

UX-Eksperiment

E4BIS/UX



Rapportskriver:	Janus Bo Andersen
Studienummer:	JA67494
E-mail:	ja67494@post.au.dk
Afleveringsdato:	21. maj 2020

Indhold

1	Indledning og formål	3
2	Baggrund	3
3	Problemstilling.....	3
4	Virkemidler: Tilvalg og fravalg af UX-elementer	4
5	Design	4
5.1	Systemdesign.....	5
5.2	Interface-design	5
5.3	Instrumentdesign	6
5.4	Haptisk design	6
5.5	Forsøgsopstilling.....	7
6	UX-forsøg.....	8
6.1	Beskrivelse af brugerforsøg.....	8
6.2	Observationer og resultater	8
7	Diskussion af resultater	9
8	Forbedringsmuligheder	10
9	Fremtidigt arbejde og perspektivering.....	10
10	Konklusion	10
11	Referencer	11

1 Indledning og formål

Denne rapport beskriver det afsluttende UX-eksperiment i UX-delen af kurset E4BIS. Eksperiment og rapport er udarbejdet individuelt. Der er udført et forsøg med en bruger.

2 Baggrund

I mange industrier betjenes udstyr fra distancen; af praktiske årsager eller for at opnå bedre performance eller sikkerhed. Det giver en række UX-udfordringer.

Et interessant eksempel er robot-assisteret kirurgi: Operationsudstyret betjenes af specialuddannede kirurger, mens den fysiske kontakt med patienten foregår gennem fx robotarme og lignende. Robotten styres af kirurgen vha. specialdesignede fysiske interfaces.

Med robot-assisteret, minimalt-invasiv kirurgi (RMIS) erstattes bl.a. traditionel kikkertkirurgi. Kirurg og patient er i samme lokale, og kirurgen får visuel feedback gennem VR eller på en skærm – se fx billedet på forsiden. Formålet med RMIS er at sikre et bedre patientforløb og at aflaste kirurgen.

Fordelene for patienten er fx at *"indgrebet er mere præcist"* og at der opstår *"mindre risiko for infektioner"* [1]. Der er også evidens for, at kirurger opnår bedre ergonomi og udsættes for mindre arbejdsbelastning med denne metode, især ift. skuldre, nakke og ben [2].

En nyere anvendelse, der kan bryde igennem med 5G og hurtigere datakommunikation, er fjernkirurgi. Her udføres operationer over større afstande: Interessante anvendelser er fx til steder som mangler specialuddannede kirurger, eller til krigszoner, hvor operationer kan udføres med kirurgen på sikker distance.

Udfordring: En væsentlig forskel og udfordring for kirurgen i robot-assisteret kirurgi er, at den *højt trænede* følesans sættes "ud af spillet", når der mangler fysisk feedback [3].

I litteraturen, se fx [3], inddeles i to typer feedback: Oplevelse af kraft (force feedback, som relaterer til muskulatur og led) og taktil oplevelse af materialer og overflader (tactile feedback, som relaterer til huden). Kirurgen kan altså fx mangle "oplevelsen" af hvor meget kraft der påføres saksen og hvor stram suturen er. Ligeledes kan "oplevelsen" af skalpellen, når den skærer gennem forskellige vævstyper, mangle.

Ved at benytte fysisk feedback, kan den vigtige følesans bringes tilbage i spil. I litteraturen undersøges også, om brug af feedback kan reducere risiko for skader på patienten under indgreb. Alt i alt må forventes, at meningsfuld feedback vil forbedre den robot-assisterede kirurgi.

3 Problemstilling

Det centrale spørgsmål i dette UX-eksperiment er: **Kan enkle komponenter og virkemidler anvendes til at give fysisk feedback og derved forbedre en kirurgs UX-oplevelse i robot-assisteret operationsudstyr?**

Det centrale spørgsmål afdækkes med de følgende delspørgsmål:

- Kan brugerinterfaces til fjernbetjent udstyr designes simpelt, men stadig give meningsfuld feedback?
- Kan *haptisk feedback* forbedre UX ved brug af fjernbetjent udstyr?
- Kan *modulering* af haptiske feedback benyttes til at udtrykke noget meningsfuldt?

4 Virkemidler: Tilvalg og fravalg af UX-elementer

Input:

- For en kirurg (og andre mennesker) er det naturligt at benytte fingerfærdighed til analogt og gradvist at modulere input på et objekt. En FlexSensor er derfor en oplagt "transducer" fra fysisk interaktion til elektriske signaler.

Output og feedback:

- **Output** er instrumentets bevægelse. Instrumentet kan "aktueres" vha. en servomotor og lidt ekstra mekanik (rotation til lineær aktuation). Output kan observeres visuelt.
- **Feedback** skal opleves primært gennem følesansen, fordi:
 - Under kirurgi er alle sanser fuldt optaget: Kirurgens øjne er fokuseret på patienten og ørerne benyttes til kommunikation med operationsstuenes øvrige læger og sygeplejersker.
 - Kirurgen skal ikke forstyrres ved at tvinges til at kigge på et "instrumentbræt" eller distraheres af "blinkende lamper" og forstyrrende lyde.
- Første **feedbackelement** er den fysiske udformning af brugerinterfacet. Det er rettet mod oplevelsen af påført kraft (muskler og led). Interfacet skal indeholde en mekanisk fjederkraft, så der opleves gradvist mere modstand, jo mere input der gives.
- Andet **feedbackelement** er udelukkende rettet mod en taktil oplevelse (huden), dvs. mod følesansen i fingrene. Der anvendes en vibrationsmotor, der kan give moduleret feedback.

Komponenter som LED'er og piezo lyd-elementer er i modstrid med argumenterne, og fravælges derfor.

5 Design

Designet består i at emulere et operationsinstrument (her benyttes en komisk stor saks), som brugeren kan manipulere fra en afstand. Dette gøres via et "prototype" interface, som giver forsøgspersonen mulighed for at modulere saksens bevægelse.

Input til saksens bevægelse er fra en FlexSensor i interfacet. Feedback kan moduleres efter input på FlexSensoren (proportionalt til saksens bevægelse)¹.

Feedback-elementerne, der skal indbygges, er mekanisk modstand i interfacet og en vibrationsmotor, der giver haptisk feedback og også indbygges i interfacet.

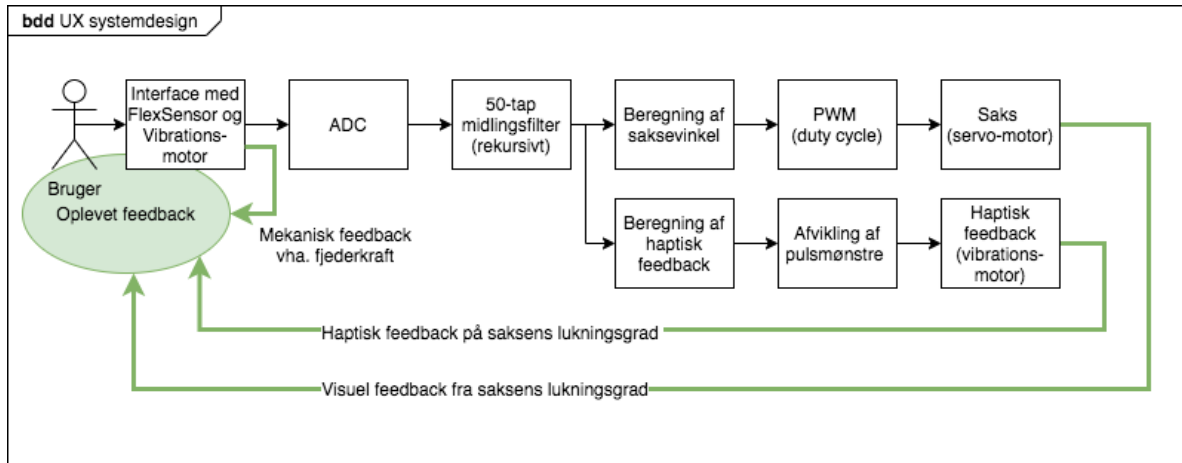
Sensordata er støjfyldt, og der skal anvendes et midlingsfilter for at undgå uønskede udsving i sensormålinger.

Respons og feedback skal opleves i realtid. Forsinket feedback er svært at håndtere for mennesker. Så der kræves en fintunet balance mellem støjreduktion og realtidsrespons i systemet.

¹ Et alternativ kunne være at modulere feedback efter den faktiske påførte kraft, hvilket ville kræve en yderligere sensor eller at benytte en kombination af motorstrøm og -spænding til at udlede det påførte drejningsmoment.

5.1 Systemdesign

Systemdesign til eksperimentet er som vist i følgende blokdiagram.



Figur 1: Blokdiagram over systemdesign

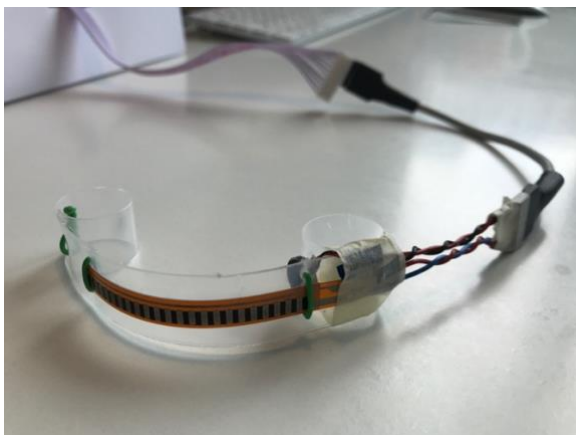
Som diagrammet viser, giver brugen et input (påvirkning af FlexSensor) og oplever tre slags feedback. Det visuelle feedback er ikke designet, men blot en observation af instrumentet.

Der kan tændes og slukkes for den haptiske feedback, og pulsmønstrene kan moduleres. Således kan det undersøges, hvilken forskel haptisk feedback gør.

Præsentation af systemet kan ses her: <https://www.youtube.com/watch?v=zBXYCm8VFss>

5.2 Interface-design

Det fysiske interface er designet til at minde om en saks (intuition). En fleksibel plastikramme giver fjedermodstand, som er *første feedbackelement*. Giver også en neutral position, når bruger ikke giver input. *Andet feedbackelement*, vibrationsmotoren, er monteret ved fingergrebet til pegefingern. Det er vist på følgende figur.



Panel A: Design af fysisk interface



Panel B: Benyttelse af fysisk interface

Figur 2: Fysisk interface til UX-eksperiment

FlexSensoren til input er monteret ovenpå plastikrammen og følger rammens bøjningsgrad. Input gives, når rammen sammentrykkes eller rettes ud.

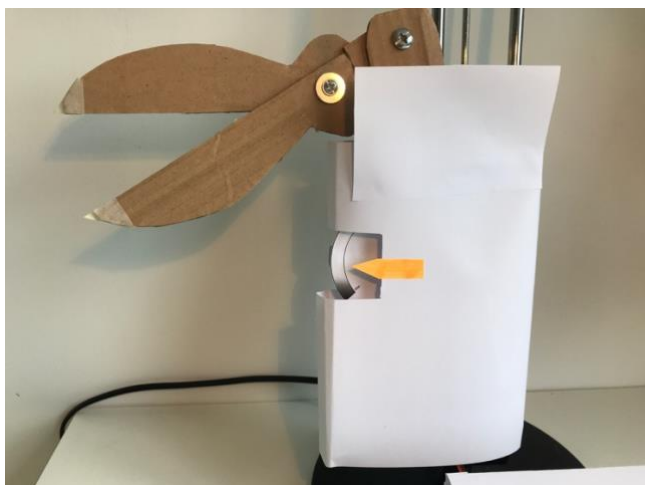
Interfacet er en pretotype. "Styreboxen" til interfacet kan anes i baggrunden.

5.3 Instrumentdesign

"Operationsinstrumentet" (den komisk store saks) er vist i nedenstående figur.

Saksen bevæges af en servo-motor. Servomotoren er konverteret til "lineær aktuator" ved at omsætte motorens rotationen til en lineær bevægelse via et tandhjul og en tandstang (skjult).

Det roterende tandhjul har en bevægelsesindikator påklisteret, hvilket kan ses i "indikatorvinduet". Dette er en ekstra, men diskret, visuel feedback, der fuldt tracker saksens bevægelse. Denne feedback er ikke fokus i eksperimentet.



Panel A: Aktuator-styret instrument



Panel B: Instrumentet er flytbart

Figur 3: Emuleret operationsinstrument

Som figures panel B viser, er instrumentet flytbart. Det fastmonteres på metal vha. 5 magneter.

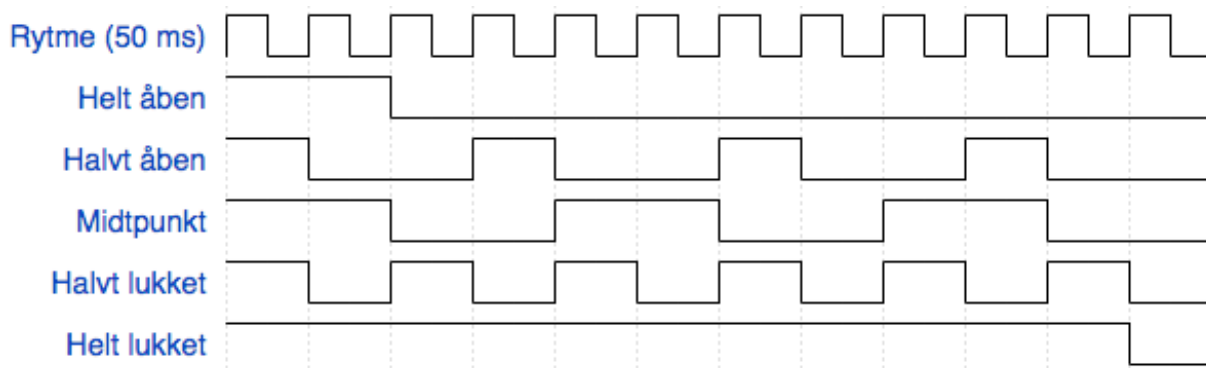
5.4 Haptisk design

Haptisk design omfatter design af de vibrationsmønstre, der gives som feedback via vibrationsmotoren. Vibrationen skal være meningsfuld, og princippet her er:

- Stigende intensitet signalerer stigende påført kraft på instrumentet = højere lukningsgrad af saksen.

Modulering er fleksibel, og er ikke nødvendigvis lineær, i modsætning til fjederkraften.

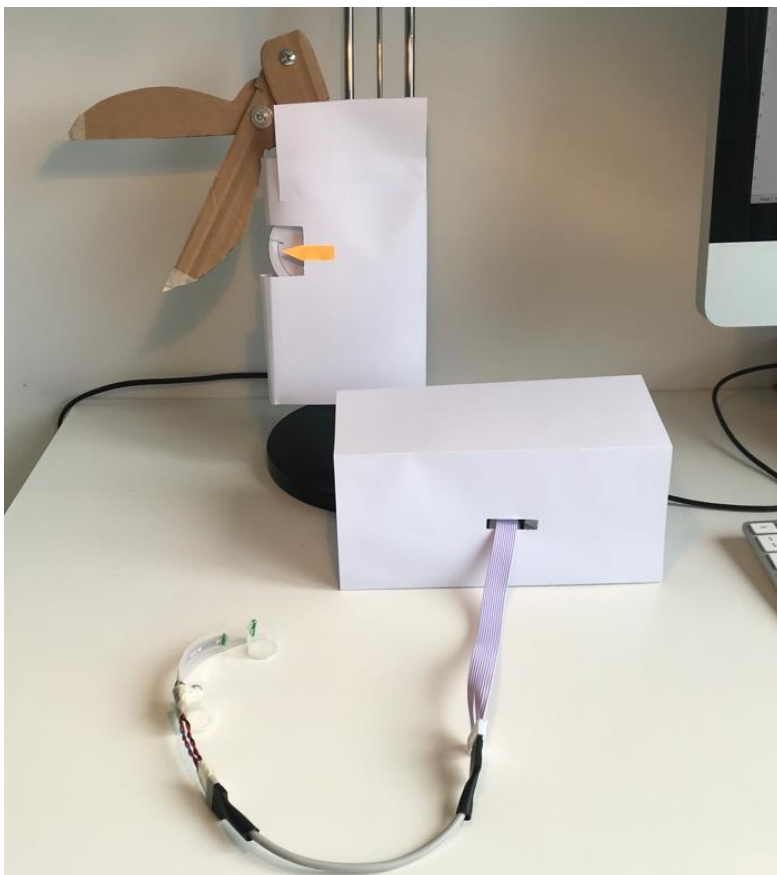
Designet vises nedenfor. Pulsernes bredde viser, hvor længe vibrationsmotoren er tændt for forskellige positioner af saksen. Teksten t.v. i figuren viser de fem lukningsgrader af saksen. Når saksen er "helt lukket" er vibrationsmotoren altså næsten konstant tændt.



Figur 4: Vibrationsmønstre: Pulsdiagram til påvirkning af vibrationsmotor. 600 ms vist i alt.

5.5 Forsøgsopstilling

Den samlede forsøgsopstilling ses nedenfor. Man skal forestille sig, at styreboksen kan stå langt fra instrumentet, og fx være forbundet over internettet, eller lignende.



Figur 5: Samlet forsøgsopstilling

6 UX-forsøg

6.1 Beskrivelse af brugerforsøg

Inden forsøget begynder, instrueres brugeren i baggrunden for eksperimentet:

- *Instrumentet er en saks. Du kan forestille dig, at det er et operationsinstrument, der kan klippe i noget.*
- *Forestil dig, at instrumentet står et stykke væk, eller måske at du observerer det på en skærm.*
- *Du kan styre saksen med brugerinterfacet (instrueres i hvordan det påmonteres). Jo mere interfacet sammenpresses, jo mere lukker saksen i.*
- *Nu kan du prøve at bruge saksen, og så vil jeg stille dig et par spørgsmål undervejs.*
- *Bagefter tænder jeg for en anden funktion, og så kan du prøve igen og sammenligne.*

Der udføres to forsøg for at teste betydningen af feedback. De to scenarier er vist i tabellen:

#	Beskrivelse af scenario
1	En bruger benytter instrumentet <u>uden</u> vibrationsfeedback. Så kun <u>med kraftfeedback</u> fra brugerinterface. Brugeren skal langsomt åbne og lukke saksen et par gange. Der indsættes et objekt, som brugeren kan opleve at "klippe i". Brugeren udspørges om / beskriver oplevelsen.
2	Instrumentet benyttes af bruger på samme måde som før, men nu <u>med vibrationsfeedback</u> . Brugeren oplever de tidligere viste vibrationsmønstre. Bruger udspørges om / beskriver oplevelsen, og især om den ekstra haptiske feedback giver mere "føling" med saksen.

Tabel 1: Forsøgsscenarier

6.2 Observationer og resultater

Der er udført et forsøg med en enkelt bruger (kvinde, 35 år). Noget af forsøget er optaget, og kan ses her:

<https://youtu.be/dg00FjW1Xec>

#	Observationer fra brugeren under forsøg (parafraseret)
1	<p>Under forsøg:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det er let at bruge saksen. • Saksen reagerer hurtigt. • Det føles normalt og naturligt at bruge saksen. • Oplever, at der er mere modstand, når interfacet presses sammen for at lukke saksen. • Det føles som om der skal påføres ekstra kraft, når saksen klipper i noget fysisk. <p>Efter forsøg:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplevelsen af at bruge saksen føles naturlig, som man ville forvente, når man bruger en saks.
2	<p>Under forsøg:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forskellige slags vibrationer fortæller, at der sker noget.

	<ul style="list-style-type: none"> • Der er hurtig feedback (brugeren prøver at åbne og lukke saksen hurtigt). • Vibrationen stopper mig i bare at "hakke løs" med saksen, for jeg kan mærke, at der sker noget. <p>Efter forsøg:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jeg foretrækker at bruge saksen med vibrationsfeedback.
--	---

Tabel 2: Forsøgsobservationer

7 Diskussion af resultater

Baseret på det ene brugerforsøg, er der god indikation på, at en brugeroplevelse kan forbedres ved hjælp af simple virkemidler:

- Brugeren beretter, at saksen føles naturlig at bruge.
 - Brugers fingerfærdighed og en tillært "naturlig" saksebevægelse med fingrene oversættes næsten 1:1 til bevægelser på saksen. Interfacet er altså intuitivt nok.
 - Det understøtter princippet om "*least surprise*": Saksen gør, som man forventer.
 - Interfaces designes med fordel, så de er "intuitive", "naturlige" og "logiske" at bruge.
- Saksen giver et hurtigt respons, og der er mere modstand, jo mere saksen lukkes.
 - Realtid er vigtigt (ikke overraskende). Det er en balance mellem signalbehandling/datafiltrering og realtid.
 - Mekanisk fjederkraft i interfacet forbedrer brugeroplevelsen, og giver en mere virkelighedstro oplevelse.
 - Det er meget interessant, at brugeren oplevede, at der "*var mere modstand*", når der klippes i et stykke papir. Det tyder på, at oplevelsen er virkelighedstro nok til, at brugers hjerne "spiller med". Psykologien fortæller hende, at det øjnene ser stemmer overens med det, som fingrene oplever, og drager fra erfaring, at det er papiret, der giver modstanden.
- Brugeren beskriver, at hun foretrækker at bruge saksen *med* haptisk feedback tilkoblet.
 - Det ekstra lag af feedback tilføjer værdi.
 - *Moduleret* haptisk feedback giver tydeligere tegn til brugeren om, hvad der sker med saksen.
 - Moduleret haptisk feedback kan nedsætte tendensen til at "overstyre" instrumentet, da moduleringen hurtigere og kraftigere signalerer "modstand" end fjederkraften alene kan.

8 Forbedringsmuligheder

De ”mest betydningsfulde” elementer i dette eksperiment, som relativt nemt kan forbedres, er at:

- Sikre et mere stabilt sensorinput, der kan oversættes til en velkalibreret bevægelse af saksen – i realtid!
 - Dynamisk system med negativ feedback på saksens position ved måling af dens rotation.
- Sensoren er ikke temperaturstabil, og dens følsomhed ændres, når temperaturen ændres væsentligt.
 - Kan fx ses ved sammenligning af de to videoer. De er optaget på forskellige tidspunkter af dagen, med flere graders forskel i rumtemperatur. Softwaren er uændret, men der er væsentlig forskel i reaktionstid og følsomhed i flexsensoren.
 - Muligvis tilføje en temperaturjustering, eller lave en kalibreringsmekanisme.
- Når interfacet ikke er påmonteret, men der er vibrationsfeedback, påvirkes servoen og den kan gå i svingninger. Feedback skal slukke automatisk, når interfacet ikke bruges, eller der skal ingen feedback være i ”neutral” position.
- Komponentplaceringer og ledningsføring i interfacet er følsomt. Der er oplevet interferens mellem vibrationsfeedback og målinger fra flexsensor (EMC-problem).
- ”Komponering” af den haptiske feedback kan forbedres, så der kan opleves endnu mere ”findelt” og nøjagtig feedback. Balance mellem en væsentlig forskel på niveauer og længden af signaler. Skal balanceres så vibrationen heller ikke bliver for ”generende” at opleve i længere tid.

9 Fremtidigt arbejde og perspektivering

Der kan findes mange tilsvarende eksempler på fjernbetjent udstyr. Så der er stort potentiale for at anvende læringerne. Yderligere innovation kan dog være påkrævet:

- Taktile emulering af overflader og materialer vil kræve teknologisk innovation, men kunne være et væsentligt fremskridt mod at fjernbetjene fintfølede udstyr.
- Vektorel feedback, altså retningsbestemt kraftfeedback fx i 3 dimensioner: Fx til en fjernbetjent drone, der flyver i tværsvind – her mangler operatøren fysisk feedback til at hjælpe med at betjene udstyret bedre.

10 Konklusion

I dette UX-eksperiment er der udarbejdet et design, der emulerer robot-assisteret kirurgi. Formålet med eksperimentet var at forbedre brugeroplevelsen, når et instrument fjernbetjenes. Fokus var på at benytte to slags fysisk feedback til at bringe brugerens følesans i spil: Kraft-feedback og haptisk feedback.

Eksperimentet viser, at design med fokus på fysisk feedback gør en forskel, når der udvikles instrumenter, der skal fjernbetjenes. Forbedringen set fra brugers synspunkt er, at instrumentet føles ”naturligt” at bruge, og at der gives konkret haptisk feedback, som yderligere assisterer i brugen af instrumentet.

Der er identificeret en række forbedringsmuligheder til designet, som eventuelt kan implementeres i fremtiden.

11 Referencer

- [1] Rigshospitalet. *Robotkirurgi*. Ukendt årstal. Tilgængelig online (sidst set 18/5/2020). URL: <https://www.rigshospitalet.dk/afdelinger-og-klinikker/julianemarie/gynaekologisk-klinik/undersogelse-og-behandling/Sider/robotkirurgi.aspx>
- [2] Rigshospitalet. *Robotkirurgi er bedre end alm. kikkertkirurgi – for kirurgen*. 2018. Tilgængelig online (sidst set 18/5/2020). URL: <https://www.rigshospitalet.dk/presse-og-nyt/nyheder/nyheder/Sider/2018/august/robotkirurgi-er-bedre-end-alm-kikkertkirurgi-for-kirurgen.aspx>
- [3] Allison M. Okamura. *Haptic Feedback in Robot-Assisted Minimally Invasive Surgery*. 2009. Tilgængelig online (sidst set 18/5/2020). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2701448/>