

Rickard Bäckman

# Förstärkt verklighet inom kirurgi

Kandidatavhandling i datavetenskap

Åbo akademi

Fakulteten för naturvetenskaper och  
teknik

Åbo, 2020

## Innehåll

Referat.....	1
1. Introduktion.....	1
1. Förstärkt Verklighet (AR).....	2
1.1 Spårning .....	3
1.1.1 Markerings spårning .....	3
1.1.2 Markörlös spårning .....	3
1.2 Display tekniker.....	4
1.3 AR-enheter .....	5
1.3.1 Kroppsburna enheter .....	5
1.3.2 Icke-kroppsburna enheter .....	6
2. Blandad Verklighet (MR) och Virtuell Verklighet (VR) .....	7
2.1 Skillnader mellan VR och AR .....	8
3. AR inom kirurgi.....	8
3.1 Minimalt invasiv kirurgi.....	9
3.2 Bild guidad kirurgi .....	12
3.3 Distans guidad kirurgi .....	13
4. Sammanfattning.....	15
Referenser.....	16

## Referat

Förstärkt verklighet (AR) har under det senaste 10 åren utvecklats snabbt och implementerats i flera olika branscher och områden, bland dem också vårdbranschen. AR och också VR kan användas inom vården på flera olika sätt. AR kan till exempel användas före en operation för att förbereda kirurgen för ingreppet. AR kan användas under operationen för att underlätta för kirurgen genom att visa en digital bild på operationsområdet. AR kan också hjälpa patienten i rehabilitering efter en operation. Denna avhandling handlar om hur AR används inom vården och vilka för- och nackdelar det finns och hur AR i framtiden kan förbättras för användning inom vården.

### 1. Introduktion

Förstärkt verklighet (augmented reality, AR) är den teknik som används för att berika uppfattningen av verkliga omgivningen genom att lägga virtuella bilder av objekt över omgivningen. Virtuellt verklighet (virtual reality, VR) däremot ersätter helt användarens omgivning med en virtuell omgivning. AR kan användas inom kirurgin genom olika skanningar, till exempel datortomografi (DT) och magnetisk resonanstomografi (MRT). Man kan skanna ett organ eller flera och sedan använda en AR-enhet för att under operationer lägga en virtuell bild över kroppen på exakt den position som organet är för att göra det lättare att göra ingreppet korrekt och så smidigt som möjligt. VRs användningsområde är mera inom utbildningen av kirurger än inom arbetet i vården.

Det finns flera olika typer av AR-enheter som alla fungerar på olika sätt och därför kan olika apparater vara bättre att använda inom vissa områden inom vården. En av dessa apparater är en så kallad Head Mounted Display (HMD) som bärs på huvudet, eller en genomskinlig skärm så kallad Heads Up Display (HUD) eller en handhållen enhet. Det finns också en del andra apparater men det är dessa som har varit mest i fokus inom AR.

AR och VR har under senaste åren blivit mera populära i flera olika branscher och bland dem också hälsovårdsbranschen. AR- och VR-teknologin gör hela tiden framsteg, AR- och VR-apparaterna blir hela tiden snabbare, mindre och pålitligare. Inom hälsovården finns det många områden där AR kan underlätta för dem som arbetar inom vården och också för patienterna. AR

kan hjälpa kirurger under operationer och hjälpa patienter under rehabiliteringen och det är främst dessa områden i vården som kommer tas upp och diskuteras i denna avhandling. Det finns också negativa aspekter med AR i hälsovården. Det finns etiska frågan och också svårigheter för kirurger och andra arbetare inom hälsovården genom att det krävs av kirurgerna att lära sig använda den nya tekniken (Lamata, et al., January 1st 2010).

AR och VR har bara under det senaste decenniet blivit populära för allmänheten, främst inom spelvärlden där VR slog igenom stort när VR-headseten introducerades och man kunde koppla in sig till spel på ett helt nytt sätt. För AR tog det lite längre att slå igenom, AR kom mera tyst och ingen viste egentligen vad det var fram till att alla redan använde det. Till exempel Snapchat lanserade sina ansiktsgenkänningsfilter där telefonkameran kunde känna igen ett ansikte och sedan lägga en virtuell bild över det. Men nu börjar det finnas allt mer AR-applikationer till mobiler och surfplattor. Men också specifika AR-enheter börjar dyka upp på den privata marknaden. AR-enheter har länge varit dyra och haft många brister men med utvecklingen av mobiltelefoner som snabbt går framåt så blir komponenterna allt mindre, billigare och snabbare. Vilket har lett till att AR-enheterna har blivit mera tillgängliga för allmänheten. Också utvecklingen av mjukvarumiljöer har snabbt framskridit främst på grund av spelindustrin, vilket har gjort det möjligt för utvecklare av AR och VR att lättare utveckla mjukvara till AR- och VR-enheterna. (Arnaldi, Guitton, & Moreau, 2018)

Syftet med denna avhandling är att hitta information om AR inom vården och förklara hur AR används i vården just nu och vad som kommer användas i framtiden. Problemen med att börja använda AR i vården kommer också tas upp. Jag valde detta ämne för min avhandling för det har intresserat mig länge och jag har redan tidigare läst in mig på ämnet och därför fått bra grundkunskap inom AR, VR, hur de används och dess potential inom vården.

## 1. Förstärkt Verklighet (AR)

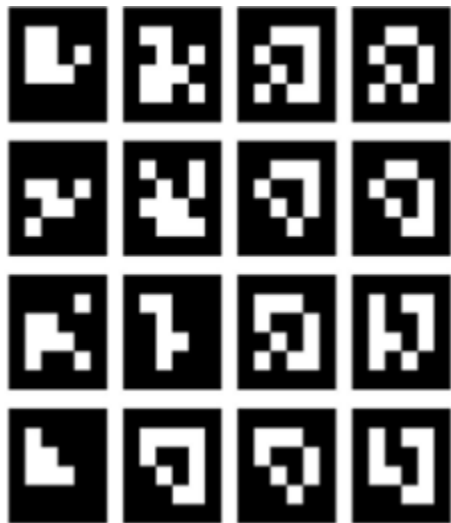
Förstärkt verklighet har många användningsområden och därmed olika sätt att användas. Det finns flera olika apparater som tillåter användningen av AR. Alla apparater fungerar olika och olika apparater och tekniker fungerar bättre i vissa situationer än andra.

## 1.1 Spårning

En stor del av AR är att kunna känna igen objekt i omgivningen och lägga virtuella objekt över dem och på rätt plats. För att detta skall vara möjligt så måste också användarens och AR-enhetens position vara känd i 3D rymden. Detta görs på flera olika sätt genom att använda sensorer, så som gyroskop, accelerometer, GPS och även Wi-Fi och kameror.

### 1.1.1 Markerings spårning

Spårning kan ske genom att använda sig av markörer detta kallas Feature Tracking. Dessa markörer är ofta svarta och vita i former av fyrkanter (Figur 1) som placeras nära eller på den position som den digitala informationen skall visas. Kameran översätter markören till digital information eller ett digitalt objekt. Markörerna hjälper också med att avgöra kamerans position. En annan metod är Natural Feature Tracking (NFT). NFT är en spårnings strategi där istället för att lägga egna markörer så försöker man definiera saker i omgivningen som kan användas som markörer. Dessa markörer kan vara träd, stenar och dylikt.



Figur 1 Markörer inom AR feature tracking

### 1.1.2 Markörlös spårning

Simultaneous localisation and mapping (SLAM) är en spårning metod som istället för att använda markörer så används olika sensorer så som GPS, accelerometer och kamera för att göra en karta över omgivningen och samtidigt lokalisera sig i omgivningen. Detta kräver dock betydligt mera

processering och därmed mera datorkraft för att kunna göra detta i realtid. Denna metod kräver också en omlokiseringsrutin för att snabbt kunna hitta AR-enhetens position igen när bilden blir suddig när användaren rör på sig.

## 1.2 Display tekniker

Att användaren ska kunna se omgivningen runt om sig är en av de viktigaste egenskaperna hos AR. AR-enheten måste också kunna se omgivningen för att kunna känna igen objekt och kunna placera virtuella objekt på rätt plats i omgivningen. För att kunna visa virtuella objekt behövs en display, det finns flera alternativ på displays man kan använda, för olika AR-enheter så är displayerna olika i form och typ. Det finns två huvudsakliga displaytekniker för AR, videobaserade displayer och optikbaserade displayer.

Videobaserade displayer fungerar med en eller flera kameror som ser omgivningen och visar den som video på displayen åt användaren. Denna teknik har en del nackdelar, bildkvalitén blir sämre genom användningen av kameror jämfört med optikbaserade tekniken där man direkt ser omgivningen genom en halvgenomskinlig display. En annan nackdel är att det blir en fördröjning mellan att kameran och att det visas på displayen. Denna teknik har också sina fördelar genom att det är lättare att manipulera den digitala videon. Detta leder till att kvaliteten på den virtuella objekten och verkliga omgivningen är lika och flyter samman bättre. Också fördröjningen på det virtuella objektet kan synkroniseras bättre så att det håller rätt position.

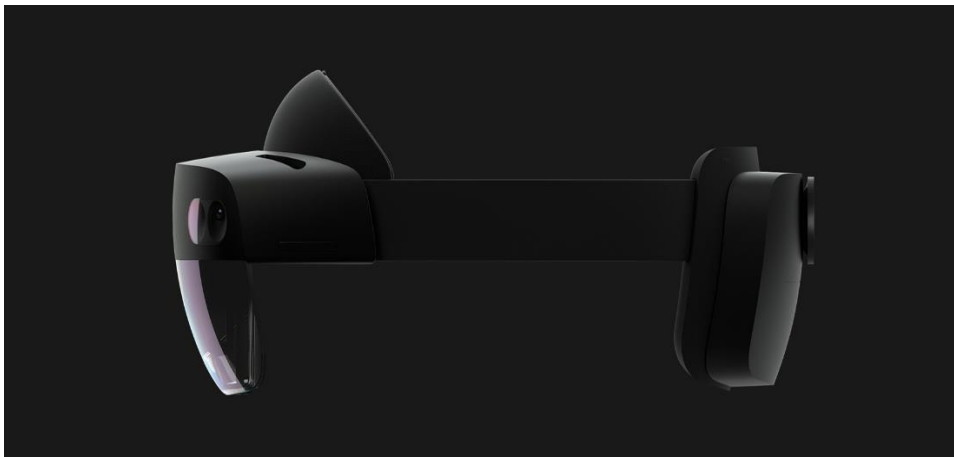
Optikbaserade displayer använder sig av en halvgenomskinlig display som tillåter användare att se omgivningen runt om sig som med vanliga glasögon. Det virtuella objektet projiceras sedan mot linsen mot användarens ögon. Fördelar med denna teknik är omgivningen uppfattas mer naturligt av användaren utan fördröjning. En av nackdelarna med denna teknik är att positionen av det virtuella objektet blir fördröjt och är inte lika fäst på rätt position som vid videobaserade displayer.

## 1.3 AR-enheter

Det finns flera olika typer av AR-enheter och dessa kan delas in i två kategorier, kroppsburna och icke-kroppsburna enheter.

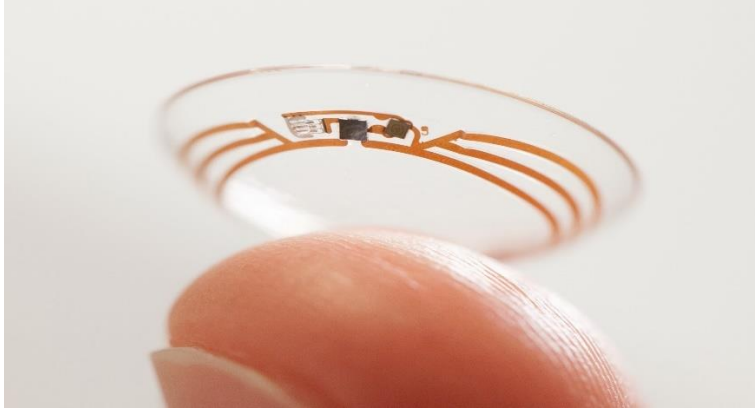
### 1.3.1 Kroppsburna enheter

Kroppsburna enheter är enheter som är burna på huvudet i form av en hjälm, glasögon eller headset. Dessa är så kallade huvudburna enheter (Head-mounted display, HMD) och kan använda sig av en optikbaserad displayteknik eller en videobaserad displayteknik. HMD är kanske den mest omtalade och populära formen av AR-enheter efter som den kan bäras på huvudet och inte behöver hållas i med händerna och därmed kunna använda händerna samtidigt som man använder AR-enheten. Det börjar nu finnas en hel del med HMD-enheter på marknaden i flera olika prisklasser mellan 200 och 1000 euro. En av dessa enheter som är en av de mest populära är Microsoft Hololens (Figur 2) som använder sig av optisk displayteknik.



Figur 2 Microsoft Hololens (källa: Microsoft.com)

Någon väldigt nytt som ännu är i ett väldigt tidigt skede av sin utveckling är AR-kontaktlinser. Google har arbetat på en kontaktlins som ska kunna mäta användarens glukos nivåer genom att avläsa användarens tårar (Figur 3). Samsung och Sony har arbetat på en kontaktlins som ska kunna ta bilder genom en liten kamera.



Figur 3 Google smart contact lens (källa: Google)

### 1.3.2 Icke-kroppsburna enheter

Icke-kroppsburna enheter är de andra typerna av AR-enheter som inte bärs på kroppen utan istället hålls i med händerna eller är utplacerade. En av dessa kallas en Head-Up Display (HUD) som oftast används i bilar genom att projicera hastighetsmätare och dylikt på vindrutan. Detta gör det lättare för den som kör att hålla koll på saker som sker på instrumentbrädan så som hastigheten utan att behöva ta fokus av vägen.

En annan form av AR-enheter som hör till denna kategori är handhållna enheter (Handheld Device) som kan vara i olika former beroende på i vilken miljö och bransch de är designad att användas i. Den enklaste formen är kanske en vanlig mobil telefon. Där kameran används för att se omgivningen och digitala objekt kan läggas till. Ett exempel på en sådan mobilapplikation är Ikea Place, där man kan placera virtuella möbler i ett rum för att se hur de passar in före man köper dem. (Figur 4)

Den sista typen av AR-enheter i den här kategorin är projektorer. Med AR-projektorer menas att projektera en bild på något utan att behöva använda någon annan enhet som en skärm eller AR-glasögon. Det enklaste sättet att göra detta är att projicera 2D bilder vilket är lätt att göra mot en yta, en det går också att projicera 3D bilder utan AR-glasögon. En av dessa projektorer är Hololamp (Figur 5). Hololamp kan projektera 2D och 3D bilder som man också kan interagera med.





Figur 4 Ikea Place (källa: IKEA)

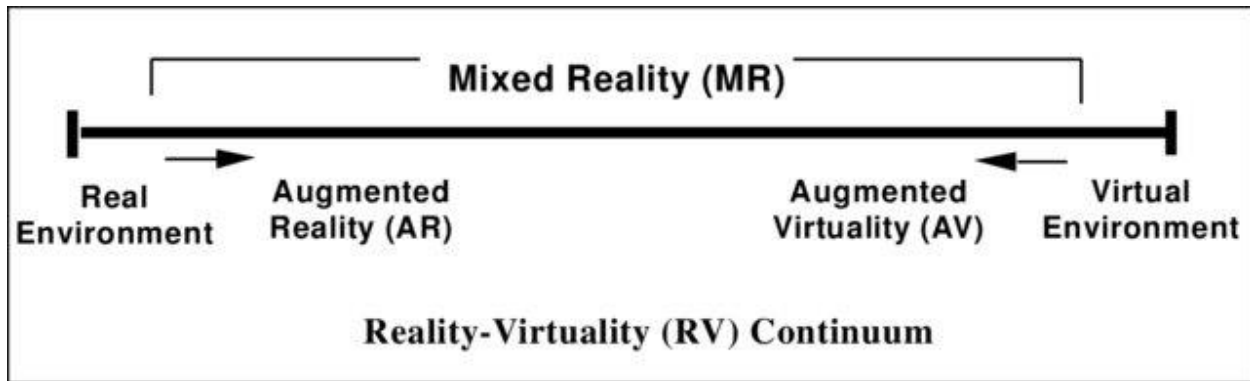


Figur 5 Hololamp AR-projector (källa: Hololamp)

## 2. Blandad Verklighet (MR) och Virtuell Verklighet (VR)

Blandad verklighet (Mixed Reality, MR) är en kombination av AR och Virtuell Verklighet (Virtual Reality, VR) där den virtuella omgivningen är sammanlänkad med den verkliga omgivningen och användaren kan navigera båda verkligheterna samtidigt. De virtuella objekten är placerade i den verkliga omgivningen och agerar som vanliga objekt, att de kan ses från alla vinklar och blir större och mindre med avståndet från användaren och användaren kan agera med objekten. (Peddie, 2017)

Reality-Virtuality Continuum (Figur 6) visar vad AR, VR och MR är. Till höger är VR där användaren ser en helt virtuell omgivning och till vänster där användaren ser den verkliga omgivningen. Från vänster när man rör sig mot mitten kommer AR där användaren fortfarande ser den verkliga omgivningen med virtuella objekt i sig. När man rör sig från höger finns förstärkt virtuell verklighet (Augmented Virtuality, AV) där användaren ser en virtuell omgivning med tillagda verkliga objekt. Båda av dessa hör till det så kallade blandad verklighet där användaren ser saker från den verkliga omgivningen och den virtuella omgivningen samtidigt genom en enda display.



Figur 6 Reality-Virtuality Continuum

## 2.1 Skillnader mellan VR och AR

Ofta används termerna AR och VR tillsammans med varandra men AR och VR är inte samma sak. De har dock några saker gemensamt som sättet kameror och sensorer fungerar. Grafiken är också väldigt lika, men den stora skillnaden är att VR visar en helt virtuell miljö och AR visar den naturliga miljön med virtuell data och objekt över den (Peddie, 2017). AR och VR enheter kan se likadana ut som till exempel ett VR-headset och en AR-HMD som använder sig av videodisplay tekniken. En AR-HMD som använder optiskdisplayteknik har den märkbara skillnaden att istället för att blockera ut omgivningen har en genomskinlig display. AR och VR har många potentiella användningsområden inom utbildning och underhållning. Men AR kan användas inte bara i utbildning utan också senare i arbetslivet genom att till exempel visa information åt ambulanspersonal vid en olycka eller en arkitekt som kan visa sin design i verklig skala före konstruktion.

## 3. AR inom kirurgi

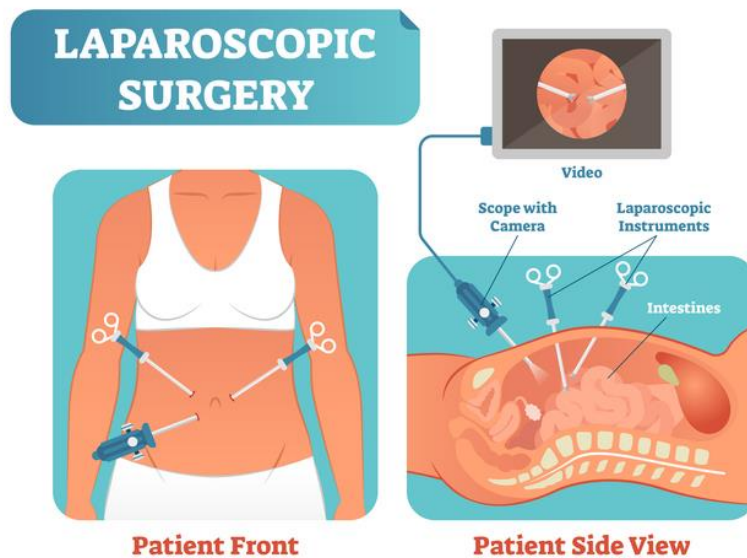
Inom vården används idag en hel del teknik för att underlätta för vårdpersonalen i deras arbete. Datorer används över allt för att visa patienters information och kommunicera mellan varandra. Flertal sensorer och utrustning för att visa patienters värden, röntgen och ultraljud för att visa ben och organ. Bland all denna teknik börjar också AR ta sig in i denna bransch för att assistera arbetare och studeranden inom vården. AR kan ha flera användningar inom vården genom att snabbt och

effektivt kunna visa information genom AR-glasögon åt läkare och sjukskötare utan att de behöver söka informationen på en dator. Inom utbildning av vårdpersonal kan AR hjälpa genom att studeranden kan träna på virtuella objekt istället för verkliga personer. Studeranden kan också använda AR för att studera mänskliga anatomin i verklig storlek.

### 3.1 Minimalt invasiv kirurgi

AR kan underlätta för kirurger före, under och efter operationer på flera olika sätt. Speciellt under laparoskopiska operationer där kirurgen gör små snitt i huden och använder sig av små verktyg så kallade laparoskopiska instrument och endoskop för att utföra operationen. Laparoskopiska instrument är små instrument med lång och smal arm och ett tång liknande huvud och ett endoskop är ett liknande instrument men har en kamera och en lampa som huvud. Videon från endoskopet visas på en skärm åt kirurgen. Med denna form av kirurgi finns flera fördelar för patienten, läkningsprocessen är snabbare på grund av de små insnitten och skapar också mindre obehag för patienten efter operationen.

Laparoskopiska operationer för med sig flera utmaningar för kirurgen. Kirurgens syn djup känsla genom att bilden som kirurgen får från skärmen är i 2D och kirurgen måste då själv föreställa sig hur det ser ut i 3D. Detta gör det svårare för kirurgen att kunna navigera med instrumenten under huden. Endoskopets kameraposition måste också hela tiden justeras, detta kräver bra samarbete med assistenten eller att kirurgen själv styr kameran men då har kirurgen bara en hand att utföra operationen med. Kameran är också displacerad från kirurgens synpunkt och gör det ännu svårare för kirurgen att navigera med instrumenten. Kirurgens känsla är också påverkad efter som kirurgen bara använder verktyg för att känna efter och kan inte använda till exempel fingrar för att känna på vävnader för att avgöra deras storlek och form. Laparoskopiska operationer är också fysiskt krävande av kirurgen, speciellt vid långa operationer, på grund av den obekväma position kirurgen måste stå i. (Livingston, et al., 1998)



Figur 7 Laparoskopis kirurgi (källa: [craingranchobgyn.com](http://craingranchobgyn.com))

Med robotiska kirurgisystem kan en del av dessa utmaningar lösas, ett sådant system är da Vinci (Figur 8). Med detta system styr kirurgen robotiska instrument från en konsol med kontroller som replikerar kirurgens rörelser och detta löser de ergonomiska problemen för kirurgen. Systemet är utrustat med en 3D kamera och en stereoskopisk skärm som förser kirurgen med en högupplöst 3D bild av operationsområdet, detta löser problemet med djupuppfattningen för kirurgen. Systemet har också en till skärm som visar videon från kameran åt resten av teamet så att de kan följa med vad kirurgen gör. (NYU Lngone Health, n.d.)



Figur 8 da Vinci operations systemet (källa: davincisurgery.com)

Da Vinci kirurgisystemet använder sensormotorer för att stabilisera och förbättra kirurgens rörelser. Två vanliga exempel på dessa är skakningsfiltrering och rörelseskalning vid mindre och noggrannare operationer som till exempel hjärnoperationer. Skakningsfiltrering genom robotassisterad kirurgi minskar eller helt tar bort små skakningar på kirurgens hand och göra operationen säkrare. Rörelse skalning tillåter kirurgen att använda större rörelser som kan göras mera noggrant och datorn översätter rörelserna och minskar ner dem. Med dessa metoder kan operationen bli säkrare och smidigare med mindre ansträngning för kirurgen. (Peters, Linte, Yaniv, & Williams, 2019)

Robotiska kirurgisystem kan också använda sig av haptisk återkoppling för att vid minimalt invasiva ingrepp och vid mikrokirurgi, som är små operationer som hjärnoperationer. Haptisk återkoppling är att genom sensorer på robotens instrument känna av kraften, hur hårt instrumentet trycks mot vävnader. Och genom denna insamlade sensor data ge återkoppling till kirurgens kontroller så att kirurgen genast kan känna motståndet. Krafterna kan också förmedlas på andra sätt som till exempel visuellt.

(Hughes-Hallett, et al., October 2015) har tagit fram ett system som kan användas med da Vinci systemet för att ge kirurgen haptisk återkoppling genom visuella signaler. Systemet använder sig av datortomografi (DT) och magnetisk resonanstomografi (MRT) för att samla preoperativ data som kan visas åt kirurgen med en surfplatta men också visas direkt på kroppens anatomi genom da Vinci systemets stereodisplay. Systemet samlar också intraoperativ data genom ultraljud för att undvika gamla data från preoperativa bilder.

### 3.2 Bild guidad kirurgi

Bild guidad kirurgi är när kirurgen har genom datortomografi (DT) och magnetisk resonanstomografi (MRT) scannningar samlat preoperativ bild data som vanligtvis visas på en skärm i 2D bredvid operationsbordet. Med hjälp av denna data kan kirurgen lokalisera området som behöver opereras. Instrumenten kan också spåras och visas på skärmen för att hjälpa guida kirurgen till rätt position. Med hjälp av AR kan detta göras bättre genom att visa 3D objekt av organen utanpå patienten. Detta görs genom preoperativa bilder från DT, MRT och ultraljud. Med dessa bilder från de olika systemen kan datorn göra noggranna 3D bilder av organen.

Ett stort problem med att kunna visa patientens anatomi utan på kroppen är att kunna synkronisera de digitala bilderna med de verkliga organen. Den data som samlats från scanningarna före operationen kan vara utdaterade, ändringar kan ha skett i organens form och position på grund av flera olika faktorer. Faktorerna kan vara sjukdomens fram skridning, till exempel en tumör kan ha växt eller minskat eller flyttat position en aning. Organen kan också vara i annan position under operationen än under tagningen av scanningarna, detta kan bero på positionen av patienten eller olika gasbildningar i organ.

På grund av dessa svårigheter har utvecklingen och implementationen för operationer i bukområdet varit långsam. Bildguidad kirurgi med hjälp av AR är lättare implementerat för hjärn- och ledoperationer på grund av där inte finns organ som kan flytta på sig på samma sätt som i buken. För att förhindra missinformation på grund av gamla data från utdaterade preoperativa avbildningsmodaliteter kan intraoperativa avbildningsmodaliteter så som ultraljud användas för att i realtid se organens form och position. (Peters, Linte, Yaniv, & Williams, 2019)

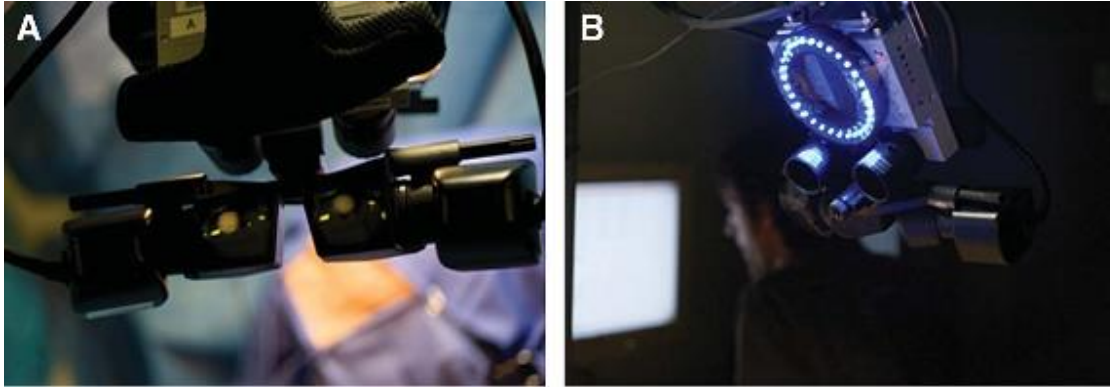
### 3.3 Distans guidad kirurgi

I småstäder och rurala områden kan det vara brist på flera specialutbildade kirurger så som neurokirurger och hjärtkirurger. När dessa då behövs så måste en kirurg komma dit från ett annat sjukhus som i värsta fall kan vara flera hundra kilometer därifrån. Eller så måste patienten flyttas till ett annat sjukhus med en sådan kirurg. Patienten kan dock vara i så kritiskt skick att patienten inte kan flyttas eller att en kirurg inte hinner dit från ett annat sjukhus.

I dessa fall kan man använda sig av så kallad fjärrnärvaro och fjärrövervakning (engelska, telepresense och telemonitoring). Fjärrnärvaro och övervakning inom kirurgin är när en kirurg på distans kan vägleda en annan kirurg. Detta görs med en telestrator som används för att rita och skriva på digitala bilder av operationsomgivningen. Dessa bilder visas oftast på en display åt den närvarande kirurgen. med denna metod uppstår det uppenbara problemet med att kirurgen måste byta fokus från operationsområdet och se på en skärm. Sedan måste kirurgen tolka bilden som den assisterande kirurgen har ritat eller skrivit på bilden. Att applicera det kirurgen sett på bilden på operationsområdet är inte heller alltid enkelt, kan till exempel bero på att bilden är otydlig.

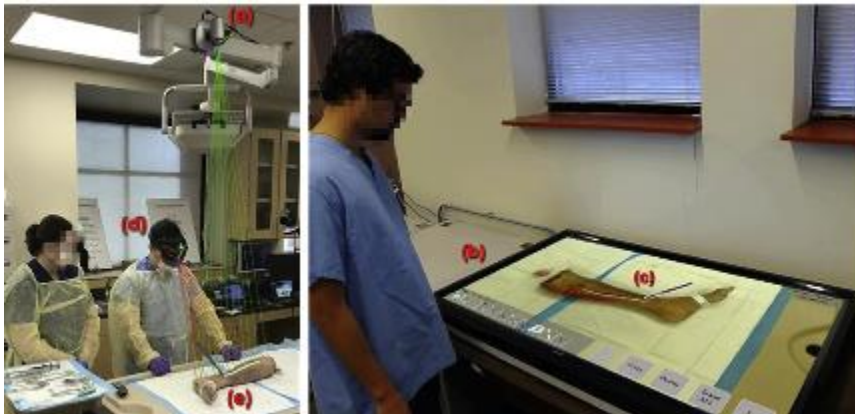
Förstärkt verklighet kommer med förbättringar inom fjärrnärvaro och fjärrövervakning för kirurgi genom att istället för att visa bilderna och informationen på skärmen, visa informationen direkt på operationsområdet. Ett system som kan göra detta är, Virtual Interactive Presence and Augmented Reality (VIPAR). VIPAR använder sig av två stationer, en för den närvarande kirurgen som utför operationen och en för den assisterande kirurgen som kan befinna sig på en annan plats, till exempel ett sjukhus i en annan stad. Båda stationerna har två kameror för stereoskopisk visning, fäst på en visningsdisplay (Figur 9). Den assisterande kirurgen kan med hjälp av detta se samma operationsområde som den närvarande kirurgen och ur samma perspektiv. Den närvarande kirurgen kan få vägledning av den assisterande kirurgen med ljud genom att assisterande kirurgen berättar vad den närvarande kirurgen ska göra. Den assisterande kirurgen kan också projektera sina händer till den närvarande kirurgens visningsdisplay för att kunna peka på något, till exempel var närvarande kirurgen skall göra ett insnitt. (Shenai, et al., 2011)





Figur 9 VIPAR visningsdisplay (källa: (Shenai, et al., 2011))

Ett problem med VIPAR system är dock att visningsdisplayerna är stora och klumpiga och tillåter den närvarande kirurgen att bara se på ett begränsat område genom att de är statiska. Ett annat nyare system är STAR (System for Telemonitoring with Augmented Reality) har dock kommit med lösningen för detta genom att istället för att ha statiska stereoskopiska visningsdisplayer använda sig av en AR-HMD för att visa anteckningarna som den assisterande kirurgen gör. Den assisterande får en bild från en kamera över operationsområdet till en stor skär med beröringsfunktion så att den assisterande kirurgen kan göra anteckningar och instruktioner som sedan skickas till närvarande kirurgens AR-HMD och appliceras direkt på operationsområdet. (Rojas-Munoz, et al., 2020)



Figur 10 Illustration över STAR systemet. (källa: (Rojas-Munoz, et al., 2020))



## 4. Sammanfattning

AR har sedan länge funnits inom vården och med åren sakta förbättrats med hjälp av ny teknik som är mindre, snabbare och bättre. Förr hade man sämre kameror och mindre datorkraft och kunde inte generera lika bra bilder som man kan idag. Också kvaliteten på skärmar har förbättrats kraftigt under åren, bättre upplösning och bättre uppdateringshastighet. Processorer och grafikkort har under åren förbättrats och blivit snabbare, speciellt under det senaste decenniet, och kan generera väldigt bra 3D grafik. När hela tiden tekniken och datorer blir snabbare öppnas det upp för fler och fler möjligheter inom AR. AR kräver mycket sensorer och radion för att bestämma enhetens och användarens position, och med smarttelefonens snabba utveckling har dessa sensorer och radion också utvecklats.

Inom kirurgin har AR nästan endast börjat användas vid neurokirurgi på grund av svårigheterna med att matcha organens position med de digitala bilderna under en operation på buken. Detta beror på att organen i bukområdet inte ”sitter fast”. Organen kan röra sig lite beroende på hur patienten är positionerad, liggandes på rygg eller på sidan. Många forskningar har gjorts för att kunna mera noggrant matcha positionerna och kommit fram till bra resultat. Men AR för kirurgi är ännu bara i kliniska teststadiet. Den mest testade och den med bäst resultat är att använda AR med kirurgiska mikroskop. Detta kan vara på grund av att kirurgen inte behövde använda någon ny AR-enhet. AR kunde kombineras med utrustning som redan var i användning och kirurgerna redan var erfarna med.

Något annat relativt nytt som snabbt har utvecklats inom vården är robotiska kirurgisystem som har kommit med stora fördelar för patienten men mera utmaningar för kirurgen. Robotiska kirurgisystem har gjort det mycket enklare för kirurger att göra minimalt invasiva operationer. Minimalt invasiva operationer är bättre för patienten genom snabbare återhämtningstid och kortare operationer. För kirurgen är det lättare genom att kunna applicera AR med kirurgisystemet för att lättare kunna se organ genom att visa 3D modeller av organen ovanpå patienten. Användningen av AR är inte begränsat till endast det visuella i robotiska kirurgisystem. AR kan också förstärka kirurgens verklighet genom att ge haptiskåterkoppling i kirurgen konsol. Detta behövs för när kirurgen använder roboten för att utföra operationen så kan kirurgen inte känna texturen på vävnader och vet inte hur mycket kraft han applicerar med verktygen. AR kan också användas för

att skala kirurgens rörelser för att han med mera precision kunna utföra operationer på små och delikata ställen så som hjärnan.

## Referenser

- Arnaldi, B., Guitton, P., & Moreau, G. (2018). *Virtual Reality and Augmented Reality, Myths and Realities*. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
- Hughes-Hallett, A., Pratt, P., Dilley, J., Vale, J., Darzi, A., & Mayer, E. (October 2015). Augmented reality: 3D image-guided surgery. *International Cancer Imaging Society Meeting and 15th Annual Teaching Course (ICIS 2015)*. London.
- Lamata, P., Ali, W., Cano, A., Cornella, J., Declerck, J., Elle, O., . . . E. G. (January 1st 2010). *Augmented Reality for Minimally Invasive Surgery: Overview and Some Recent Advances*.
- Livingston, M., Fuchs, H., Raskar, R., Colucci, D., Keller, K., State, A., . . . Meyer, A. (1998). Augmented reality visualization for laparoscopic surgery. *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*.
- NYU Lngone Health. (u.d.). Hämtat från <https://med.nyu.edu/robotic-surgery/physicians/what-robotic-surgery/how-da-vinci-si-works>
- Peddie, J. (2017). *Augmented Reality, Where We Will All Live*. Tiburon, CA, USA: Jon Peddie Research Inc. doi:10.1007/978-3-319-54502-8
- Peters, T. M., Linte, C. A., Yaniv, Z., & Williams, J. (2019). *Mixed and Augmented Reality in Medicine*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Rojas-Munoz, E., Cabrera, M. E., Lin, C., Andersen, D., Popescu, V., Anderson, K., . . . Wachs, J. P. (2020). The System for Telementoring with Augmented Reality (STAR): A head-mounted display to improve surgical coaching and confidence in remote areas.
- Shenai, M. B., Dillavou, M., Shum, C., Ross, D., Tubbs, R. S., Shih, A., & Guthrie, B. L. (2011). *Virtual Interactive Presence and Augmented Reality (VIPAR) for Remote Surgical Assistance*. Congress of Neurological Surgeons.