

Semesteroppgave i MOL3015

Furkan Kaya

04.05.2017

Sammendrag: I artikkelen blir problematikken rundt hjerter som slutter å fungere gjennomgått. Det finnes per dags dato kun operasjonsformen hjertetransplantasjon som et virkelig effektivt middel mot dette. I en nær fremtid kan den mikroteknologiske revolusjonen fra Scandinavian Real Heart med sitt firekammers kunstige hjerte fungere som et midlertidig hjerte i noen måneder frem til en transplantasjon. Oppfinnelsen kan muligens også fungere som en mer permanent løsning hvis flere nanoteknologiske komponenter som nanobatterier blir brukt.

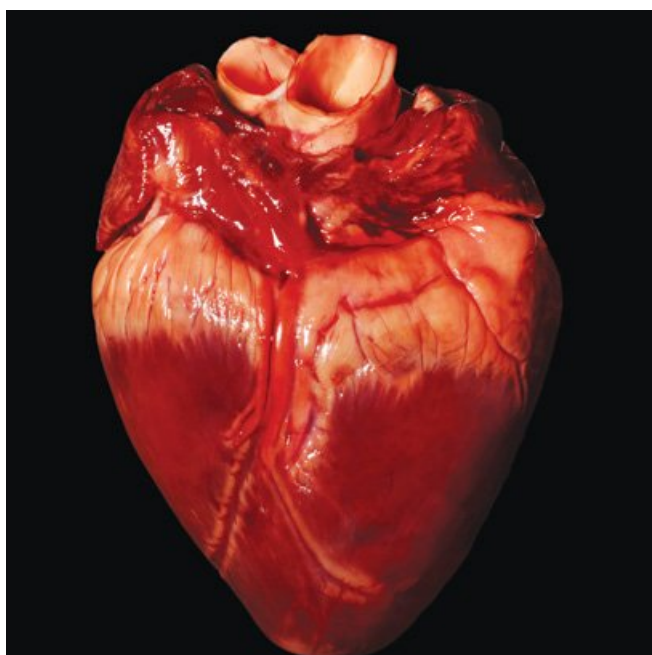


Figure 1: Et ekte menneskelig hjerte.[1]

1 Bakgrunn

Hjertet er et svært viktig organ i menneskekroppen som har som oppgave å pumpe blod igjennom blodårene og ut til resten av kroppen.

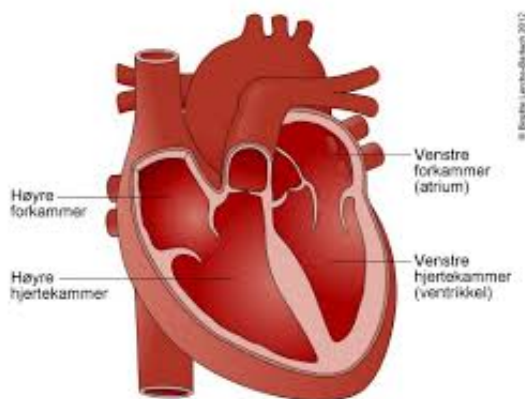


Figure 2: De fire hjertekammer.[2]

Det har fire kammer. Disse kalles for henholdsvis forkammer og hjertekammer og man har to av hver. Kammerene er viktige i den forstand at de mottar oksygenfattig blod, som de omdanner til oksygenrikt blod som så sirkuleres i kroppen. Høyre forkammer tar i mot det oksygenfattige blodet fra kroppen og pumper det til høyre hjertekammer. Så pumpes det videre til lungene hvor det blir oksygenrikt. Fra lungene går det til venstre forkammer som pumper det videre til venstre hjertekammer. Herifra blir det oksygenrike blodet pumpet ut til kroppen. Det at et velfungerende hjerte har fire kammer er derfor viktig for dets funksjon.[2]

Når det ikke klarer å få nok blod ut til resten av kroppen, så får vi noe som på det medisinske språket kalles for hjertefeil.[3] Hvis hjertet slutter å pumpe helt får vi noe som heter hjertestans. Begge disse er alvorlige problemer forbundet med det menneskelige hjerte som ikke har en fullverdig løsning per dags dato. Sistnevnte lidelse kan til og med føre til en umiddelbar død.

2 Introduksjon

Som allerede nevnt i delkapittelet ovenfor har man idag ikke en god nok løsning på problematikken. De tilnærmingene som gjennomgås i denne artikkelen er: hjertetransplantasjon og et kunstig hjerte som midlertidig erstatning for et organisk hjerte. Med siste fenomen er meningen at det skal være i kroppen en kort periode i påvente av at et organisk hjerte blir tilgjengelig.

Intensjonen med en hjertetransplantasjon er å skifte ut et sykt hjerte (som for eksempel har fått sin evne til å pumpe blod senket) med et friskt et fra en ekstern donor.[4] Før operasjonen blir man vurdert etter overlevelsessevne og tilstanden til hjertet. Hvis funnet i tilstrekkelig dårlig tilstand blir man plassert på en nasjonal "matchingliste".[5] Hvis man blir matchet, blir det slik at en operasjon følger. I motsetning til hva man skulle tro er ikke operasjonen det største faremomentet ved en transplantasjon. Den store risikoen ved en slik prosedyre er at donor-hjertet også svikter og slutter

å fungere. I tillegg kan også immunsystemet til mottaker avvise det nye hjertet. Derfor går pasienten på medisiner resten av livet med tanke på å undertrykke immunforsvaret.[4] Som en følge av ettervirkningene ved en transplantasjon og den kompliserte operasjonen, er det slik at en forbedring er sterkt ønskelig.

Den andre metoden man forsøker å bekjempe problemet på er gjennom en implantasjon av et kunstig hjerte. I 1982 klarte man å plassere det første kunstige hjertet i et menneske. Dette hjertet ble kalt for Jarvik-7 og dets komponenter bestod av aluminium, polyurethane og en 180 kg luftkompressor. Pasienten overlevde i 112 dager.[6] Siden den gang har teknologien innen feltet hatt en stor framgang. Til dels skyldes det at et begrenset antall donører i forhold til syke hjerter gjør at mange investeringer blir gjort.

De tidlige pumpene benyttet seg av kompresjon av kammer som verktøy for å pumpe blod.[7] Jarvik-7 byttet navn til Cardiowest og ble i 2004 det første kunstige hjertet som fikk tillatelse fra den amerikanske regjeringen til å opereres inn i mennesker. Det er bygget opp slik at det har to hjertekammer av polyurethane.[8] Hensikten her var da å erstatte de to nedre kamrene til hjertet, mens det er festet til forkamrene (se figur 2 og 3).[7]

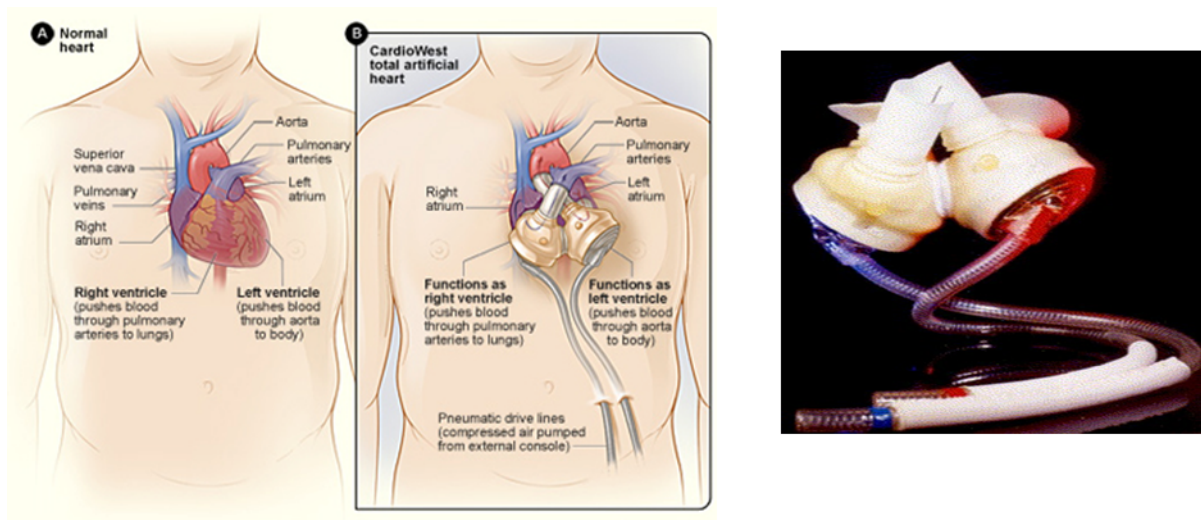


Figure 3: Cardiowest og hvordan den er operert inn i et menneske til venstre og frittstående til høyre.[7][8]

Mekaniske ventiler er brukt mellom kamrene for å ha en flyt som ikke er retningsdrivende. Hvert hjertekammer har et alveol for henholdsvis blod og luft, med et diaphragm mellom dem. Når luftalveolen fylles, så ekspanderer diaphragmet og fungerer som en sammentrykkende kraft mot blodalveolen. Etter at luften går ut, slapper diaphragmet av og blodalveolen fylles opp med blod. Den kompresserte luften blir tilført ved hjelp av en ekstern konsoll.[7] Selv om Cardiowest pumpen imiterer et hjerte ganske bra, er det fortsatt en del å gå til man klarer å imitere et hjerte fullstendig. Blant annet kan det påpekes at pumpen bare har to kammer i kontrast til det virkelige hjertes fire. Samtidig er en del av komponentene som hører til det for store slik at de mangler funksjonalitet.

Batterier som varer lenge og som gjør at man blant annet kan drive med en aktivitet som svømming er også mangelvare.

3 Nano og Mikroteknologisk løsning

Ut ifra forrige delkapittel ser man områder hvor dagens tilnærminger har et klart forbedringspotensiale. Men begge har det til felles at for begge metoder er det slik at en forbedret kunstig hjerte hjelper å avlaste dem. Transplantasjon som en følge av mangelen på donører og det kunstige hjertet som følge av at det må både miniatyriseres og tilpasses slik at det imiterer et ekte hjerte mer. En mulig løsning på disse to problemene kommer fra produsentene av Scandinavian Real Heart. Bedriften har base i Væsterås, Sverige.[9]

Scandinavian Real Heart har forsøkt å lage en prototype som tar hensyn til problemene med det eneste kunstige hjertet som finnes på markedet i dag, nemlig Cardiowest.[10] Samtidig har det gått gjennom flere forandringer i både design og funksjon i løpet av dets historie. I denne teksten skal man forsøke å forholde seg til prototype 8 og 11. Det skyldes at sistnevnte er det nyeste, mens nummer 8 er det som har blitt utsatt for flest forsøk. Hjertepumpen består av et ytre skall som er laget av titan. Titan blir brukt fordi menneskekroppen ikke frastøter det.[11] Samme materiale brukes også på ventilene. Dette er altså en forskjell fra Cardiowest. Ut i fra professor David Williams sin definisjon er da titan et meget bra eksempel på et biomateriale og også en kraftig forbedring fra andre kunstige hjerter med hensyn til biomaterialer brukt. Den eksterne energikilden er et batterivest med et ladbart batteri som implanteres inn i kroppen.



Figure 4: Prototypen til Scandinavian Real Heart.[11]

Oppfinner Najar mener selv at hovedforskjellen mellom hans hjerte og tidligere modeller av hjerter er at hans pumper fluid i pulser fremfor at det er en kontinuerlig flyt, noe man trodde tidligere.[12] Scandinavian Real Heart sin forskning viser at blodflyten går nærmest som en pistonpumpe. Ved å tilpasse hjertet til dette har man klart å imitere hjertet til en langt større grad enn tidligere.

En annen måte man har klart å nærme seg funksjonen til et virkelig hjerte på er gjennom konstruksjonen. Designen til Scandinavian Real Heart sin prototype er slik at det har to separate pumper som fungerer som en enkelt enhet.[10] Hver pumpe har et kammer som slipper ting inn (kalt for forkammer) og et kammer som slipper ting ut (kalt for hjertekammer). De to kammerene i hver pumpe (forkammer og hjertekammer altså) er skilt fra hverandre ved hjelp av en sylindrisk konstruksjon som inneholder ventilen. Det har også en silisium-belg som binder sammen de to kamrene.

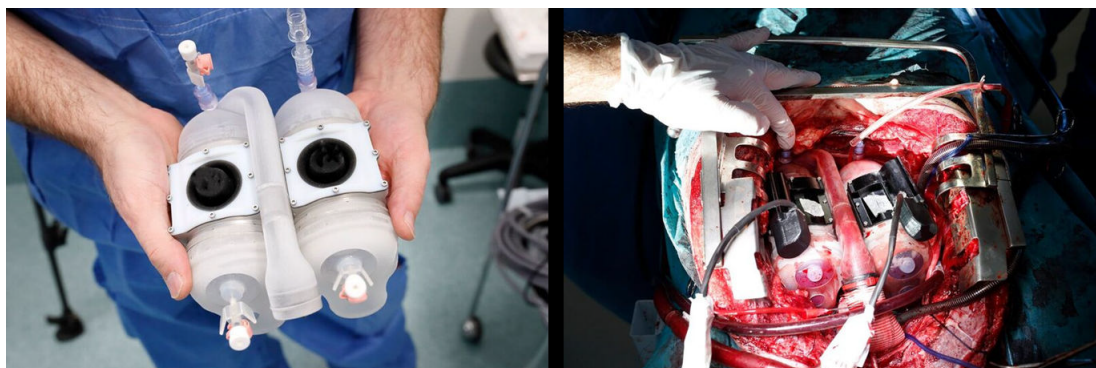


Figure 5: Prototype nummer 8 i fritt tilstand til venstre og operert inn i en gris til høyre.[10]

Ifølge Najar et al. sin rapport kan sylindren som har ventilen sammenlignes med det antriev-trikulære planet til et virkelig hjerte. Det må også legges til at sylindren beveger seg opp og ned mellom for- og hjertekammer. Når det går opp til forkammeret, blir ventilen åpnet og blodet flyter inn. Når sylindren går ned, blir blodet sluppet ut gjennom hjertekammeret.[10]

Et siste aspekt å vurdere ut i fra et nanoteknologisk perspektiv er selve elektronikken til pumpen. I et naturlig hjerte er det forskjeller i trykk mellom venstre og høyre side av hjertet.[11] Noe man også har klart å få til med den siste prototypen til Scandinavian Real Heart. Dette er en nanoteknologisk forbedring ettersom man plasserer to ulike motorer i mikroskala dimensjon til å styre hver sin del. Stegmotoren til høyre del trenger bare 20 prosent av den til venstre. Forskjellen blir da i størrelsesorden 2-3 W sammenlignet med 10-15 W. Man bruker da Litium-batterier, men håper å gå over til nanobatterier av grafen.[13]

Hvis en sammenligning foretas med Cardiowest sin modell, kan se at det er flere forskjeller i konstruksjon. Det viktigste er nok at det har fire kammer fremfor to. Det gjør at man kommer langt nærmere et hjertes virkelige funksjon. Hvis Najar sin teori om at blodet går i pulser fremfor at det er flytende, så bidrar det til å gjøre pumpen enda mer virkelighetsnær. Samtidig har man forbedret elektronikken og kan forbedre den ytterligere når nanobatterier kommer på markedet. I tillegg er også mange av komponentene som brukes blitt miniatyrisert.

4 Diskusjon

Basert på det såre faktum at det finnes mange millioner mennesker i verden som desperat trenger et nytt hjerte, virker det besynderlig at et funksjonelt kunstig hjerte ennå ikke har kommet på markedet. Det nærmeste man kommer er to-kammer hjertet som heter Cardiowest. Vedrørende hjertetransplantasjon er det slik at selv i det teknologisk mest avanserte landet, USA, forekommer det ikke mer enn 2000 transplantasjoner per år.[5] Det gir da at transplantasjon ikke er en metode som kan bringes ut til massene.

Ettersom transplantasjon ikke er en masseproduserbar løsning og Scandinavian Real Heart er overlegen dets konkurrent, må vi se på problemene Scandinavian Real Heart står overfor før det kan få sitt produkt ut på markedet. Fra prototype 8 til 11 er det slik at mange forbedringer har blitt gjort. Mange av manglene i prototype 8, som for eksempel for svake batterier og hemodynamisk ustabilitet, har blitt forbedret i prototype 11.[10] Det gir da at hovedproblemet som gjenstår med Scandinavian Real Heart er klinisk test stadiet. Dette er det stadiet hvor man forsøker produktet på mennesker etter å ha først gått gjennom stadiet med andre pattedyr. Prototype 8 har allerede blitt prøvd på griser. Å ta steget til mennesker kan bli komplisert av at man ikke får tak i nok testsubjekter. Dette skyldes at hvis produktet ikke er bra nok og risikoen er at man står i fare for å miste sitt liv, så vil det føre til begrenset begeistring hos den vanlige mann og kvinne. Samtidig har de mange forandringer i prototyper gjort at produktet har fått sådd tvil rundt seg. En ekstern person (eller testperson) vil stille spørsmål rundt de mange prototypene.

Et siste punkt å vurdere er det økonomiske. Markedet for et kunstig hjerte er veldig stort og bedriften vil få et tilnærmet monopol fordi det vil være det første firekammers kunstige hjerte på markedet. Likevel er det slik at man må finne nok investorer til å skape selve produktet. Og i den forstand er det slik at man må ha kredibiliteten i orden. Et kunstig hjerte som fungerer som erstatning for et organisk hjerte kan få enkelte investorer til å reagere ettersom prosessen er meget komplisert.

5 Konklusjon

Scandinavian Real Heart sitt produkt er en kraftig forbedring i forhold til sin konkurrent Cardiowest. Det har tatt hensyn til den nanoteknologiske revolusjonen som har skjedd det siste tiåret og kan bli enda bedre med flere komponenter i den skalaen. Transplantasjon er egentlig ikke en konkurrent fordi det har for lite omfang og er en metode som trenger erstatning grunnet mangelen på donorer. Derfor vil forfatteren av denne artikkelen anbefale Scandinavian Real Heart å introdusere sitt produkt. Defektene og problemet med å gjennomføre kliniske tester på mennesker er overkommelige på lang sikt, selv om de er vanskelige på kort sikt.

Bibliografi

- [1] Ukjent, Real Human Heart. <https://anatomicalinnovations.com/product/real-human-heart/>, 2017.
- [2] WebMD, *Chambers of the heart*. <https://www.nlm.nih.gov/health/health-topics/topics/ht>.
- [3] NIH, *What is heart failure?* <https://www.nlm.nih.gov/health/health-topics/topics/hf>.
- [4] NIH, *Heart Transplant*. <http://www.webmd.com/heart/chambers-of-the-heart>.
- [5] Kilic, A.; Emani, S.; Sai-Sudhakar., C. B.; Higgins, R. S.; Whitson, B. A. *Journal of Thoracic Disease* **2014**, 8, 1097–1104.
- [6] Peta Owens-Liston, *The First Artificial Heart, 30 Years Later*. <https://healthcare.utah.edu/healthfeed/postings/2012/12/120212ArtificialHeart30YearsLater.php>.
- [7] Jr, N. A. G.; Selzman, C. H. *American Heart Journal* **2006**, 152, 4–10.
- [8] NIH, *What Is a Total Artificial Heart?* <https://www.nlm.nih.gov/health/health-topics/topics/tah>.
- [9] Væsterås Science Park, *Real Heart: Nyemission inför notering på AktieTorget*. http://www.vasterassciencepark.se/pages/Real_Heart_Nyemission_Infor_Notering_Pa_Aktietorget, 2014.
- [10] Najar, A.; Szabo, Z.; Holm, J.; Hellers, G.; Ahn, H. C. *Journal of Clinical Experimental Cardiology* **2017**, 8, 1–4.
- [11] Scandinavian Real Heart, *Real Heart*. <http://realheart.se/en/real-heart/>.
- [12] Scandinavian Real Heart, *Filmer*. <http://realheart.se/nyhetermedia/filmer/>.
- [13] Ulla Karlsson-Ottosson, *Deras mekaniska hjärta pumpar som ditt eget*. <http://www.nyteknik.se/nyheter/deras-mekaniska-hjarta-pumpar-som-ditt-eget-6342929>.