/731,0)	358,2	849,0 (252,7/1101,7)	260,6	374,9 (213,8/588,7)	288,5	576,0 (207,1/783,1)
Tupp- vinkling(grader)	333,8	500,2 (174,7/674,9)	316,8	784,4 (191,3/975,6)	208,5	456,7 (132,2/588,8)	237,3	539,7 (135,5/675,2)
Rotasjon- og bevegelseskorr asjon	0,25	0,33 (0,02/0,34)	0,20	0,30 (0,07/0,38)	0,16	0,39 (- 0,01, 0,37)	0,16	0,31 (0,00/ 0,31)
Gjennomsnittsha stighet (mm/s)	17,4	20,5 (12,3/32,8)	20,7	17,1 (9,9/27,0)	22,4	18,8 (14,6/33,4)	25,5	24,5 (14,2/ 38,7)
Rotasjon (grader)	529,0	967,7 (260,8/1228,5)	555,8	1326,2 (299,1/1625,4)	322,7	963,5 (189,5/1152,9)	362,1	725,4 (186,6/912,0)
Bevegelses- jevnhhet (m/s ³)	5,3	11,5 (1,1/12,7)	4,8	15,4 (1,5/16,8)	8,5	31,0 (1,5/32,6)	7,4	21,0 (2,3/23,3)

Antall bevegelser	6,6	12,0 (2,2/14,2)	6,8	14,2 (2,0/16,2)	3,0	12,2 (1,0/13,2)	2,7	5,6 (1,2/6,8)
Antall treff	1,0	0,6 (0,4/1,0)	1,0	1,0 (0,0/1,0)	1,0	0,4 (0,6/1,0)	1,0	0,2 (0,8/1,0)

Tabell 11: P-verdier for analyser av ulike måleparametere og treffprosent mellom testgruppe A og B, i forholdsvis test 1 og 2.

Parameter	Signifikans (test 1, testgruppe A vs testgruppe B)	Signifikans (test 2, testgruppe A vs testgruppe B)
Tid (s)	0,610	0,627
Bevegelseslengde (cm)	0,408	0,100
Tupp-vinkling (grader)	0,755	0,308
Rotasjon- og bevegelseskorrelasjon	0,666	0,838
Gjennomsnittshastighet (mm/s)	0,199	0,285
Rotasjon (grader)	0,728	0,631
Bevegelses-jevnhet (m/s ³)	0,867	0,783
Antall bevegelser	0,881	0,778
Antall treff	0,168	0,697

3.6.3 Gaming

Blant deltakerne i studien oppga 18 av 69 noviser at de gamet i løpet av en vanlig uke. For alle parametrene, bortsett fra gjennomsnittshastighet, fantes ingen signifikante forskjeller, og det kan ikke konkluderes med at gaming ga bedre eller dårligere resultater (tabell 12).

Tilsvarende ikke-signifikante resultater fikk man dersom man delte inn og analyserte gamerne etter antall timer i uken, <4 timer vs. >4 timer.

Tabell 12: Median og Range av måleparametrene og treffprosent i test 1 for noviser, inndelt i gamer og ikke-gamer. I kolonnen til høyre er p-verdiene for gamer vs. ikke-gamer listet, og * indikerer eventuell signifikans.

Parameter	Gamer test 1		Ikke-Gamer test 1		Signifikans (gamere vs. ikke gamere test 1)
	Median	Range	Median	Range	
Tid (s)	17,4	34,6 (11,6/46,2)	21,8	55,0 (12,0/67,0)	0,192
Bevegelseslengde (cm)	341,5	584,3 (255,5/839,8)	360,5	873,1 (228,6/1101,7)	0,662
Tuppvinkling(grade r)	330,3	619,7 (191,3/810,9)	332,9	801,0 (174,7/975,6)	0,913
Rotasjon- og bevegelseskorrelasjon	0,25	0,29 (0,05/0,34)	0,20	0,36 (0,02/0,38)	0,194
Gjennomsnittshastighet (mm/s)	22,5	20,4 (12,4/32,8)	17,8	17,6 (9,9/27,5)	0,013*
Rotasjon (grader)	528,5	1058,1 (299,1/1357,2)	564,2	1364,6 (260,8/1625,4)	0,613
Bevegelsesjevnhet (m/s ³)	7,2	9,8 (1,9/11,7)	4,8	15,7 (1,1/16,8)	0,140
Antall bevegelser	5,6	12,2 (2,0/14,2)	6,8	14,0 (2,2/16,2)	0,547
Antall treff	1,0	1,0 (0,0/1,0)	1,0	0,6	0,774

				(0,4/1,0)	
--	--	--	--	-----------	--

3.6.4 Håndarbeid

Blant deltakerne i studien oppga nesten halvparten, 34 av 69 noviser, at de drev aktivt på med håndarbeid i løpet av en vanlig uke. Analysene av forskjeller mellom noviser som drev med håndarbeid og ikke ga ingen signifikante resultater (tabell 13), heller ikke når det ble delt inn etter antall timer håndarbeid i uken (kategoriene <4 timer og >4 timer).

Tabell 13: Median og Range av måleparametrene og treffprosent i test 1 for noviser, delt inn etter om de har oppgitt å bedrive håndarbeid eller ikke. I kolonnen til høyre er p-verdiene for håndarbeid vs ikke-håndarbeid listet, og * indikerer eventuell signifikans.

Parameter	Håndarbeid test 1		Ikke-håndarbeid test 1		Signifikans (håndarbeid vs. ikke håndarbeid test 1)
	Median	Range	Median	Range	
Tid (s)	19,5	36,2 (11,6/47,8)	23,2	55,2 (11,8/67,0)	0,352
Bevegelseslen gde (cm)	345,0	850,7 (251,0/1101,7)	385,6	611,3 (228,6/839,8)	0,146
Tupp-vinkling (grader)	319,4	780,3 (195,3/975,6)	342,1	636,3 (174,7/810,9)	0,349
Rotasjon- og bevegelseskorre lasjon	0,20	0,36 (0,02/0,38)	0,22	0,28 (0,05/0,33)	0,479
Gjennomsnitts hastighet (mm/s)	18,4	13,8 (12,3/26,1)	18,9	22,9 (9,9/32,8)	0,737

Rotasjon (grader)	530,7	1339,2 (286,2/1625,4)	560,8	1162,3 (260,8/1423,1)	0,302
Bevegelses- jevnhet (m/s ³)	6,1	15,7 (1,1/16,8)	4,5	15,1 (1,5/16,5)	0,275
Antall bevegelser	6,8	12,2 (2,0/14,2)	6,6	13,6 (2,6/16,2)	0,773
Antall treff	1,0	0,6 (0,4/1,0)	1,0	1,0 (0,0/1,0)	0,575

3.6.5 Korrelasjonsanalyser

Alle parametrene korrelerer med unntak av “rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon”, som kun korrelerer med “tupp-vinkling” og “rotasjon” (tabell 14).

Tabell 14: Pearsons korrelasjon av måleparametrene som ble ansett som relevante. Her er det brukt et gjennomsnitt av resultatene i test 1 og test 2. * indikerer signifikans.

Correlations						
		Time	Pathlength	Angular length	Total rotation	Rotation and movement correlation
Time	Pearson Correlation	--				
Pathlength	Pearson Correlation	.764**	--			
	Sig. (1-tailed)	<.001				
Angular length	Pearson Correlation	.795**	.932**	--		
	Sig. (1-tailed)	<.001	<.001			
Total rotation	Pearson Correlation	.876**	.869**	.916**	--	
	Sig. (1-tailed)	<.001	<.001	<.001		
Rotation and movement correlation	Pearson Correlation	.179	.159	.260*	.274**	--
	Sig. (1-tailed)	.060	.085	.012	.008	
No of movements	Pearson Correlation	.846**	.516**	.608**	.634**	.173
	Sig. (1-tailed)	<.001	<.001	<.001	<.001	.067
**. Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).						
*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).						

4 Diskusjon

4.1 Simulatorkonstruksjon

Simulatoren var teknisk enkel å bruke, intuitiv og anatomisk korrekt. Den artifiisielle slimhinnen var dog preget av økt friksjon, særlig på venstre side, og derav ikke like virkelighetstro. Dette ga nok utslag i resultatene til novisene, men også spesielt i legepopulasjonen som er vant til å føre skopet mot mindre motstand. Hvorvidt ulik bruk av silikonspray påvirket resultatene, er vanskelig å uttale seg om. Lungelappenes subsegmenter var også generelt utenfor rekkevidde med engangsskopet benyttet i studien. Dette var ingen stor feilkilde da bronkoskopering på dette nivået ikke er forventet av novisene, og fokuset i denne studien var navigering til og gjenkjenning av de fem ulike lungelappene.

Simulatoren, slik den er satt opp i denne studien, egner seg dårlig til hyppig forflytning og opp- og nedrigging. Den består av flere komponenter og ledninger som må kobles helt rett for at systemet skal fungere. Særlig sårbart for dette er trackingsystemet som skal oppfatte signalene fra sensoren i skopet. Simulatoren er, med andre ord, lite portabel.

Engangsskopene måtte skiftes ut underveis på grunn av slitasje. Det ble totalt brukt tre forskjellige skop. Disse var av samme type og størrelse, og derav ikke årsak til forskjellig prestasjon blant novisene. Derimot er vridningen av skopet, som følge av utstrakt bruk og økte krefter mot friksjonen i fantomet, en mulig årsak til forskjellige utgangspunkt, og derav forskjellige resultater for deltakerne.

I denne studien ble det kontrollert at sensoren alltid lå i tuppen av bronkoskopet for at navigasjonssystemet skal registrere rett lokalisasjon. I en forbedret versjon av simulatoren vil det være gunstig at denne sensoren er festet fast i tuppen av skopet, slik at den ikke kan trekke seg tilbake om man ved uhell drar i den.

4.2 Deltakerne

Noviser

Generelt var entusiasmen fra studentene stor vedrørende bronkoskopi-opplæring på en simulator. Mange av deltakerne påpekte fraværet av trening på praktiske oppgaver og

ferdigheter i løpet av medisinstudiet. Slik studieløpet er lagt opp den dag i dag er nemlig det eneste møtet med bronkoskopien muligheten til å observere en bronkoskopi på uketjeneste ved lungeavdelingen i semester IIB. Alle de spurte i studien kunne tenke seg tilbudet å kunne øve på en bronkoskopisimulator på uketjeneste for å få den mer tekniske forståelsen av håndteringen av et skop og et mer praktisk forhold til anatomien innad i bronkialtreet. Flere av deltakerne i studien hadde også meldt seg på et tilsvarende forskningsprosjekt med en laparoskopisimulator, som de opplevde hakket vanskeligere å beherske enn bronkoskopi. En slik stor oppslutning av deltakere i frivillige skopi-studier illustrerer igjen engasjementet blant medisinerstudentene.

Leger

De erfarne bronkoskopørene på lungeavdelingen hadde svært travle arbeidsdager, så det var en utfordring å få dem til å gjennomføre opplegget, og ikke minst ta seg tiden til å gjennomføre skikkelig. Den knappe tiden var nok kilde til at flere av legene begikk feil i navigeringen eller ikke beveget skopet langt nok inn i rett lapp.

Videre hadde det vært ønskelig med flere leger med varierende grad av erfaring i studien, for å kunne se på følgende spørsmål: *Kan simulator vise forskjell på bronkoskopører med varierende grad av erfaring?* Da det bare var 7 leger inkludert, var dette for lite til å kunne få signifikante resultater. Denne studien ble dermed mer fokusert på novisene, og bruker legene som “gullstandard”. Da det også ble gjort feil av legene, hadde det vært fordelaktig med flere leger for å kunne utforme denne gullstandarden. For å se på eventuell signifikant forbedring hos leger fra test 1 til 2 er det også en fordel med flere leger.

4.3 Spørreskjema

Spørreskjemaet var forståelig og ga oss god og anvendbar informasjon om testdeltakerne. Likevel er det noen ting som kunne vært gjort bedre. Noen områder av spørreskjemaet gjorde at det ble mye etterarbeid med gjennomgang og endring. For eksempel hadde noen svart “nei” på gaming/håndarbeid, også svart “0-2 timer i uken gaming/håndarbeid”, selv om det stod at de bare skulle svare “hvis ja”. Dette burde derfor vært et underspørsmål til “gamer du/driver du med håndarbeid”, eller presisert enda tydeligere.

Formuleringen på alternativene til spørsmålet om tidligere erfaring med bronkoskopi og annen type skopi lød slik:

- a) Jeg har sett på
- b) Jeg har utført
- c) Jeg har sett på og utført
- d) Jeg har verken sett på eller utført

En deltaker kommenterte at om man har utført, så har man også sett på. Det var kun én deltaker som krysset av for “jeg har utført”. Denne deltakeren ble da flyttet til alternativ c, og hele kategorien b ble fjernet.

Testgruppe-kategoriene ble også i etterarbeidet endret til “Opplæring gitt eller ikke” eller novise/ekspert, istedenfor student/LIS1/LIS2/LIS3/Overlege. Blant deltakerne var det kun to LIS-leger. LIS-1 hadde ingen erfaring fra tidligere med bronkoskopi, mottok opplæring på lik linje med medisinerstudentene, og ble derfor statistisk inkludert i novisepopulasjonen. LIS-3 hadde god erfaring med bronkoskopi, mottok ingen veiledning og ble statistisk behandlet i samme kategori som overlegene. Derfor ble det i etterkant mer hensiktsmessig å dele inn i “opplæring gitt”/noviser og “opplæring ikke gitt”/eksperter framfor leger og studenter.

4.4 Opplæringsmateriale

Opplæringspakken kan kalles vellykket. Det absolutte flertallet av novisene opplevde progresjon fra første til annen test, både vist statistisk og gjennom egenvurderingen av prestasjon rapportert i spørreskjemaet.

Et viktig element i studien var at deltakerne skulle motta samme veiledning. Derfor ble de 15 første gjennomgangene utført med begge veiledere til stede, slik at det kunne utarbeides en felles enighet om hvordan denne delen skulle foregå. Derfor ansees forskjellen på veiledningen som minimal, med kun eventuelle neglisjerbare forskjeller i utgangspunkt for bronkoskopi i novisepopulasjonene fordelt mellom veilederne.

En mulig svakhet i undervisningsopplegget var at det var myntet mot norske medisinstudenter og i sin helhet utformet på norsk, uten noen forhåndsinnlagt mulighet for oversettelse eller spesifikk informasjon om dette i skrivet sendt ut på mail. I løpet av testperioden var det dog kun én engelskspråklig student inne til testing. Testansvarlig måtte da oversette opplæringsmaterialet fortløpende. I dette ligger klart faren for at noe går tapt i oversettelsen.

Videre var det overraskende at noen deltakere svarte feil på anatomispørsmålet (om antall lungelapper), da dette ble inkludert i spørreskjemaet som et kontrollspørsmål. Dette kunne vært opphav til en mulig feilkilde; at noviser uten basal kunnskap om lungeanatomi ble inkludert i studien, som igjen kunne indikert dårligere utgangspunkt for læring av bronkoskopi. På den andre siden ble denne misoppfattelsen raskt korrigert for i løpet av undervisningsvideoen og veiledningen fra instruktør, og videre supplert med en god innførsel i bronkoskopi og luftveisanatomi. Opplæringsmateriale fungerte med andre ord godt.

4.5 Analysevalg

I analysene utført i SPSS er måleparametrene for testene til deltakerne som også endte opp i feil lapp inkludert. Dette er en mulig feilkilde dersom det kan medføre falskt gode resultater. Det er dog tatt høyde for i beslutningsprosessen i etterkant av testingen. I gjennomgangen av alle registrerte opptak ble det ikke funnet noen deltakere som ikke oppriktig har forsøkt å navigere til en lapp, altså ingen stående ute i hovedbronkus som har stanset tiden så raskt som mulig. Derimot er det mange tilfeller med navigering til feil lapp. Gjennomgående ses en forveksling av høyre midtlapp/underlapp og høyre midtlapp/overlapp, også et par som har blandet venstre underlapp/overlapp, og det er én med fullstendig forveksling av høyre og venstre. Disse har enten rotet med anatomien eller ikke klart å oppfatte hvilken lapp de skulle til. Høyre overlapp er den eneste lappen som betydelig ville redusere “bevegelseslengde” og dermed tidsbruk, men dette er også den lappen som lettest overses av nybegynnere og som vanskeligst lar seg navigere til på grunn av den spisse vinklingen opp fra hovedbronkus. Det er derfor ikke en relevant feilkilde for novisene at de har navigert til denne lappen når mållapp har vært lenger nede i bronkialtreet. Derimot er det flere som i uvitenhet har passert utgangen til høyre overlapp og navigert til midtlappen når mål har vært høyre overlapp. Dette vil derimot kunne øke verdiene for tid- og bevegelsesparametrene, med andre ord gi dårligere resultater. På bakgrunn av dette er konklusjonen at det ikke har vært noen fordel for den enkelte novise å navigere til feil lapp, og at resultatene deres kan inkluderes i analysene av tid og bevegelse.

En annen vellykket beslutning i etterkant av testingen, var å gjøre om ”nesten treff” til ”treff”. Dette gjaldt novisene og legene som har navigert til rett plass på rett tid, men som ikke har ført sensoren i tuppen av skopet innenfor den ferdig-programmerte avgrensingen av lungelappen. Fraxinus-programvaren ville dermed registrere “non”/”ingen lungelapp”, og resultatet sidestilles med total bom. For å unngå denne feilkilden, ble dataen til de som har

registrert at de ikke endte opp i riktig lapp, gjennomgått i ettertid. Deretter ble det lagt til en ekstra kolonne som skildret om manøvreringen var skivebom eller om deltakeren befant seg i nærheten av lappen og trolig så inn i den. I avsluttende analyser for navigering til rett lapp for leger og noviser, overkjørte sistnevnte kolonne det opprinnelige skillet mellom riktig og feil.

Videre gjenspeiler valget av analysene resultatet fra rekrutteringsprosessen. Opprinnelig var det i tillegg ønskelig å undersøke resultatforskjeller mellom venstrehendte, høyrehendte og kapphendte. Dette ble ansett som spesielt interessant da bronkoskopet alltid skal holdes i venstre hånd slik at høyre kan brukes til eksempelvis prøvetaking. Men da kun 4 av novisedeltakerne var venstrehendte ble det besluttet å ikke gå videre med noen analyser på hvorvidt dominant hånd påvirker bronkoskopiferdighetene, da disse med svært stor sannsynlighet ikke vil bli signifikante grunnet lavt antall deltakere.

Hypotesen “simulatoren viser forskjell på bronkoskopører med varierende grad av erfaring.” ble også vanskelig å undersøke videre da kun 7 leger deltok og kun én av disse oppga <100 utførte bronkoskopier. Et slikt utvalg ville neppe gitt presentable og signifikante resultater.

4.6 Analyseresultater

Analyseresultatene vil nå brukes for å svare på problemstillingene:

4.6.1 Hvilke parametre egner seg til å måle ferdigheter i bronkoskopi?

Ved å sammenligne leger og noviser kan man se hvilke parametre som skiller mellom dem. Det antas at leger med erfaring i bronkoskopi vil ha bedre resultater enn novisene. Parametre som signifikant skiller mellom leger og noviser vil egne seg til å måle bronkoskopiferdigheter. Ved å sammenligne resultater før og etter opplæring vil man ved å se endring i disse parametrene kunne si noe om opplæringen har hatt effekt.

Tid: Legene gjør det bedre enn novisene, noe som tyder på at måleparameteren egner seg til å måle bronkoskopiferdigheter. Novisene bruker mindre tid på test 2 enn test 1, mens legene ikke har signifikant bedring av tid. Opplæringen ser ut til å ha hatt effekt.

Bevegelseslengde: Legene hadde kortere bevegelseslengde på begge testene, og novisene hadde bedring, noe legene ikke hadde. Dette tyder på at bevegelseslengde er en parameter som kan brukes.

Tupp-vinkling: Legene hadde igjen lavere tupp-vinkling enn novisene ved test 1. Novisene fikk målt signifikant forbedring fra første til annen test, noe legene ikke hadde. Tupp-vinkling kan derfor betraktes som en brukbar parameter. Det ble for øvrig ikke påvist signifikant

forskjell mellom legene og novisene i test 2, som kan bety at novisene faktisk har blitt bedre. Dette kan være en parameter som egner seg til å måle ferdigheter tidlig i opplæringsforløpet. Tupp-vinkling kan tenkes være noe man lærer seg raskt, da det er relativt enkelt.

Gjennomsnittshastighet: Legene gjorde det bedre på begge tester, og novisene hadde signifikant forskjell fra test 1 til 2 som tyder på at dette er en parameter på bedring. Legene hadde dog også signifikant forskjell fra test 1 til test 2. Det kan indikere at parameteren muligens måler at man lærer å kjenne fantomet og testen. Gjennomsnittshastighet var eneste parameteren som ga utslag på både gamere og legeprogresjon.

Rotasjon: Legene gjorde det signifikant bedre enn novisene på test 1. Novisene viste også forbedring fra første til annen test, noe legene ikke gjorde. Dette styrker rotasjon som brukbar måleparameter. Legene gjorde det dog ikke bedre enn novisene på test 2. Så det kan tenkes at rotasjon, på samme måte som tupp-vinkling, egner seg best til å måle ferdigheter tidlig i opplæringen.

Bevegelses-jevnhhet: I utgangspunktet er det positivt med lave verdier, da dette indikerer glatte bevegelser. Legene hadde høyere bevegelses-jevnhhet enn novisene på test 1, og novisene fikk signifikant høyere bevegelses-jevnhhet på test 2 enn test 1. Dette tyder på at bevegelses-jevnhhet ikke er spesielt egnet for å måle ferdigheter i bronkoskopi. Det er mulig at måten bronkoskopet beveges på ikke egner seg for denne parameteren. Til forskjell fra laparoskopisimulering, hvor bevegelses-jevnhhet brukes, vil det i bronkoscopien ikke skade pasienten med relativt raske endringer i akselerasjon, som denne måler.

Antall bevegelser: Her sees også resultatene som vil forventes av en parameter som kan brukes, leger gjør det signifikant bedre enn noviser på begge testene, novisene har signifikant bedring, men ikke legene.

Rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon: Denne måler grad av korrrelasjon mellom rotasjon og romlig forflytning av skopet. Legene har høyere rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon enn novisene. Det er naturlig at legene er bedre her, de klarer å rotere skopet mens de beveger det fremover. Novisene har lavere rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon på test 2 enn 1. Det er overraskende, men betyr nødvendigvis ikke at det er en dårlig parameter. Dette må undersøkes gjennom videre forsøk eller ved å se på ulike måter parameteren kan beregnes på. Mulig denne parameteren egner seg bedre senere i et treningsforløp. Årsaken til resultatene kan være at unødvendig rotasjon også kan føre til høyere korrrelasjon dersom bronkoskopet ble forflyttet samtidig.

For å oppsummere er tid, bevegelseslengde og antall bevegelser de mest intuitive parametrene, og de som klarest gir resultatene en vil forvente av en god og brukbar parameter. Disse vil derfor danne hovedgrunnlag for videre konklusjoner i diskusjonsdelen. Tupp-vinkling og rotasjon er mulige parametre som egner seg tidlig i opplæringen, da studentene nærmet seg legenes nivå. Her vil videre undersøkelser av parametrenes egnethet være indisert.

Gjennomsnittshastighet var parameteren som alene gjerne ga signifikante resultater (ref. leger test 1 vs. test 2, og gamer vs. ikke-gamer test 1). Når man undersøker en rekke parametre, vil det statistisk sett være sannsynlig med noe falske positive funn. Derfor vektlegges ikke disse funnene videre, og det antas at parameteren ikke representerer en gullstandard for måling av bronkoskopiferdigheter.

Både rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon og bevegelses-jevnhet ga uventede resultater, slik at parametrenes bruksområde eller beregning kanskje ikke er optimal for studiens utforming.

Korrelasjonsanalyser viste at tid, bevegelseslengde, tupp-vinkling, rotasjon og antall bevegelser er korrelert med hverandre, altså måler noe av det samme, bortsett fra rotasjon- og bevegelseskorrrelasjon. Sistnevnte er kun korrelert med tupp-vinkling og rotasjon. Noe som tyder på at den måler ferdigheter på en annen måte enn de øvrige, og kan dermed være nyttig for å vurdere et bredere spekter av ferdigheter.

4.6.2 Kan simulatoren måle bronkoskopiferdigheter?

Med andre ord, kan bronkoskopisimulatoren registrere signifikant forskjell mellom erfaren bronkoskopør og novise?

Deskriptiv statistikk viser klart forskjellige verdier for lege- og novisepopulasjonen.

Eksempelvis for parameteren tid er medianen for leger test 1 langt under halvparten av novisenes, og variasjonsbredden en femtedel av novisenes. For antall bevegelser er medianen og variasjonsbredden for leger test 1 under en fjerdedel av novisenes. Fordi det antas at legene er bedre bronkoskoperer enn novisene i utgangspunktet, så viser dette at flere av parametrene som simulatoren regner reflekterer bronkoskopiferdigheter.

Dette ble så vist statistisk ved ikke-parametriske analyser. For alle analyserte parametere i test 1 ble nullhypotesen, om at leger og noviser presterer likt, forkastet. Dessuten ble p-verdien til samtlige måleparametre svært lav, som tolkes som veldig lite sannsynlig at

verdiene til novisene og legene tilhører samme testgruppe. Bronkoskopisimulatoren kan altså skille mellom erfaren bronkoskopør og novise.

4.6.3 Klarer simulatoren å skille på erfarne bronkoskopører og novisene etter trening?

Hvor mye nærmer novisene seg de erfarne legene i ferdigheter etter gjennomført simulatortrening?

Deskriptiv statistikk viser fortsatt et definitivt skille mellom novise- og legepopulasjonen. For tid er medianen hos leger test 2 omtrent halvparten av novisenes og variasjonsbredden en tredel. For antall bevegelser er median hos leger i test 2 halvparten av antallet for novisene. Legenes variasjonsbredde utgjør også omtrentlig en femtedel av novisenes.

Videre ikke-parametriske analyser ga ikke et like definitivt resultat som for test 1.

De mest intuitive måleparametrene; tidsbruk, bevegelseslengde og totalt antall bevegelser, ender alle i en forkastning av nullhypotesen. Dette tyder på at legene fremdeles er målbart bedre på simulator enn novisene etter trening. Likevel ser man at p-verdiene til alle nevnte måleparametre har økt fra $<0,001$ i test 1, som tyder på progresjon blant novisene. Også variablene rotasjon og gjennomsnittsfart ender i en forkastning av nullhypotesen- legene er signifikant bedre enn novisene- men igjen med økt p-verdi fra test 1. De parameterne hvor simulatoren ikke klarte å skille mellom noviser og leger, hvor nullhypotesen beholdes, var tupp-vinkling, rotasjon og bevegelses-jevnhet. Felles for disse parametrene er at de allerede er forkastet som mindre gode mål på bronkoskopiferdigheter. På bakgrunn av økte p-verdier fra test 1 for de andre mer egnede parametrene, kan det likevel antas at novisene etter opplæring vil bevege skopet mer som legene.

4.6.4 Gir opplæring på simulator effekt?

Kan det sees effekt av simulator på læring av bronkoskopi? Vil novisene som trener på simulator kunne beherske enkel bronkoskopi etter gjennomført opplæring? Gjorde novisene det bedre på test 2 enn 1?

Deskriptiv statistikk viser en klar progresjon blant novisene. For alle novisene ble medianen for total gjennomsnittlig tidsbruk ved manøvrering til alle fem lungelapper forbedret med 7 sekunder. Variasjonsbredden ble også nærmest halvert. For antall bevegelser ble medianen for alle noviser mer enn halvert fra første til annen test.

Ved ikke-parametrisk analyse, ble nullhypotesen om at total gjennomsnittlig tidsbruk for de to testene er den samme, forkastet med en p-verdi $< 0,001$. Variansen kan også statistisk bevises som ulik, den blir lavere fra test 1 til test 2. Novisene ble med andre ord statistisk signifikant raskere bronkoskopører gjennom opplæringen på simulator. Tilsvarende resultater ses ved analysing og sammenlikning av totalt benyttede bevegelser i testene. Nullhypotesen kan forkastes med en P-verdi $< 0,001$, og variansen fra test 1 til test 2 synker. Novisene generelt bruker færre bevegelser for å nå fram til mål-lapp i test 2. Det var ikke bare tid og antall bevegelser novisene gjorde det signifikant bedre i, dette gjelder alle parametrene. Variansen ble også bevist ulik for rotasjon, gjennomsnittshastighet og tupp-vinkling- for alle parametrene nærmer novisene seg et gunstigere område. Gjennomgående blir alle novisene bedre fra test 1 til test 2. Et annet spørsmål er hvorvidt mye av bedringen skyldes at de lærer seg fantomet og selve testen, eller om de faktisk opparbeider seg bedre ferdigheter innen bronkoskopi.

4.6.5 Hvor mye treningseffekt er det i selve testen?

Registreres det en signifikant bedring av prestasjon for leger fra test 1 til test 2? Deskriptiv statistikk viser minimal forbedring av samtlige parametere. Ved ikke-parametrisk analyse for måleparameteren tid kan ikke nullhypotesen, om lik tidsbruk i testene, forkastes. P-verdien ble nærmere 0,5, og man kan ikke konkludere med at legene var raskere i test 2 enn i test 1. P-verdien blir enda høyere for distribusjonen av antall bevegelser benyttet i test 1 og test 2 for legene. Det betyr at det er ganske sannsynlig at verdiene fra testene hører til samme gruppe. Nullhypotesen kan med andre ord igjen ikke forkastes, legene benytter ikke statistisk signifikant færre bevegelser med skopet for å finne fram til mål-lapp i test 2. På analysene av alle parametrene skal nullhypotesen beholdes, bortsett fra gjennomsnittshastighet. Dette kan muligens settes i sammenheng med at erfarne leger har større selvtillit på gang nr. 2 og derfor vil ha større akselerasjon, typisk fra trachea. Erfarne leger kan også antas å raskt lære seg fantomet (embody bodily movements faster) og derfor gå raskere frem i test 2. Det kan likevel, på bakgrunn av resterende måleparametre, konkluderes med at treningseffekten av selve testen er minimal. Dette tyder på at novisene presterte bedre på test 2 på grunn av undervisnings- og opplæringsopplegget, ikke utelukkende fordi de ble kjent med fantomet og testen.

4.6.6 Har de ulike forutsetningene noe å si for antall treff? Blir novisene mer treffsikre i løpet av opplæringen? Vil navigering til feil lapp påvirke tidsbruken?

- Har legene en større treffprosent enn novisene viser? Her analysert for test 1 og test 2 separat. I løpet av første test er det kun én lege som navigerer feil én gang. Derimot manøvrerer omtrentlig en tredjedel av novisene feil. Likevel viste det seg ikke å kunne bevises statistisk gjennom denne studien at legene har høyere treffrate enn novisene. P-verdien ble langt høyere enn 0,05, og nullhypotesen, om at deltakerpopulasjonene presterer likt, kan ikke forkastes. Legene har ikke en signifikant bedre treffprosent. Dog betyr ikke uteblivelsen av en statistisk signifikant forskjell at det ikke finnes noen reell forskjell. Muligens er et for lite antall leger rekruttert til studien for å kunne opparbeide et presentabelt og sammenlignbart materiale.
- Får novisene en høyere treffrate fra test 1 til test 2? Legenes treffprosent holder seg stabilt på 97%, mens novisene presterer 90% treffrate i test 1 og 98% i test 2. Disse resultatene viser seg videre gjennom statistisk signifikante resultater; nullhypotesen om at gjennomsnittlig treffprosent er den samme for begge tester, kan forkastes. Novisene blir flinkere på å navigere innad i bronkialtreet, en indikator på at bronkoskopisimulatoren har positiv læringseffekt. Derimot var det for legene ingen signifikant forskjell i treffprosent fra test 1 til test 2, som peker mot at treningseffekten ikke ligger i selve testen.
- Det ble heller ikke påvist noen signifikant forskjell i antall treff mellom gamer vs. ikke-gamer i test 1 eller håndarbeid vs. ikke-håndarbeid i test 1.
- Er det en fordel for tidsbruken å navigere til feil lapp? P-verdien viser seg igjen å være for høy til å kunne forkaste nullhypotesen, det er ingen signifikant tidsforskjell mellom testdeltakerne som navigerte til riktig og feil lapp i test 1. Dette er en styrke for øvrige analyser, da det statistisk ikke er påvist noen tidsmessig fordel å navigere feil.

4.6.7 Er det forskjell på tilgang på navigasjon i trening og ikke navigasjon?

Altså gjør novisene som har hatt tilgang på navigasjonssystem det bedre på test 1? På grunn av en dynamisk fordeling av testdeltakerne, ble gruppene størrelsesmessig så like som mulig. Begge gruppene stiller for øvrig også på lik linje i testsituasjonen, verken gruppe A eller B har da tilgang til visualiseringen av navigeringen. Analysering av alle måleparametrene ga

statistisk ikke-signifikante resultater. I tillegg ses ingen statistisk signifikant forskjell i antall treff av mål-lapp på test 1. Nullhypotesen om at det ikke finnes signifikant forskjell mellom gruppene, kan altså ikke motbevise. Allikevel ses en større andel noviser i kategorien med fullstendig treffprosent blant testgruppe A i test 1 (figur 17). Dette kan indikere at det finnes en reell forskjell som kunne vært påvist statistisk om flere deltakere var inkludert i studien.

4.6.8 Er det forskjell på når tilgang på navigasjon introduseres og benyttes i opplæringen for novisene?

Altså er det forskjell på resultatene i test 2 mellom gruppe A og B (de som brukte Fraxinus i hhv. egenøving 1 og 2)? Her vil alle deltakere være introdusert for navigasjonssystemet, men til ulike tidspunkt. Det vil gi svar på om det er fordelaktig at novisen får ekstra hjelp innledningsvis til å navigere seg rundt, og deretter øke vanskelighetsgraden når teknikken er mer på plass. Eller om dette gjør novisen en bjørnetjeneste, og at bortfall av visualiseringen kun forvirrer novisen og fører ferdighetsnivået tilbake mot utgangspunktet.

Analysert for alle måleparametrene var igjen resultatet statistisk ikke-signifikant. Det er ingen påviselig forskjell mellom novisene ut fra når i opplæringen navigasjonssystemet ble benyttet. Analysing av antall treff i test 2 mellom gruppe A og B gir heller ikke signifikant resultat.

4.6.9 Er gamere bedre enn andre?

Legene ble ikke inkludert i denne analysen, da deres forhold til gaming trolig innvirker lite på resultatet målt opp mot flere års erfaring på bronkoskopistua. Videre ble det tatt utgangspunkt i alle måleparametrene fra første testen, for å utforske om gamere har et bedre utgangspunkt for håndtering av bronkoskopet.

Analysen viste at det kun var ett statistisk signifikant skille mellom gruppene, gjennomsnittshastighet. Gamerne holdt i snitt et høyere tempo i gjennomførelsen av første test. Dette kan passe med bildet man har av en "gamer" som er vant til å holde et høyt tempo med konsollen. Dog ble det ikke funnet videre støtte for et skille mellom gruppene. For de andre måleparametrene kunne ikke analysen støtte påstanden om at den generelle gamer presterer bedre enn andre, og nullhypotesen om at det ikke er noen forskjell på gamere og ikke-gamere beholdes.

4.6.10 Er de som driver med håndarbeid bedre enn andre?

Legene ble igjen ikke inkludert i denne analysen, og dataen fra novisene i første test ble benyttet. Analysene viste ingen statistisk signifikant forskjell mellom gruppene. Altså er muligens ikke finmotoriske ferdigheter utnyttet i håndarbeid direkte overførbare til håndtering av bronkoskopet. Nullhypotesen om at håndarbeid ikke har betydning for bronkoskopi beholdes.

4.7 Bruksområde for simulatoren

Den egentlige målgruppen til simulatoren er LIS-leger, ikke medisinstudenter som brukt i denne studien. Vi vil anta at simulatoren fungerer godt for dem. De vil kunne øve med den alene og lenger hvis ønskelig. Den kunne også fått fast plass på lungeavdelingen, slik at det ikke stilles høyere krav til portabilitet. Navigasjonssystemet ble ikke bevist å ha signifikant påvirkning på resultatet, men det kan tenkes at en LIS-lege som skal øve alene, uten veileder til stede, vil kunne ha bruk for det for å kontrollere egen manøvrering og anatomisk forståelse av bronkialtreet. I dette tilfellet kan det tenkes at man burde ha hodemodellen også, slik at de ferske legene kan øve på hele prosedyren.

4.8 Navigasjonssystemet

Selv om det ikke ble registrert signifikant forskjell på gruppene etter om de hadde tilgang på navigasjonssystemet eller ikke, kan det fortsatt tenkes å være nyttig. Spesielt om ikke undervisning og veiledning står tilgjengelig. Novisene fikk bekreftet av instruktør under egenøvingen om de befant seg i den lappen de mente de var i, dette kan enkelt gjøres gjennom å benytte seg av navigasjonssystemet i stedet. Dersom man skal øve alene kan derfor navigasjonssystemet være av større betydning. Det var eksempelvis til stor hjelp da instruktørene trente, og det ikke var en ekspert til stede. Mulig at man også hadde fått et annet resultat med flere rekrutterte noviser. Av kakediagrammene presentert over (figur 17) er det for eksempel flere med 100% treffrate i testgruppe A enn B for test 1. Dette kan indikere at det finnes en reell forskjell som kunne vært påvist statistisk om flere deltakere var inkludert i studien.

Et gjennomgående problem under testingen var for testdeltakeren å vite om vedkommende var inne i lappen, eller fortsatt befant seg i hovedbronkus. Grensen for hva som defineres som innad i lappen var programmert på forhånd. Det kunne derfor vært markerte grenser for de ulike lappene i figuren i Fraxinus, vært en lampe som lyser idet man beveger skopet innenfor

grensen, eller kontinuerlig stått hvor i bronkialtreet man befinner seg, slik at deltakerne under øvingen med navigasjonssystemet vet når de er innenfor en gitt lapp. Hvorvidt dette hadde hatt betydning utover testresultatene er usikkert, da man ved hjelp av navigasjonssystemet under øvingen uansett vil se hvor bronkoskopet befinner seg. I testsituasjonen var flere av deltakerne i riktig lapp, men gikk tilbake for å være sikre, og andre gikk langt ut i segmentene og brukte tid på dette. Tiden stopper når deltakerne selv mener at de er i lappen. Derfor kunne det også vært et forslag å stoppe tiden idet skopet er innenfor den satte grensen, eller som nevnt inkludere en lampe som lyser grønt. På den andre siden vil dette ikke teste deltakerens egen forståelse av anatomien og bronkoskopien, og da kunne gi falskt gode resultater.

4.9 Testene

Denne studien har inkludert to tester med samme oppsett, for enkelt å måle deltakernes eventuelle progresjon. Det kan tenkes at et høyere antall tester kunne registrert bedre om novisene nærmer seg lege-nivå, men samtidig kan det være en viss læring i oppgaven. I tillegg inneholder bronkoskopering flere elementer enn det denne studien alene har fokusert på, eksempelvis intubering, prøvetaking og inspeksjon av lungenes segmenter og subsegmenter. Dette kunne vært testet i en forlengelse av denne typen studie, med en mer avansert bronkoskopisimulator tilgjengelig.

4.10 Styrker og svakheter

Styrker ved studien var at fantomet var anatomisk korrekt og så nokså ekte ut, at det var mange noviser som deltok og den tilfeldige oppdelingen i grupper. Navigasjonssystemet fungerte også bra, og det er mulig at det kan være til stor hjelp under andre omstendigheter, selv om det i denne studien ikke ga signifikante resultater. Tilbakemeldingene fra medisinstudentene var positive, de synes det var gøy og lærerikt. Dette gjenspeiles også i rekrutteringen som overgikk alle forventninger. Studentene er engasjert og interessert i å få øve seg på kliniske ferdigheter. Videoen var av passelig varighet og fikk fram den informasjonen novisene måtte ha i forkant av bronkoskoperingen.

Det som ikke fungerte optimalt med oppsettet var å bruke samme engangsskop lenge, særlig kombinert med den økte friksjonen i fantomet sammenliknet med et reelt bronkialtre. Venstre hovedbronkus hadde spesielt trange forhold og mye motstand mot bevegelse. Som nevnt

tidligere roterte kameraet jo mer skopet ble brukt, blant annet fordi noen noviser vred på slangen istedenfor håndtaket, selv om dette ble presisert i opplæringen. Slangen måtte sprayes med silikonspray for at den skulle få bedre gli, men dette ga kun begrenset effekt. Dersom man skal bronkoskopere mer perifere deler av bronkialtreet ville man trenge et mindre skop, men det var ikke nødvendig på dette nivået, da deltakerne kun skulle identifisere de fem lappene. En simulator til bruk i opplæring av LIS-leger bør på en annen side ha tatt hensyn til disse momentene; skopet bør gli bedre mot den artifisielle slimhinnen, og lungelappenes segmenter bør være mulig å inspisere. En annen utfordring for deltakerne var, som nevnt tidligere, lungelappenes avgrensning i programvaren. For å forbedre testresultater og anatomisk forståelse, kunne det under øvingen med navigasjonssystem stått hvilken lungelapp man befinner seg i, eller vært inntegnet tydelige grenser på figuren som definerer disse. Hvis navigasjonssystemet skal brukes av LIS-leger, ville det vært en fordel at man i tillegg kunne se hvilket undersegment man befinner seg i, da reell bronkoskopering krever dette kompetansenivået.

5 Konklusjon

Denne studien konkluderte med at bronkoskopisimulering har effekt, og at en simulator kan skille mellom noviser og eksperter, slik som de fleste andre studier i litteratursøket også gjorde, som omtalt i introduksjonen. Måleparametrene tid, bevegelseslengde og antall bevegelser viste seg spesielt egnet til måling av ferdigheter. De to førstnevnte konkluderte også Hofstad og Våpenstad med at kunne brukes i minimal invasiv kirurgi [Hofstad et al. (2013)]. Dermed er det mulig at samme parametre kan brukes i flere typer skopisimulering. Denne studien klarte ikke å finne noen signifikant forskjell på tilgang til navigasjonssystem og ikke, eller når det introduseres i opplæringen. Heller ikke noen forskjell ble registrert for pre-test variabler som gaming og håndarbeid.

Et mulig oppfølgingsprosjekt kunne fokusert mer på erfarne lungeleger (med ulik mengde erfaring), og LIS-leger, som skal lære seg å bronkoskopere. Slik som noen av studiene nevnt i introduksjonen gjorde [Veaudor et al. (2018); Siow et al. (2021)]. Da kan man også følge forløpet fram til de bronkoskoperer ekte pasienter. En fordel da er å rekruttere mange deltakere, for å få signifikante resultater. Dette er vanskelig å realisere på en lungeavdeling som ved St. Olavs hospital da det ikke er mange ferske LIS-leger i omløp samtidig. Dette

måtte heller struktureres som en oppfølgingsstudie over tid. Eller mulig man kunne hatt oppsettet stående på f.eks. en konferanse for lungeleger eller en tilsvarende anledning hvor legene ikke er like bundet av en tett timeplan. Selve opplæringen kunne gjøres av en lege med mye bronkoskopierfaring, da målet vil være en reell bronkoskopi og ikke utelukkende testen. Selve testen inkludert i studien burde derfor også utformes slik at den blir enda mer lik en ekte bronkoskopi; alle overflater skal inspiseres, det skal sees inn i hvert segment og i en mer sammenhengende bevegelse, altså uten å bevege skopet ut av fantomet. Parameterne det er fornuftig å ta med videre for å måle bronkoskopiferdigheter er tid, bevegelseslengde og antall bevegelser. Tupp-vinkling og rotasjon bør undersøkes videre om er egnet.

Simulatoren var vellykket, men den endelige simulatoren bør være mer portabel og enklere å sette opp. Sensoren burde være festet i tuppen av skopet, og samme engangsskop bør ikke benyttes i like stor grad. I et forbedret fysisk fantom bør også skopet gli bedre mot den artifisielle slimhinnen, og lungelappenes segmenter bør være mulig å inspiseres. I en forlengelse av dette bør også undersegmentene være representert i programvaren. For å bedre skille lungelapper og -segmenters avgrensning i programvaren, kunne det under øvingen med navigasjonssystem stått hvilken lungelapp man befinner seg i, eller vært inntegnet tydelige grenser på figuren som definerer disse.

Vi mener likevel at denne simulatoren har potensiale til å bli en del av opplæringen av lungeleger. Slik har de muligheten til å øve inn bronkoskoperingsteknikk og anatomiske forhold i bronkialtreet før de skoperer en ekte pasient. I en forlengelse av dette vil det virke betryggende for den undersøkte pasient. Simulatoren burde finnes som et "pakkeprodukt", slik den er bygd opp i denne studien eller lignende, med navigasjonsprogrammer tilgjengelig, til salgs for sykehusavdelinger og undervisningsinstitusjoner.

6 Referanseliste

- Agha, R. A., & Fowler, A. J. (2015). The role and validity of surgical simulation. *Int Surg*, 100(2), 350-357. <https://doi.org/10.9738/int surg-d-14-00004.1>
- Beal, M. D., Kinnear, J., Anderson, C. R., Martin, T. D., Wamboldt, R., & Hooper, L. (2017). The Effectiveness of Medical Simulation in Teaching Medical Students Critical Care Medicine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Simulation in Healthcare*, 12(2), 104-116. <https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000189>
- Colella, S., Søndergaard Svendsen, M. B., Konge, L., Svendsen, L. B., Sivapalan, P., & Clementsen, P. (2015). Assessment of Competence in Simulated Flexible Bronchoscopy Using Motion Analysis. *Respiration*, 89(2), 155-161. <https://doi.org/10.1159/000369471>
- Hofstad, E. F., Våpenstad, C., Chmarra, M. K., Langø, T., Kuhry, E., & Mårvik, R. (2013). A study of psychomotor skills in minimally invasive surgery: what differentiates expert and nonexpert performance. *Surgical Endoscopy*, 27(3), 854-863. <https://doi.org/10.1007/s00464-012-2524-9>
- Kattan, E., Vera, M., Putz, F., Corvetto, M., De la Fuente, R., & Bravo, S. (2019). Design and Evaluation of a Low-Cost Bronchoscopy-Guided Percutaneous Dilatational Tracheostomy Simulator. *Simul Healthc*, 14(6), 415-419. <https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000399>
- Krogh, C. L., Konge, L., Bjurström, J., & Ringsted, C. (2013). Training on a new, portable, simple simulator transfers to performance of complex bronchoscopy procedures. *The Clinical Respiratory Journal*, 7(3), 237-244. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1752-699X.2012.00311.x>
- Lervik Bakeng, J. B., Hofstad, E. F., Solberg, O. V., Eiesland, J., Tangen, G. A., Amundsen, T., Langø, T., Reinertsen, I., Selbekk, T., & Leira, H. O. (2019). Using the CustusX toolkit to create an image guided bronchoscopy application: Fraxinus. *PLoS One*, 14(2), e0211772. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211772>
- Nettleton, D. (2014). Chapter 6 - Selection of Variables and Factor Derivation. In D. Nettleton (Ed.), *Commercial Data Mining* (pp. 79-104). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416602-8.00006-6>
- Nilsson, P. M., Naur, T. M. H., Clementsen, P. F., & Konge, L. (2017). Simulation in bronchoscopy: current and future perspectives. *Adv Med Educ Pract*, 8, 755-760. <https://doi.org/10.2147/amep.S139929>

- Pastis, N. J., Vanderbilt, A. A., Tanner, N. T., Silvestri, G. A., Huggins, J. T., Svigals, Z., & Shepherd, R. W. (2014). Construct validity of the Symbionix bronch mentor simulator for essential bronchoscopic skills. *J Bronchology Interv Pulmonol*, 21(4), 314-321.
<https://doi.org/10.1097/lbr.0000000000000111>
- Santa Maria, C., Sung, C. K., Lee, J. Y., Chhetri, D. K., Mendelsohn, A. H., & Dewan, K. (2021). Flexible Bronchoscopy Simulation as a Tool to Improve Surgical Skills in Otolaryngology Residency. *OTO Open*, 5(4), 2473974x211056530.
<https://doi.org/10.1177/2473974x211056530>
- Siow, W. T., Tan, G.-L., Loo, C.-M., Khoo, K.-L., Kee, A., Tee, A., bin Mohamed Noor, I., Tay, N., & Lee, P. (2021). Impact of structured curriculum with simulation on bronchoscopy. *Respirology*, 26(6), 597-603.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/resp.14054>
- Veaudor, M., Gérinière, L., Souquet, P. J., Druette, L., Martin, X., Vergnon, J. M., & Couraud, S. (2018). High-fidelity simulation self-training enables novice bronchoscopists to acquire basic bronchoscopy skills comparable to their moderately and highly experienced counterparts. *BMC Med Educ*, 18(1), 191.
<https://doi.org/10.1186/s12909-018-1304-1>
- Våpenstad, C., Hofstad, E. F., Bø, L. E., Kuhry, E., Johnsen, G., Mårvik, R., Langø, T., & Hernes, T. N. (2017). Lack of transfer of skills after virtual reality simulator training with haptic feedback. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 26(6), 346-354.
<https://doi.org/10.1080/13645706.2017.1319866>

