

# Tillämpade intelligenta system inom välfärdsteknologi och digital hälsa

Nulägesanalys

Viveka Öling-Wärnå och Johan Westö (red.)

Viveka Öling-Wärnå och Johan Westö (red.), Yrkehögskolan Novia

**Tillämpade intelligenta system inom välfärdsteknologi och digital hälsa.  
Nulägesanalys.**

Yrkehögskolan Novia, Wolffskavägen 31, 65200 Vasa, Finland © Yrkehögskolan  
Novia och Öling-Wärnå, Westö

Pärmbild av [Gerd Altman](#) från [Pixabay](#), [licens](#).

Viveka Öling-Wärnå, författare

Johan Westö, redaktör

Novia Publikation och produktion, serie R: Rapporter 10/2023

ISBN 978-952-7526-15-6 (Online) ISSN: 1799-4179

CC BY 4.0



## ABSTRAKT

Rapporten ger en översikt över tillämpade intelligenta system inom välfärdsteknologi och digital hälsa och vad de senaste trenderna är inom dessa områden. Begrepp som artificiell intelligens, maskininlärning, välfärdsteknologi, digital hälsa, bärbara enheter (wearables) och m-hälsa förklaras inledningsvis för att ge läsare en bakgrund. Visioner och trender i nuläget inom digital hälsa lyfts fram och exempel ges på digital teknik och intelligenta system som förutspås kunna förändra hälso- och sjukvården i framtiden.

**Nyckelord:** artificiell intelligens (AI), bärbara enheter, digital hälsa, digital teknik, m-hälsa, välfärdsteknologi.

## ABSTRACT

The report provides an overview of applied intelligent systems in welfare technology and digital health and what the latest trends are in these areas. Concepts such as artificial intelligence, machine learning, welfare technology, digital health, wearables, and m-health are initially explained to give readers a background. Current visions and trends in digital health are highlighted and examples are given of digital technology and intelligent systems that are predicted to change healthcare in the future.

**Keywords:** artificial intelligence (AI), digital health, digital technology, m-health, wearables, welfare technology.

## Innehåll

Förord .....	5
Inledning .....	6
Artificiell intelligens .....	6
Välfärdsteknologi.....	8
Digital hälsa .....	9
Bärbara enheter och m-hälsa .....	10
Etiska aspekter på välfärdsteknologi och digital hälsa .....	15
Visioner och trender inom digital hälsa .....	15
Visioner i Finland, Sverige och på EU nivå.....	15
Digitala hälsotrender.....	16
Andra digitala tekniktrender inom hälso- och sjukvård.....	19
3D-teknik inom hälso- och sjukvård.....	19
AI-förbättrad medicinsk vård .....	20
Kontaktlös radaravkänning för hälsoövervakning .....	24
Elektroniska textilier och exoskelett .....	24
Bärbara biosensorer .....	25
Elektroniska "tatueringar" .....	26
Sammanfattning .....	27
Litteraturförteckning.....	28

## Förord

Målsättningen med denna nulägesanalys var att få en uppfattning om vad de nationella och globala trenderna är för tillämpade intelligenta system inom området för digital hälsa. Att se på vilka produkter (och företag) som är av intresse och vad förväntningarna är på framtiden i enlighet med vad som är relevant för Yrkeshögskolan Novias utbildningsverksamhet.

Begrepp som artificiell intelligens, välfärdsteknologi, digital hälsa, bärbara enheter (wearables) och m-hälsa förklaras inledningsvis för att ge läsare en bakgrund. Visioner och trender i nuläget inom digital hälsa lyfts fram och digital teknik och intelligenta system som förutspås kunna förändra hälso- och sjukvården i framtiden belyses med olika exempel.

Förhoppningen är att man efter att ha läst denna nulägesanalys har fått en inblick i vad som är på gång inom digital hälsa och kanske fått inspiration till att söka mera information i något specifikt område. De tekniska lösningarna är oändliga och likaså möjligheterna med dessa system. Emellertid måste man vara medveten om att det ännu finns flera utmaningar med att implementera digital teknik inom social- och hälsovård såsom funktionalitet, hållbarhet, integritetsfrågor och uppdaterade regelverk. Många av dessa utmaningar kan lösas om experter, slutanvändare och andra nyckelintressenter kan mötas i ett tidigt skede av forskning och utveckling.

Nulägesanalysen utfördes inom ramen för projektet "Tillämpade intelligenta system inom välfärdsteknologi" med finansiering från Högskolestiftelsen i Österbotten och Yrkeshögskolan Novia.

Lektorerna Camilla Mattjus och Mikael Ehres tackas för värdefull feedback och kritisk granskning av manuskriptet.

**Viveka Öling-Wärnå**

Projektforskare vid Yrkeshögskolan Novia, Vasa den 3.4.2023

## Inledning

Dagens teknologi utvecklas snabbt och den blir också snabbt en del av vårt samhälle, ibland utan att vi märker det. Allt fler saker kan automatiseras, kommunikation sker allt oftare på distans eller i en virtuell miljö och bärbara enheter som följer upp hälsotillståndet blir vanligare och utvecklas fortfarande. Applikationer med artificiell intelligens blir också allt vanligare och enligt Sitra (Finlands framtidshus) bidrar den ökade användningen av tillämpningar med artificiell intelligens med de största förändringarna på kort sikt. [1]

Syftet med denna nulägesanalys var att få en uppfattning om tillämpade intelligenta system inom området för digital hälsa. Inledningsvis gjordes en kartläggning över vilka områden inom digital hälsa som är av intresse och är relevanta för Yrkehögskolan Novias utbildningsområden inom social- och hälsovård och teknik. Därefter genomfördes en litteratursökning inom de identifierade områdena. Nuläget presenteras här med olika exempel på produkter, digitala verktyg och tjänster. I valet av exempel var kriterierna att de redan finns på den allmänna marknaden, eller kommer snart ut på den allmänna marknaden, samt att det finns vetenskaplig publikation eller annan trovärdig dokumentation om produkten eller de digitala verktygen/tjänsterna. Vi har också valt att lyfta fram finska företag inom branschen. Nationella och internationella visioner och trender tas upp och även utmaningar inom digital hälsa behandlas kort.

## Artificiell intelligens

Att ange vad artificiell intelligens, AI, står för är inte det lättaste. Enligt Europarådet består AI av en uppsättning vetenskaper, teorier och tekniker (inklusive matematisk logik, statistik, sannolikheter, beräkningsneurobiologi och datavetenskap) vars mål är att med en maskin efterlikna en människas kognitiva funktioner, såsom resonerande, inlärning, planering och kreativitet. Syftet med dagens utveckling av AI är att kunna anförtro en maskin komplexa uppgifter som tidigare överlätits till en människa. [2], [3]

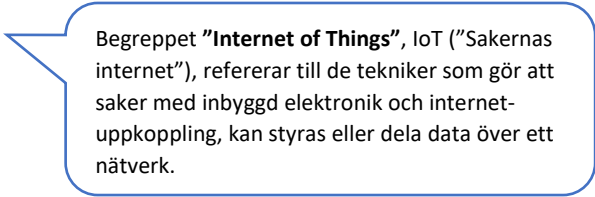
Finansministeriet i Finland förklarar AI som en samling olika slags tekniker och applikationer från dataanalys till artificiellt lärande och behandling av naturligt språk. Med hjälp av AI kan maskiner, apparater, program, system och tjänster fungera rationellt enligt uppgift och situation. Finansministeriet uppger också att AI-baserade system hjälper att minska på kostnader, frigöra arbetstid för kritiska uppgifter och att erbjuda snabbare och bättre service som svarar mot kunders och klienters verkliga behov. [4]

AI har blivit en viktig del av teknikindustrin och AI kommer också mer och mer in i vår vardag, fast vi kanske inte märker av det. I dagsläget används AI t.ex. inom näthandeln och marknadsföring, webbsökningar, automatiska översättningar, nätsäkerhet, digitala personliga assistenter i våra smarttelefoner, smarta enheter i hemmet (ex. klimatanläggningar, uppkopplade dammsugare, kylskåp och klockor), inom jordbruket

(ex. bevattning, djurutfodring) samt reglering av trafik i storstäder. AI tillämpas även inom hälsa och sjukvård, men i mindre utsträckning. Exempelvis används AI till att analysera stora kvantiteter hälsoinformation och se mönster som kan leda till förbättrad individuell diagnostik. [3]

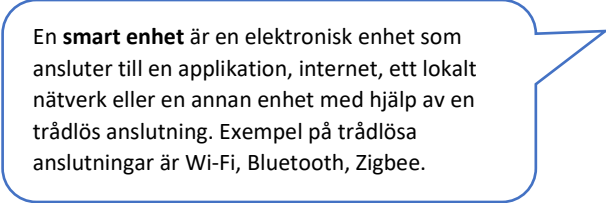
Europeiska kommissionen definierar olika typer av AI enligt följande [3]:

- Mjukvara: virtuella assistenter, bildanalysverktyg, sökmotorer, igenkänningssystem för röster och ansikten.
- "Förkroppsligad" AI: robotar, självkörande bilar, drönare, Internet of Things (IoT).



Begreppet "**Internet of Things**", IoT ("Sakernas internet"), refererar till de tekniker som gör att saker med inbyggd elektronik och internet-uppkoppling, kan styras eller dela data över ett nätverk.

[5]



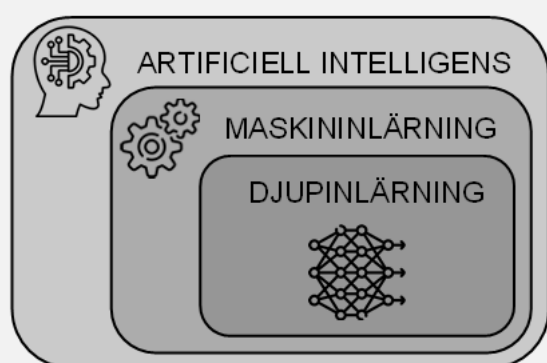
En **smart enhet** är en elektronisk enhet som ansluter till en applikation, internet, ett lokalt nätverk eller en annan enhet med hjälp av en trådlös anslutning. Exempel på trådlösa anslutningar är Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee.

[6]

Under det senaste årtiondet har utvecklingen inom AI till stor del drivits av maskin-inlärning, djupinlärning och en ökad tillgång till data (Fig. 1). Insamlingen av data och dess kvalitet har därför fått en mer betydelsefull roll då kvaliteten på en AI-lösning är beroende av kvaliteten på den data som används [7].

### Vad är AI, maskininläring och djupinläring?

Artificiell intelligens (AI) är ett matematiskt delområde inom datavetenskapen som strävar till att skapa intelligenta väsen, där termen intelligent syftar på att efterlikna mänskligt eller rationellt tänkande och agerande. Maskininläring är ett tillvägagångssätt för att skapa en AI som starkt kännetecknas av att lära sig från data. Djupinläring är slutligen ett delområde inom maskininläring som använder sig av neurala nätverk, det vill säga väldigt förenklade matematiska modeller av nervcellerna i vår hjärna.



Ikoner: Flaticon.com

Figur 1. Faktaruta om AI, maskininläring och djupinläring. (Ikoner: AI från [rukanicon](#), kugghjul och neuralt nätverk från [Freepik](#) via [Flaticon](#).)

## Välfärdsteknologi

Välfärdsteknologi är ett begrepp, som främst används inom de nordiska länderna och står för teknik som används för säkerhet och välbefinnande i synnerhet för äldre och funktionshindrade. Användandet av den här termen tros ha präglats av de nordiska ländernas syn på välfärdsstaten och välfärdstjänsterna. I Europa använder man mera termen "Ambient Assisted Living" för denna typ av tekniska lösningar. [8]

Exempel på välfärdsteknologi är trygghetslarm, nattillsyn via kamera, verktyg för kommunikation, medicinpåminnare, GPS-larm och olika typer av sensorer. Dessa tjänster kan bidra till ökad trygghet och stöda eget boende, samt förebygga eller komplettera vårdbehov. Välfärdsteknologi kan användas av personen själv, av närstående eller personal. [9]

Termen välfärdsteknologi kan också användas bredare och innefatta all teknik som på ett eller annat sätt förbättrar livet för de som är i behov av den. Tekniken kan finnas i hemmen och på vårdinrättningar, eller på arbetsplatser (ex. för egenkontroll av hälsan) [8], [9]. Nordens välfärdscenter definierar välfärdsteknologi enligt följande:



*”Teknologi som förebygger, hjälper och levererar välfärdslösningar. Tekniken används bland annat för att behålla eller öka trygghet, aktivitet, delaktighet eller självständighet för individer”* [10].

Termen välfärdsteknik har använts av beslutsfattare under det senaste årtiondet med hänvisning till den digitala övergången och systemomfattande synsätt med flera hjälpmedel inom hälsa och välfärd [11]. Välfärdstekniken förväntas erbjuda ekonomiska fördelar, speciellt på kommunnivå. Till exempel kan välfärdstekniken bidra till att effektivisera användandet av resurser inom äldreården, som står inför problematiken med allt fler äldre, högre kostnader och otillräckligt med medarbetare. [12]

I denna publikation används välfärdsteknologi med sitt bredare betydelse i enlighet med Norden välfärdscenters definition på välfärdsteknologi.

## **Digital hälsa**

Digital hälsa (“Digital health”) – användning av digital teknik för hälsa har på senare tid börjat användas som en bred paraplyterm som omfattar e-hälsa och nya områden såsom avancerad datavetenskap inom Big data, genomik och artificiell intelligens (Fig. 2) [13].

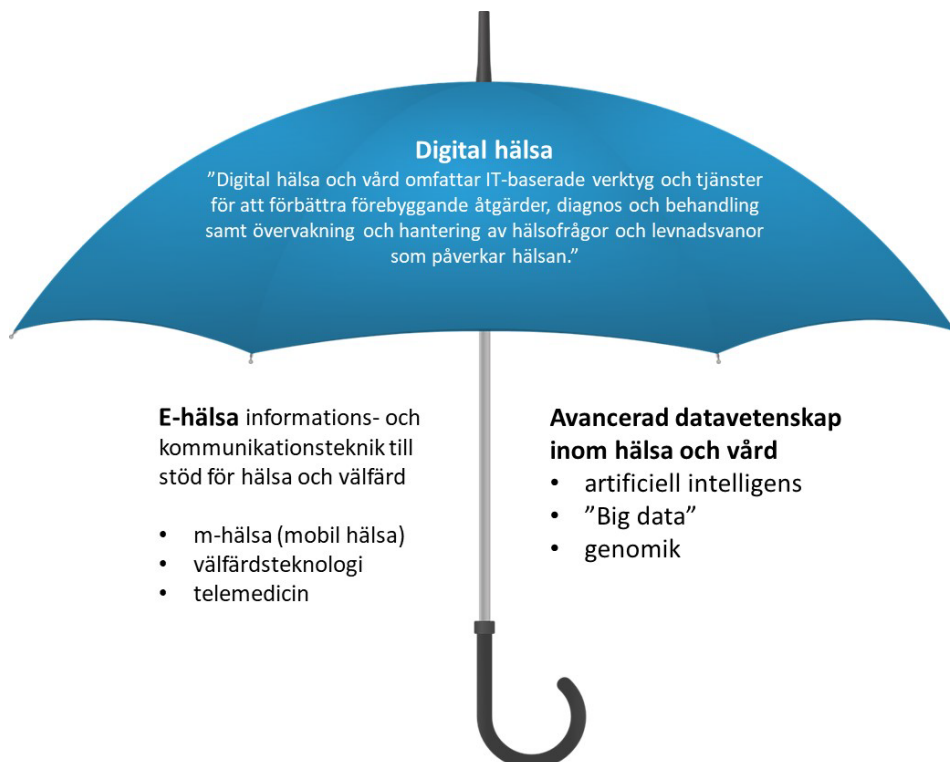
EU-kommissionen beskriver digital hälsa och vård så här: ”Digital hälsa och vård omfattar IT-baserade verktyg och tjänster för att förbättra förebyggande åtgärder, diagnos och behandling samt övervakning och hantering av hälsofrågor och levnadsvanor som påverkar hälsan. Digitala lösningar är innovativa och kan innebära nya och bättre sätt att få vård, ökad tillgänglighet och en effektivare vård”. [14]

E-hälsa definieras av WHO (Världshälsoorganisationen) som användning av informations- och kommunikationsteknik (IKT) till stöd för hälsa och välfärd [13]. E-hälsa är ett övergripande begrepp för att använda digitala verktyg och utbyta information digitalt för att uppnå och bibehålla hälsa. Det kan omfatta en rad olika tjänster inom medicin, sjukvård och informationsteknik. Exempelvis, e-journaler och elektroniska recept, hälsoinformation för patienter, välfärdsteknologiska lösningar och telemedicin [15].

Välfärdsteknologi och mobil hälsa (m-hälsa) klassas som undergrupper till e-hälsa (Fig. 2). M-hälsa definieras som ”användning av mobilt trådlösa teknologier för hälsa” [13]. M-hälsa omfattar hälsoinformation och tjänster via mobiltelefoner, allt från sms till mobilapplikationer för förbättrad hälsotillgång, kunskap och beteenden inom en rad olika områden och för olika målgrupper. Självövervakningsapplikationer har många former och gör att människor kan ta hand om den egna hälsan bättre, både i förebyggande syfte och vid behandling av kroniska sjukdomar. De vanligaste självövervaknings applikationerna är sammanlänkade med så kallade bärbara enheter ”wearables”. Exempelvis kan mobilapplikationer användas till att registrera kaloriintag och träning och mäta blodsocker eller elektrokardiogram (EKG), samt påminna om medicinering. Andra

exempel är mobilapplikationer som följer upp hur cancerpatienter mår efter behandling eller följer upp viktutveckling hos ungdomar och ger stöd i realtid. [16]

Telemedicin klassas också som en undergrupp till e-hälsa. Med telemedicin menas medicinsk vård på distans eller att man överför medicinska data (ex. foto, video, anteckningar) från klient/patient till hälso- och sjukvårdspersonal eller vid konsultering sjukvårdspersonal emellan. Telemedicin anses utöka tillgången på hälso- och sjukvård / hälsorelaterade tjänster. Exempelvis kan telemedicin erbjuda specialistvård oberoende av avstånd och vårdgivare och öka tillgången på jämlik vård. [13] Andra fördelar är att patienter med kroniska tillstånd som behöver frekventa kontroller kan schemalägga distansmöten. Detta kan öka vårdens kontinuitet, med mindre risk för försenade eller missade personliga möten. Telemedicin minskar kontakt mellan vårdpersonal och patienter, och således mindre risk för sjukdomsspridning i medicinska byggnader för exempelvis medicinskt utsatta personer.



**Figur 2.** Olika termer som används för digital teknik inom hälsa och välfärd. Definitioner enligt WHO och EU-kommissionen [13], [14]. Genomik är systematisk studie av organismers kompletta uppsättning av DNA-sekvenser. (Foto modifierad från [Jjuni](#), via Pixabay, [licens](#) [17].)

## Bärbara enheter och m-hälsa

Sitra har utrett användningen av smarta enheter för självmätning och användarnas attityder till den data som produceras i fyra europeiska länder, i Nederländerna, Frankrike, Tyskland och Finland. Enligt Sitras enkät (utförd i juni-juli 2020) använde 53 %

av alla som besvarade enkäten i Finland någon smart enhet för att mäta hälsa och välbefinnande. I Frankrike låg användandet på 51 %, i Nederländerna 57 % och i Tyskland 46 % (51 % av totalt alla som besvarade). Mest användes applikationer som fanns i smarttelefoner och minst smarta ringar. Aktivitetsarmband och smarta ringar har speciellt ökat under de senaste två åren och håller fortfarande på att öka, eftersom 19 % av användarna hade börjat använda mätande utrustning under de senaste sex månaderna. I jämförelse med de andra länderna fanns det i Finland mest sådana personer som har använt enheter i över fem eller till och med över tio år. Enligt enkäten upplevde de som mätte sitt välbefinnande att det gett dem många fördelar, exempelvis hade de blivit motiverade att motionera mera eller bättre, ändrat till hälsosammare kostvanor, eller lärt sig att lyssna på sig själv och förebygga utmattning. Av alla deltagarna i enkäten var 43 % också intresserad av att dela sin mätdata med forskningsorganisationer om det skulle gagna dem själva eller andra och 52 % var beredda att dela sina mätningresultat eller visa dem för läkare eller sjukskötare. [18]

Den snabba utvecklingen och användandet av nya teknologier, sensorer, algoritmer och andra komponenter i dessa bärbara enheter kan leda till att idrottare och andra användare tror att mätningarna är mycket exakta och tillförlitliga. Däremot finns det i dagsläget få studier för att stöda tillförlitligheten för mätningresultaten. Exempelvis hudfärg, temperatur, fuktighet och sensors närhet till huden kan vara faktorer som påverkar mätningens exakthet. Bärbara enheters registrering av träningsbelastning, hjärtslagsvariation (heart rate variability, HRV) och blodets syresättning är enligt experter mindre tillförlitliga, medan kaloriförbränning, stegantal, hjärtslag och sömn anses som mer tillförlitliga [19]. Nedan några exempel på olika bärbara enheter och m-hälsa applikationer som finns på marknaden.

### **Aktivitetsarmband och smartklockor**

FitBit var en av dem som först började erbjuda aktivitetsarmband. Exempelvis FitBit Charge 5 aktivitetsarmband mäter puls, aktivitet, sömn, stress och menstruationscykel. FitBit erbjuder nu både aktivitetsarmband och smartklockor med varierande funktioner. [20] Apple företaget släppte sin senaste Apple Watch smartklocka 2021. Apple 7-modellen erbjuder en syresättningsmätare, sömnsparningsfunktioner, EKG sensor, hjärthälsöövervakning och falldetektering som automatiskt ringer 112 om den märker att bäraren inte rör sig [21] (Fig. 3). Garmin erbjuder också aktivitetsarmband och smartklockor, såsom Garmin Vivosmart 5 som mäter bl.a. aktivitet, puls, syresättning och sömn [22].



*Figur 3. [Person som använder en smartklocka \(Apple Watch\)](#). (Foto från [Crew](#), [CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication](#) via [Wikipedia Commons](#) [23].)*

### Smarta ringar

Ringar med inbyggda teknologi har redan funnits en längre tid på marknaden och är mera diskreta och lättare att bära dygnet runt än armband och smartklockor. Många av ringarna har fokuserat på kontaktlösa betalningsfunktioner, men en del har hälsosensorer i samma klass som smartklockor. En av de mest kända är Finlandsbaserade Oura ringen som mäter sömn, kroppstemperatur, återhämtning och aktivitet. [24] Den nyaste versionen Oura Gen 3 mäter också syresättning och andning vid sömn och hjärtfrekvens under träning (Fig. 4) [25]. En ny utmanare är Circular smart ringen som har liknande funktioner som Oura ringen och kom till försäljning hösten 2022 [24], [26].



*Figur 4. [Oura ring](#). (Foto från [Timo](#), [CC BY-NC-ND 2.0](#) via [Flickr](#) [27].)*

### Mobilapplikationer för välbefinnande

Det finns ett stort urval av olika mobilapplikationer för ökat välbefinnande, allt från smartare matvanor, träning, hantering av stress, ångest, utmattning, sömnproblem, påminnelse av mediciner till att bryta en dålig vana. Exempel på välbefinnande appar: träningsrutiner med FitNotes, kostkontroll med Lifesum, för psykisk hälsa Headspace och Calm, medicinpåminnare MyTherapy och Medisafe, för att minska på skärmtid Digital Wellbeing [28]–[31].

## Smarta oximetrar

Trådlös puls oximeter som mäter blodets syresättning finns både som enheter som sätts på fingret (ex. iHealth Air POM3 eller Oxiline Pulse X Pro) [32], [33] (Fig. 5) eller integrerade i aktivitetsarmband eller smartklockor (ex. Garmin Vivosmart 5 eller Apple Watch 7) [22], [34]. Med tillhörande applikationer t.ex. för smarttelefon att följa med och lagra data.



*Figur 5. iHealth oximeter. (Foto modifierad från [Compudemano](#), CC BY 2.0 via Flickr [35].)*

## Smarta blodtrycksmätare

Till smarta blodtrycksmätare räknas trådlösa blodtrycksmätare med manschett för överarmen som via en mobilapplikation registrerar och lagrar blodtrycks- och EKG-resultat, såsom Withings BPM Core (Fig. 6) (Withings) eller QardioArm (Qardio Inc.) [36].

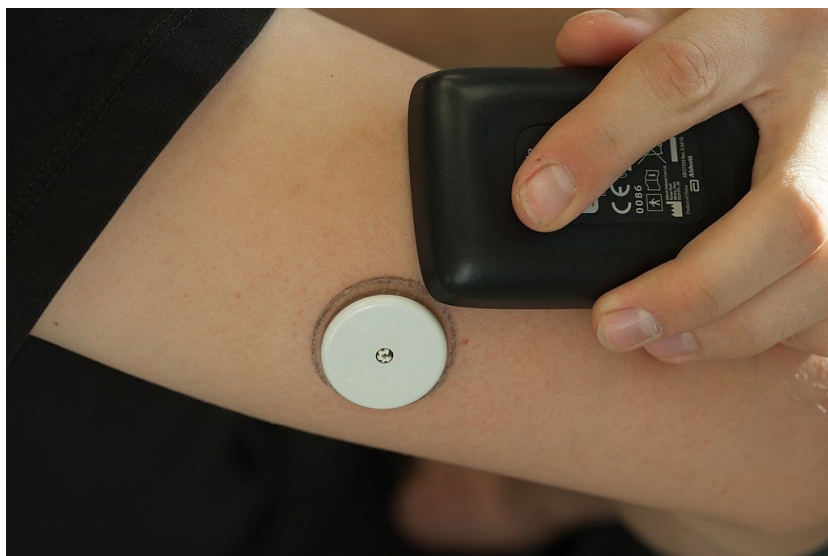


*Figur 6. Withings BPM Core blodtrycksmätare. (Foto från Viveka Öling-Wärnå.)*

Den första manschettfria bärbara blodtrycks- och EKG mätare i form av ett armband kommer ut på den allmänna marknaden i mitten av 2023 och lanseras av LiveMetric. Produkten heter LiveOne och för tillfället erbjuds den bara till sjukhus och liknande enheter. LiveOne armbandet ger kontinuerliga blodtrycks- och EKG mätningar som är mycket exakta och kan komma att ersätta Holtermätningar. [37]

## Smarta blodsockermätare

Smarta blodsockermätare är sensorer som placeras på huden med en applikator som har en nål. Nålen tas bort och kvar blir en liten givare under huden. Givaren mäter blodsockerhalten (glukos) i vätskan mellan cellerna. En sändare på givaren skickar sedan trådlöst glukosvärdena till en mottagare som kan vara en smarttelefon, smartklocka eller insulin-pump. Exempel på smarta blodsockermätare som används i Finland av diabetiker är DexCom G6 (DexCom), FreeStyle Libre (Abbott) (Fig. 7) och Guardian Connect (Medtronic Diabetes). [38]



*Figur 7. Smart blodsockermätare FreeStyle Libre (Abbott) fäst på överarmen. (Foto från [Thirunavukkarasye-Raveendran, CC BY 4.0](#) via [Wikimedia Commons](#) [39].)*

## Digitala patientdagböcker och snabbmeddelandetjänster

Digitala dagböcker för kommunikation mellan patient och vårdare i form av en mobilapplikation används mer och mer. Exempelvis det finska företaget Suvanto Care erbjuder en digital dagbok för kommunikation mellan vårdare och närstående till en äldre person. I applikationen kan man registrera om den som vårdas har fått sin medicin, måltider, mätresultat, varningar, SOS-larm, hur personen mår, humör, önskemål och hälsningar [40]. En likande inhemsk snabbmeddelandetjänst för socialvården är Onervas produkt. Den är enligt företagets beskrivning en säker, superenkel realtidstjänst för kommunikation mellan anhöriga och personal inom äldreomsorgen, men används också inom socialt ungdomsarbete, psykvård, missbruksrehabilitering och för internkommunikation inom kommuner (exempelvis mellan kunder, vårdproffs, anhöriga och tredjesektorn). [41]

En annan form av digital patientdagbok är det finska företaget Braincare Oy:s epilepsidagbok Soenia. Soenia medicindagbok används för att rapportera symptom direkt till vårdpersonal via en molntjänst och kan användas av epilepsipatienter, men också av

patienter med t.ex. huvudvärk, migrän, narkolepsi, multipel skleros. Den digitala patientdagboken underlättar uppföljningen av patienter, eftersom patienten i princip har sin egen dagbok med sig hela tiden jämfört med en dagbok i pappersversion. Långsiktiga studier har också visat att den digitala patientdagboken bidrar till kortare konsulteringar och patienterna fullföljer sina föreskrivna behandlingsplaner bättre. [42]

## **Etiska aspekter på välfärdsteknologi och digital hälsa**

Digitaliseringen inom hälso- och sjukvården väcker också många etiska frågor. Eftersom många tillämpningar av digital hälsoteknologi innebär att patientdata hanteras digitalt är frågor om integritet och dataskydd aktuella. Patientsäkerheten under digitala vårdmöten när läkare och patient inte träffas fysiskt väcker också frågor. Likaså om hur en likvärdig vård skall kunna ges till den del av befolkningen som inte är van att använda digitala verktyg. Data från egenmätningar med bärbara enheter aktualiserar värdekonflikter som berör säkerhet, integritet, självbestämmande, informerat samtycke, rättvisa, jämlikhet och tillit, samt också människovärde och människosyn. Ny övervakningsteknik av äldre kan bidra med ökad självständighet för den enskilde och utgöra en kostnadsbesparing och avlastning för vårdpersonalen. Däremot om tekniken i allt högre grad ersätter personal finns det risk att behovet av social stimulans och mänsklig kontakt inte tillgodoses hos de äldre. [43]

Vid utvecklingen av digital teknik och hantering av digitaliserade hälsodata är det viktigt att vara medveten om och beakta dessa etiska aspekter i ett tidigt skede. Likaså vårdaktörer måste försäkra att de digitala tjänster som tillhandahålls är av hög kvalitet, effektiva, säkra och användbara för patienter i alla åldrar [44].

Lagar och regelverk som gäller användningen av data från social- och hälsovården behöver också följa med utvecklingen. I Finland stiftades 2019 en separat lag om sekundär användning av personuppgifter inom social- och hälsovården (Lag 552/2019) [45]. Lagen möjliggör smidig och informationssäker användning av social- och hälsovårdsuppgifter med respekt för enskildas integritetsskydd. I och med den nya lagen kan social- och hälsovårdsuppgifter användas inte bara för forskning och statistik utan också för utvecklings- och innovationsverksamhet, undervisning, informationsledning, övervakning och styrning av branschen samt för myndigheters planeringsuppgifter. [46]

## **Visioner och trender inom digital hälsa**

### **Visioner i Finland, Sverige och på EU nivå**

Ett av EU-kommissionens politiska prioriteringar för 2019–2024 är "Ett Europa rustat för den digitala tidsåldern". EU-kommissionen arbetar bland annat med att öka tillgången till digital service inom hälso- och sjukvårdssektorn och 2018 lades tre prioriteter fram [14]:

1. **Säker tillgång till och delning av hälsodata**, inklusive över gränserna, vilket gör det möjligt för medborgarna att få tillgång till sina hälsouppgifter (e-recept och patientsöversikter) i hela EU. Utbytena över gränserna började 2019 och målet är att alla EU-länder ska delta senast 2025.
2. **Koppla samman och utbyta hälsodata för forskning, snabbare diagnos och bättre hälsa.** Hälsodatans enorma potential att stödja den medicinska forskningen bör utnyttjas bättre över hela EU.
3. **Stärka patientinflytande och personcentrerad vård.** Digitala tjänster kan öka patienternas inflytande och göra det lättare för dem att sköta den egna hälsan – från att följa förebyggande riktlinjer och anamma en sundare livsstil till att hantera kroniska sjukdomar och ge feedback till vårdgivare. Hälsa- och sjukvården kommer också att gynnas av innovativa vårdmodeller som använder telemedicin och m-hälsa för att hantera det ökande vårdbehovet och successivt övergå till integrerade och individanpassade vårdssystem.

I Finland har social- och hälsovårdsministeriet utarbetat en vision för digitaliseringen av förvaltningssektorn fram till 2025, däribland ingår social- och hälsovård som ett delområde. Speciell tyngdpunkt sätts på hälso- och sjukdomsförebyggande verksamhet. Exempelvis stöd, vägledning och rådgivning erbjuds elektroniskt för att främja hälsa och välbefinnande. Samt digitala verktyg för själv bedömning av hälsan (ex. Omaolo), elektroniska virtuella gemenskaper som stöd för samhällsaktiviteter, sensordata och kunddata i realtid från boendemiljö. Kund- och patientdata (ex. Kanta-tjänster) skall kunna användas oavsett organisationsstruktur och informationssystem. De elektroniska lösningarna skall garantera lika tjänster för glesbygd och tätort, samt för specialgrupper. [47]

I Finlands färdplan 2020–2023 för forsknings- och innovationsverksamhet inom hälsosektorn är målet att förbättra människors hälsa och välfärd på ett kunskapsbaserat sätt genom de möjligheter som forskning och teknisk utveckling öppnar upp. Finlands ställning som en internationellt erkänd föregångare inom forskning, innovation, investeringar och ny affärsverksamhet inom hälsobranschen bör främjas. Nyckeln till hälsosektorns framväxande teknologier omfattar, artificiell intelligens, robotik, genteknik, sensor- och nanoteknik, IoT, 5G, virtuell verklighet (VR), förbättrad verklighet (AR) och blockkedjeteknik. [48]

I de övriga nordiska länderna satsas det också mycket på digital hälsa. Exempelvis, i Sveriges vision om e-hälsa ska Sverige vara bäst i världen 2025 på att använda digitaliseringens och e-hälsans möjligheter. Med hjälp av e-hälsa ska individen vara i centrum, verksamheter få hjälp att utvecklas och hälso- och sjukvården och socialtjänsten ska vara jämlik, effektiv, tillgänglig och säker. [49]

## Digitala hälsotrender

Covid-19 pandemin fick bland annat hälso- och sjukvårdsbranschen att investera i mer innovativ ny teknik. Följande digitala hälsotrender tog fart under pandemin och förutspås förändra hälso- och sjukvården i framtiden:



## 1. Telemedicin

Telemedicin har utvecklats i snabb takt sedan pandemins början 2020. Nu 2023 har vårdaktörer regelbundet videosamtal med patienter via internet och infrastrukturen för detta har förbättrats avsevärt (Fig. 8) [50]. AI-baserade chattbots ger rekommendationer för vård och kontroll av symtom. Sorteringssystem styr patienter enligt lätt-diagnostiserade problem, återkommande/kroniska behov, sjukgymnastikproblem, eller till rätt specialist utifrån deras symtom. Även medicinska assistenter som hjälper läkare att t.ex. känna igen läkemedelsinteraktioner eller välja lämpliga läkemedel för gravida kvinnor har ökat i användning. Tillväxten av telemedicin kommer sannolikt att fortsätta även efter att pandemin är över. [44]



*Figur 8. Person som har videosamtal med läkare. (Foto från [evgenyatamanenko](#), via [iStock](#) [51].)*

## 2. Medicinsk IoT

Medicinsk IoT är ett snabbt växande område som inkluderar bärbara enheter, monitorer och applikationer för vårdbehov. AI och maskininlärningsteknik kan här erbjuda förbättrade versioner av traditionell medicinsk utrustning [50], exempelvis smarta insulinpennor och blodsockersensorer [38], [52], smarta inhalatorer [53] och smarta blodtrycks- och EKG sensorer [36], samt aktivitets sensorer för distansövervakning av patienter [54]. Till exempel i november 2019 godkände Tyskland en lag om digital hälsa, vilken tillåter att läkare kan ordinera en digital hälsoapplikation. Patienten beviljas en ersättning för hälsoapplikationen på samma sätt som för ett läkemedel från den lagstaddade sjukförsäkringen. Även Frankrike meddelade hösten 2021 att de kommer att kopiera Tysklands modell. Exempelvis används digitala hälsoapplikationer för stöd vid livsstilsförändringar, vård av diabetes, cancer, ångest eller sömnlöshet. [55], [56]

Dagens molntjänster erbjuder färdiga möjligheter för hälsorelaterade tjänster, men förtroendet för datasäkerhet och IoT-funktioner behöver ännu utvecklas. Förutom att skydda personlig information måste IoT-enheter vara tillförlitliga när det gäller

anslutningar, prestanda och leverans av realtidsdata. Med det i åtanke, förväntas större investeringar ske i att förbättra IoT-teknologin under de kommande åren. [50]

### **3. Applikationer för anställdas välbefinnande.**

Företag världen över har märkt att välbefinnande applikationer kan gynna deras anställda. De anses minska arbetsrelaterad stress, ångest och utmattning, samt förbättra sömnen och välmående. Exempelvis mindfulness applikationer så som Headspace och Calm har börjat användas mera brett [50]. Headspace är en applikation för meditation och hade år 2022 över 70 miljoner användare och bl.a. Google, LinkedIn och Starbucks erbjuder applikationen till sina anställda. Calm är en applikation för sömn, avslappning och meditation och har blivit nerladdad över 100 miljoner gånger [28]. Vid 2040, förväntas en grundläggande förändring ha skett från behandlingsfokuserad medicin, till att 60 % av utgifterna går till att förbättra hälsa och välbefinnande [57].

### **4. Innovationer för hantering av infektionssjukdomar**

Nya innovationer för att hantera infektionssjukdomar är också att vänta i framtiden. Exempelvis mRNA (budbärar RNA) vacciner beskrivs som en "biologisk mjukvara" som är anpassningsbar med proteinkoder som kan stimulera en immunologisk respons för olika specifika sjukdomsalstrare. Tidigare har vaccinutvecklingen varit mycket långsam (upp emot 10 år i vissa fall) medan utveckling av ett mRNA vaccin kunde vara så kort som 3–4 månader. Även AI och prediktiv analys tros kunna vara avgörande i framtiden för att hjälpa medicinsk personal att bättre förstå inkuberingstider och spridning av infektionssjukdomar. [50]

### **5. VR och AR i hälsovården**

Nuförtiden erbjuder VR och AR teknologin ett brett urval av praktiska lösningar utöver vanliga spel och underhållning. Inom sjukvården används VR av kirurger när de övar på kirurgiska ingrepp, men VR har även rapporterats hjälpa vid kronisk smärthantering och mentalhälsa. Marknaden för VR inom hälsovården uppgick till 2 miljarder dollar år 2019, men förutspås växa till 34 miljarder dollar till 2027 [50]. Företag som Oxford VR och Karuna labs är ledande inom att hjälpa personer med kronisk smärt eller mental ohälsa inom VR branschen [58], [59]. I Finland finns bl.a. företaget Peili Vision som utvecklar VR spel för rehabilitering inom talterapi, neuropsykologi och arbetsterapi [60].

I en artikel i den amerikanska affärstidning Forbes är Erika Tyburski, VD och medgrundare till ett friskvårds och diagnostik företag, inne på samma linje. De digitala trenderna för

2023 är telemedicin och andra plattformar för virtuell och digital vård, ökad acceptans för hemma-testprodukter och större fokus på preventiv hälsovård. [61]

I en artikel i Hufvudstadsbladet (6.10.2022) berättar en äldre kvinna att hennes kardiolog hade rekommenderat en smartklocka till henne för uppföljandet av rytmstörningar och att hon har skickat hjärtkurvor via klockan och mobiltelefonen till läkare för att fånga upp förmaksflimmer. Hon gick lite motvilligt med på att skaffa en smartklocka, men ser nu flera fördelar med den för seniorer. Även hennes man skaffade en likadan smartklocka, och när han snubblade utomhus, slog i huvudet och blev liggande på marken fanns hjälpen nära. Smartklockan ringde själv upp nödcentralen när den lagt märke till att han blev liggande på marken. Det blev ambulansfärd till sjukhus, men turligt nog slutade allt väl.

[62]

## Andra digitala tekniktrender inom hälso- och sjukvård

En stor mängd olika digitala tekniker dyker upp när man undersöker vad som är på gång inom branschen och nedan lyfts ytterligare upp ett par teknologier som anses ha framtida potential inom hälso- och sjukvården.

### 3D-teknik inom hälso- och sjukvård

En annan digital teknik som man har stora förväntningar på inom hälso- och sjukvården är 3D-tekniken: 3D-printing, 3D-modellering och 3D-visualisering. Idag är 3D-tekniken inte helt implementerad inom hälso- och sjukvården och används endast inom ett fåtal spridda områden. I nuläget används 3D-printning och digital 3D-modellering främst för visualisering och planering av en behandling, exempelvis för att kunna öva och simulera ett kirurgiskt ingrepp, samt för att bättre kunna kommunicera med patienter och medarbetare. 3D-printning används även till att tillverka anpassade produkter av t.ex. proteser, tandimplantat, hörselinsatser i hörapparater, medicinsk utrustning och anatomiska modeller för undervisning. 3D-bioprintning av organ och personifierade läkemedel med 3D-printning anses vara 3D-teknikens framtida trender inom hälso- och sjukvård. [63], [64]

Med 3D-bioprintning menas att använda additiv teknik för att 3D-printa biologiska material till valda strukturer. (Biologiska material är material som produceras eller kommer från kroppen, så som celler, ben eller hud.) Med 3D-bioskrivare kan celler skrivas ut enskilt eller tillsammans med ett stöttande material, vanligen en hydrogel, på vilket cellerna kan växa för att skapa ny vävnad eller ersätta skadad vävnad. Med 3D-bioprintning har hud, ben, brosk och vaskulariserade vävnader tillverkats för *in vitro*

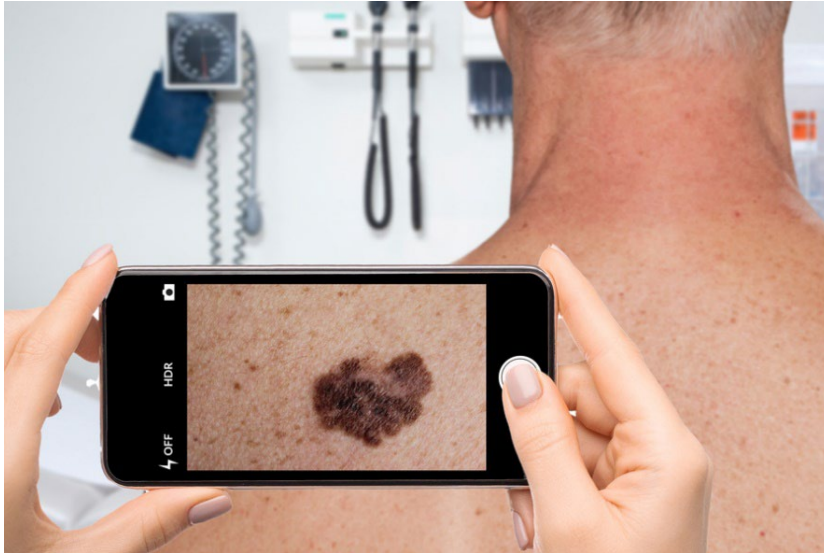
studier hittills. Förutom att skapa vävnader och organ för transplantation, så kunde 3D-bioprintning även användas för testning av kosmetika-, kemikalie- och läkemedelsprodukter i stället för på djur. [63], [64]

3D-printning av läkemedelstabletter används som ett sätt att tillverka tabletter med bättre porositet och fördelning av aktiva substanser. Tabletterna frigör läkemedlet snabbt i munnen utan att man behöver tugga eller dricka vatten på. FDA (U.S. Food and Drug Administration) godkände redan 2015 den första 3D-printade läkemedelstabletten (Spritam) för vård av epilepsi. En av de stora potentialerna med 3D-printade läkemedel är möjligheten att skräddarsy doseringen på individnivå. Det kan göras genom anpassad dosering, kombinerad av olika läkemedel (s.k. "polypills") eller genom att variera frisättningshastigheten enligt patientens behov. Den medicinska trenden går från en "one size fits all" modell mot en mer personifierad läkemedelsbehandling, där läkemedlen är mer skräddarsydda för patienten enligt genetiska, fysiologiska eller patologiska faktorer. [63], [65] Den globala marknaden för 3D-printade läkemedel värderades till 72 miljoner dollar 2021 och förväntas expandera med en sammansatt årlig tillväxttakt på 15 % från 2022 till 2030 [66]. Trots dess fördelar inom läkemedelssektorn har 3D-printning flera utmaningar. Främst när det gäller teknik, doseringsformer, säkerhet, kvalitetskontroll, regulatoriska aspekter och deras implementering inom klinisk farmaci [65].

### AI-förbättrad medicinsk vård

Vid Massachusetts Institute of Technology (MIT) i USA har man vid institutionen för El elektronik och datavetenskap (Electrical engineering and computer science) en avdelning för AI och beslutsfattande, där ett av forskningsområdet är AI för sjukvård och biovetenskap (AI for healthcare and life science) [67]. De genomgående trenderna är att med hjälp av AI förebygga sjukdom eller förbättra diagnostisering.

Ett fokusområde är att med AI:s hjälp analysera medicinska bilder, exempelvis röntgenbilder eller fotografier av hudförändringar. Piction Health är ett exempel på forskning som startats vid MIT och sedan lett till en företagsidé inom e-Hälsa. Piction Health började som en mobil applikation som använde AI för att diagnostisera Malignt melanom (hudcancer) med hjälp av foton (Fig. 9). [68] Idag fokuserar man också på att hjälpa allmänläkare att diagnostisera de mest vanligaste hudåkommor, såsom eksem, akne och bältros. Efter att läkare fotograferat en hudförändring och skickat fotot till Piction Health och svarat på några frågor, visar applikationen foton på liknande hudförändringar och kan på så sätt hjälpa läkaren att snabbare fatta rätt diagnos och eventuellt även påskynda att patienten får specialistvård. [69]



*Figur 9. [Piction Health](#), grundat av MIT-alumnen [Susan Conover](#), erbjuder en AI-driven mobilapp för att hjälpa läkare inom primärvården att identifiera hudsjukdomar. (Foto från [Christine Daniloff, MIT](#); stock images, [CC BY-NC-ND 3.0](#) via [MIT News / Zach Winn](#) [68].)*

Grunden för dylik mobilapplikation beskrivs i en vetenskaplig publikation av Soenksen *m.fl.* [70]. Ett foto taget med en smarttelefons kamera av en patients större hudområde (t.ex. ryggen) och ett automatiserat system identifierar och analyserar alla pigmenterade hudförändringar som finns på fotot. Med hjälp av maskininlärning och ett förtränat neuralt nätverk klassificeras sedan misstänkta hudförändringarna enligt gul – överväg ytterligare inspektion eller röd – kräver ytterligare inspektion eller remiss till hudläkare. Systemet tränades med 38 283 foton från 133 patienter och med foton som fanns allmänt tillgängliga. Hudförändringarna hade klassificerats av tre dermatologer. Metoden kunde med 90,3 % sensitivitet och 89,9 % specificitet urskilja misstänkta pigmenterade hudförändringar från icke-misstänkta hudförändringar, hud och komplex bakgrund. Metoden förväntas snabbt och enkelt öka chanserna att hitta melanom. [71]

FotoFinder är en liknande produkt från Tyskland för sjukhus och liknande enheter. Med FotoFinder kan man göra en helkroppsdokumentation för tidig upptäckt av hudförändringar över tid och visualisera förändringar så tidigt som möjligt. Instrumentet är utrustad med ett högresolutions kamerasystem och detekterade hudförändringar visas på en skärm, sorterade enligt var på kroppen de finns och enligt förändringskategorier. Med "Moleanalyzer pro AI assistant" funktionen kan man med hjälp av AI göra en förhandsbedömning om vilka hudförändringar som är melanom. Djupinlärnings algoritmerna som används har utvärderats i samarbete med bland annat Heidelbergs universitet. [72]

Vasa centralsjukhus beställde hösten 2022 ett FotoFinder-instrument till hudpolikliniken. (Kommer troligen i användning januari 2023.) FotoFinder-instrumentet förväntas förbättra diagnos och behandling av hudsjukdomar. Instrumentet är speciellt användbart för patienter som har ett stort antal födelsemärken (över 50) och/eller flera födelsemärken är onormalt formade. Det tar endast tre minuter att fotografera en patients alla födelsemärken, uppger man från sjukhusets sida i en intervju i Ilkka-Pohjalainen (7.10.2022).

[73]

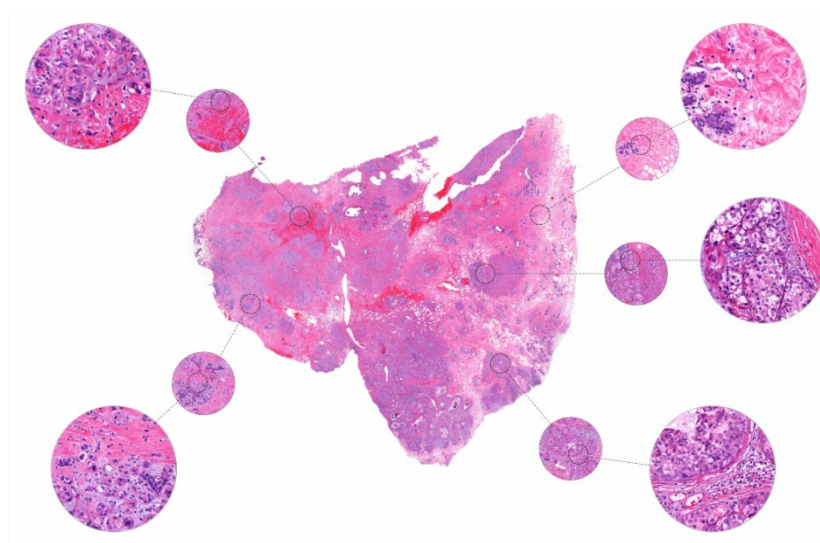
Ett annat exempel är att använda AI vid granskning av röntgenbilder för att få en snabb och noggrann avläsning av bilden. I en ny studie har man utvecklat ett datorprogram som genom bild-textrepresentationens lärande kombinerar röntgenbild med röntgenläkares utlåtande. Man har delat in röntgenbilden i delar och brutit ner röntgenutlåtandet i kortare meningar, detta för att programmet ska kunna uppskatta svårighetsgraden av sjukdomen mer exakt än om man visar en hel bild och hela utlåtandet. Exempelvis kan programmet användas vid en akutmottagning för att hjälpa läkare få ett snabbt första utlåtande om en röntgenbild. [74]

Man satsar också aktivt på att integrera de senaste AI-framstegen inom exempelvis hjärtvården. AI kan användas för att tolka EKG och identifiera avvikelser. I en amerikansk studie av Adedinsewo *m.fl.* kunde man identifiera en hjärtavvikelse (vänster ventrikulär systolisk dysfunktion) hos personer med andnöd som uppsökt akutmottagning. AI-algoritmen kunde förutsäga rätt för 86 % av patienterna [75]. EKG används rutinmässigt inom sjukvården och tolkas manuellt av en hjärtspecialist. Liknande studier pågår även i bland annat Sverige. Vid Uppsala universitet har man tagit fram en AI-modell som automatiskt kan diagnostisera de sex vanligaste avvikelserna som kan upptäckas i ett EKG. AI-modellen har tränats på fler än 2 miljoner insamlade EKG:n som hjärtspecialister har diagnostiserat manuellt [76]. Med liknande AI-modeller kan man förbättra hjärtsjukvården i områden där befolkningen inte har så bra tillgång till specialister, exempelvis på mer avlägsna platser eller i låg- och medelinkomstländer.

Vid Lunds universitet har man skapat en AI-algoritm som kan förutspå dödsfall och insjuknande i hjärtsvikt under det första året efter en hjärtinfarkt. AI-algoritmen bygger på ett neuralt nätverk och innehöll 21 variabler (bland annat ålder, kön, medicinsk historia, tidigare behandlingar, sjukhuskaraktäristiska och medicinering efter utskrivning). Studien var baserad på 140 000 patienter som insjuknat i hjärtinfarkt under 2008–2017 och man har testat AI-algoritmen på 30 000 danska patienter. AI-modellen kunde förutsäga rätt för 73,6 % av patienterna när det gällde dödsfall och för 61,5 % av hjärtsvikt hos patienterna. Algoritmen kunde utesluta dessa tillstånd med 97,1–98,7 % säkerhet. [77] Resultaten kan användas till att förbättra hjärtinfarkt vården och uppföljningen av riskindivider.

Liknande maskininlärningsmetoder utvecklas för t.ex. neurodegenerativa sjukdomar, så som Alzheimers, Parkinsons och ALS (amyotrofisk lateral skleros). Maskininlärning kan här bidra med en tidigare diagnos, tolkning av medicinska bilder och upptäcka nya terapimöjligheter. [78]–[80] Likaså inom ögonsjukdomar används AI och maskininlärning vid t.ex. screening av glaukom, diabetesrelaterad ögonsjukdom och åldersbetingad degeneration av näthinnan [81].

I och med den ökade användningen av digital patologi har man också börjat ta stöd av AI inom patologin. Digital patologi betyder att man kan bedöma vävnadsprover i digital form. Med hjälp av Whole-Slide Imaging (WSI)-instrument kan man omvandla konventionella glas med vävnadsprover till digitala format genom skanning (Fig. 10). Vävnadsprover i digitalt format gör att man kan dela bilder på distans, men också att man kan få stöd att analysera bilderna med AI-assisterad mjukvara. [82]



**Figur 10.** Exempel på en [Whole-Slide Image bild](#), [histologisk sektion av en brösttumör färgad med hematoxylin och eosin för diagnostiska ändamål](#). (Design av Kajsa Møllersen och Masoud Tafavogghi. Foto från KajsaMøllersen, [CC BY-SA 4.0](#) via Wikimedia Commons [83].)

AI omformar likaså snabbt cancerforskningen och den personliga kliniska vården för cancerpatienter. Tidpunkt för upptäckt av cancer, noggrannhet i cancerdiagnos och stadiindelning för tumöraggressivitet är nyckelfaktorer för kliniskt beslutfattande och behandling av cancer. På bara några år har AI gett betydande bidrag till detta område inom cancerforskningen och med resultat jämförbar med mänskliga experter. Djupa neurala nätverk (DNN) är algoritmer som med lämplig datorkraft kan appliceras på vävnadsprover i digitalt format som härrör från biopsier eller vävnad från kirurgiska ingrepp vid misstanke om cancer. Men även inom andra område används DNN för diagnostisering av cancer, t.ex. på datortomografi (CT) skanningar, magnetisk resonanstomografi (MRT), mammografi och röntgenbilder samt som tidigare nämnts på bilder av hudförändringar. Maskininlärning används också bland annat för att hitta cancermutationer och förutsäga läkemedels effektivitet baserat på molekylära egenskaper. AI visar på tydliga potential att kunna förbättra vården av cancerpatienter i framtiden. [84]

Än så länge är det väldigt lite AI som implementerats inom medicinsk vård. Många forskningsstudier saknar designfunktioner som rekommenderas för robust validering av den kliniska prestandan för AI-algoritmer. Exempelvis, en stor del av de forskningsstudier om AI modeller för diagnostisk analys av medicinska bilder var designade som "proof-of-concept" studier och endast 6 % (31 av 516 studier) hade utfört extern validering. Detta gällde publikationer från 2018. [85], [86] Transparens och förklaringsbarhet nämns ofta som utmaningar med att använda AI inom sjukvården. Andra hinder för implementering är exempelvis etiska och juridiska frågor för datadelning, samt avsaknaden av en färdplan för strategisk förändring för att omsätta AI-innovationer i praktiken och hur AI kan förändra yrkesroller, arbetsmetoder och rutiner inom vården. [87], [88]

### Kontaktlös radaravkänning för hälsoövervakning

Kontaktlös radaravkänning har mer och mer börjat introduceras inom hälso- och sjukvården och vid stödboenden. Fördelarna är att inga sensorer behöver bäras av personerna som skall övervakas och inga bilder eller videor behöver samlas in, vilket minskar påverkan på den egna integriteten. Risken för hackning av sensorer minskar också med radar data, eftersom den är svårare att tolka än videor eller bilder. Tillämpningarna används inom övervakning av hjärtfrekvens, blodtryck, andningsfrekvens, rörlighet och beteendemönster. Falldetektering har varit en av de första tillämpningar av kontaktlös radaravkänning vid exempelvis stödboende. [89] Nyligen har en lättanvänd produkt (Sleepiz One+) för diagnostisering av sömnapné för hemmabruk lanserats av företagen Sleepiz AG och Infineon Technologies AG. Produkten använder radaravkänning och vitala data såsom andningsfrekvens, puls och sömnparametrar samlas in kontaktlöst via en liten enhet som placeras på nattduksbordet. Tekniken känner av submillimeter rörelser hos personen närmast enheten. Den insamlade data analyseras med hjälp av algoritmer för maskininlärning och lagras anonymt i ett moln för användaren att komma åt. Sleepiz har samarbetat med ledande sömnkliniker och sömnforskare för att bevisa noggrannheten i deras algoritmer. [90], [91] Detta exempel visar hur radaravkänning utgör en lovande teknik för ett antal civila tillämpningar på kort räckvidd. En hel del utmaningar för användning av radaravkänning består, såsom överlappningar i radarsignaturer vid samtidig närvaro av flera försökspersoner, men man tror att i framtiden kommer radar att vara en sensor i en svit av sensorer – som en av de andra IoT-enheterna i ett smart hem [89].

### Elektroniska textilier och exoskelett

Elektroniska textilier (e-textilier) är en annan typ av teknologi som kan räknas in bland digitala trender. E-textilier är avancerade textilier med integrerad elektronik och med funktionalitet för att reagera på signaler, kommunicera med andra enheter, leda energi eller skydda bäraren. E-textilier har många potentiella tillämpningar, exempelvis inom personlig hälsa, högpresterande sportkläder, militära plagg, bärbar teknik/dator, mode, miljöövervakning och hälso- och sjukvård. [92], [93] Inom sportmedicin finns redan



elektroniska textilier så som HexoSkin. HexoSkin är en väst som kontinuerligt mäter hjärt-, lung-, aktivitets- och sömndata [94]. Vid misstanke om hjärt- och kärlsjukdom kan EKG t-skjortor användas så som CardioLeaf (Clearbridge VitalSigns), hWear (HealthWatch Technologies) och HeartIn Fit (HeartIn Inc.) [95], [96]. Bland annat Smart Textiles vid Högskolan i Borås och Karolinska Universitetssjukhuset samarbetar med att ta fram en prototyp på textilier som kan underlätta hantering av smärta. Tanken är att med teknologi minska effekterna vid försämrade muskelstyrka, rörlighet, balans, minnesförmåga eller sensibilitet t.ex. vid åldrande [97]. Möjligheten att dölja teknik i kläder, kan ha sina fördelar bl.a. med tanke på äldre personer som användare. Textilier är något som man är bekant och bekväm med från tidigare. E-textilier kan även förbättra kvaliteten på mätningen och ta bort stigma. Däremot kvarstår ännu begränsningar hos e-textilier, exempelvis för batteri, funktionalitet, hållbarhet, integritetsfrågor och regelverk. [93]

Exoskelett är bärbara enheter som fungerar tillsammans med användaren. Exoskelett placeras på användarens kropp och förstärker eller återställer mänsklig prestation (Fig. 11). Exoskelett som Indego används inom fysioterapi vid gångrehabilitering och används bl.a. vid Folkhälsan (i Korsholm). [98], [99] Auxivo LiftSuit är en lätt (<0,9 kg) textilt exoskelett som stöder rygg- och höftmuskulatur vid lyft, exempelvis vid lyft i framåtlutande position och används bland annat inom vården vid tunga lyft [100], [101].



*Figur 11. [Patient som går med ett exoskelett under sjukgymnastik.](#) (Foto från [gorondenkoff](#), via iStock [102].)*

### Bärbara biosensorer

Bärbara biosensorer väcker stort intresse för deras potential att på ett icke-invasivt sätt tillhandahålla kontinuerlig fysiologisk information i realtid. Biosensorer används i en rad hälsovårdsrelaterade applikationer som utför mätningar av kemiska markörer i t.ex. svett, tårar, saliv och interstitiell vätska (vätskan mellan cellerna under huden). En typisk biosensor innehåller en "bioreceptor" som känner igen kemiska markörer (enzym, antikropp eller dylikt) och en fysikalisk-kemisk enhet som omvandlar det "bioreceptorn" känner igen till en användbar signal. [103], [104]

Ett exempel på bärbara biosensorer är smarta glukosmätare som nämnts tidigare [38]. En annan liknande produkt som är riktad till idrottare är glukosmätaren Supersapiens från Abbott, som marknadsförs som en minut-för-minut energihanteringssystem vid träning. Denna lilla biosensor som placeras på överarmen använder ett tunt, flexibelt filament som sätts in precis under huden av applikatorn. Ingen nål används och filamentet mäter glukosnivåerna i vätskan mellan cellerna. Biosensorn kan användas kontinuerligt upp till 14 dagar. Biosensor kommunicerar med Supersapeins applikationen som gratis kan laddas ner till mobiltelefonen. [105]

Ingenjörer vid California San Diego universitetet har utvecklat en liknande biosensor som placeras på huden. Den är rund till formen och ca 24 mm i diameter med en tjocklek på ca 10 mm. Biosensorn består av mikronålar som är en femtedel av ett människohårs bredd och är smärtfri att använda. Mikronålarna penetrerar knappt huden och kan mäta glukos-, alkohol- och laktatnivåer i vätskan mellan cellerna i realtid och skicka data trådlöst till en mobil applikation. [106], [107]

Det krävs ännu utveckling av bärbara biosensorer som mäter kemiska markörer i svett, tårar och saliv. Biomarkörer i svett är utmanade eftersom regionala variationer och individuella vätskenivåer påverkar lätt resultaten, tårvätska innehåller relativt lite markörer och passar därför sämre, medan saliv lätt påverkas av den stora mängd mikrober (t.ex. bakterier) som finns i munhålan och kan kontaminera proverna. [103]

### Elektroniska "tatueringar"

Så kallade stick-on elektroniska "tatueringar" med små elektroder anses kunna öppna en ny väg till nästa generation av elektronisk plattform för bärbara hudapplikationer. Forskare vid Texas universitet har presenterat en tatueringsliknande enhet som kan mäta blodtrycket. Den elektroniska tatueringen är gjord av grafen sensorer. [108], [109]

Vid Graz tekniska högskola har man utvecklat en elektronisk tatuering som kan mäta hjärnsignaler (elektroencefalografi, EEG). Denna elektroniska tatuering är gjord av ledande polymerer som skrivs ut med en bläckstråleskrivare på vanligt tatueringspapper och fästs sedan på huden. Den har en tjocklek på bara 700–800 nm och de anpassar sig bra till ojämn hud. De lämpar sig utmärkt för långtidmätningar och t.o.m. hårstrån som växer genom tatueringen stör inte signalerna och datainsamlingen. [110]–[112]

På framtida bärbara enheter ställs höga krav. De skall vara små, lätta, tåliga, säkra och helst ska de inte ens märkas och gärna vara självförsörjande eller självdriven (med t.ex. Triboelectric Nanogenerators (TENG) eller solceller). På basen av dessa krav anses elektroniska "tatueringar" kunna vara nästa generation av bärbara hudapplikationer. [92]

## Sammanfattning

Idag förändras världen snabbare än någonsin tidigare och hälsovården är inget undantag. Nya innovativa behandlingsmetoder, ny teknik och inte minst Covid-19 pandemin bidrog också till den omställning som är på gång inom hälsovården.

Enligt Sitras enkätundersökning använde 51 % av alla som besvarade enkäten (i Nederländerna, Frankrike, Tyskland och Finland) någon smart enhet för att mäta hälsa och välbefinnande och 52 % kunde tänka sig dela egna mättningsdata eller visa dem för läkare eller sjukskötare [18]. I framtiden blir det mera troligt att vårdpersonal kommer att möta klienter/patienter som ber dem att tolka deras mättningsdata från olika hälsoapplikationer eller ber om vägledning utgående från deras egeninsamlade hälsodata.

Telemedicin, medicinsk IoT, applikationer för välbefinnande, innovationer för bekämpning av infektionssjukdomar och VR och AR inom hälsovård anses som framtida digitala hälsotrender enligt konsulter och experter. Likaså poängteras att trenderna går från behandlingsfokuserad medicin till förebyggande och prediktiv hälsovård. [44], [50], [61] 3D-teknik och innovativa AI modeller inom medicinsk vård är också branscher som man har stora förväntningar på för hälso- och sjukvården. Idag är 3D-tekniken inte helt implementerad inom hälso- och sjukvården och används endast inom ett fåtal spridda områden [63]. I dagsläget används AI som beslutsstöd inom hälso- och sjukvård. AI används också i tolkar och i receptionsprocessen vid mottagningar eller för att kunna ge svar på enklare frågor dygnet runt [85]. Mycket forskning görs inom AI-förbättrad medicinsk vård, men väldigt lite är än så länge implementerat. Många forskningsstudier saknar designfunktioner som rekommenderas för robust validering av den kliniska prestandan för AI modeller [85], [86]. Ett vanligt problem med AI-implementering inom sjukvården är att det är svårt att förklara hur AI gjorde när det kom fram till en slutsats eller diagnos [88]. Andra trender inom välfärdsteknologi och digital hälsa som lyfts fram i denna publikation är radaravkänning för hälsoövervakning, elektroniska textilier, exoskelett, bärbara biosensorer och elektroniska "tatueringar".

Införande och användande av välfärdsteknik och digital hälsa väcker också etiska frågeställningar som det är viktigt att beakta och vara medveten om [43]. Det finns också fortfarande stora utmaningar och möjligheter till förbättringar av dagens teknik, men förhoppningen är att med hjälp av innovationer skapa nya och bättre sätt att få vård och öka tillgängligheten på vård för alla.

## Litteraturförteckning

- [1] M. Dufva, "MEGATREND 4: Teknologin kopplas till allting", *SITRA*, 06 mars 2020. <https://www.sitra.fi/sv/artiklar/megatrend-4-teknologin-kopplas-till-allting/> (åtkomstdatum 21 december 2022).
- [2] Europarådet, "What's AI?", 2023. <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/what-is-ai> (åtkomstdatum 04 april 2023).
- [3] Europaparlamentet, "Vad är artificiell intelligens och hur används det?", *Nyheter Europaparlamentet*, 29 mars 2021. <https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20200827STO85804/vad-ar-artificiell-intelligens-och-hur-anvands-det> (åtkomstdatum 18 augusti 2022).
- [4] Finansministeriet, "Artificiell intelligens och robotisering", 2022. <https://vm.fi/sv/artificiell-intelligens-och-robotisering> (åtkomstdatum 18 augusti 2022).
- [5] Internet of Things Sverige, "IoT – så funkar det". <https://iotsverige.se/om-oss/iot-sa-funkar-det> (åtkomstdatum 04 april 2023).
- [6] M. Ellis, "What Makes a Smart Device Smart?", *MUO - Make Use Of*, 02 mars 2022. <https://www.makeuseof.com/smart-device-meaning/> (åtkomstdatum 04 april 2023).
- [7] Wikipedia, "Garbage in, garbage out", 28 februari 2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Garbage\\_in,\\_garbage\\_out](https://en.wikipedia.org/wiki/Garbage_in,_garbage_out) (åtkomstdatum 06 mars 2023).
- [8] R. Brynn, "Universal Design and Welfare Technology", i *Universal Design 2016: Learning from the Past, Designing for the Future: Proceedings of the 3rd International Conference on Universal Design (UD 2016), York, United Kingdom, August 21 – 24, 2016*, IOS Press, 2016, s. 335–344. Åtkomstdatum: 07 september 2022. [Online]. Tillgänglig vid: [https://books.google.fi/books?hl=en&lr=&id=rxGhDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA335&dq=Universal+Design+and+Welfare+Technology&ots=TtLjsBHEky&sig=jYBQafg0fcVNLoPOqbCgkVSL8WU&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Universal%20Design%20and%20Welfare%20Technology&f=false](https://books.google.fi/books?hl=en&lr=&id=rxGhDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA335&dq=Universal+Design+and+Welfare+Technology&ots=TtLjsBHEky&sig=jYBQafg0fcVNLoPOqbCgkVSL8WU&redir_esc=y#v=onepage&q=Universal%20Design%20and%20Welfare%20Technology&f=false)
- [9] Socialstyrelsen, "Välfärdsteknik", *Socialstyrelsen*, 20 juni 2022. <https://www.socialstyrelsen.se/kunskapsstod-och-regler/omraden/e-halsa/valfardsteknik/> (åtkomstdatum 07 september 2022).
- [10] B. Andersson, "Välfärdsteknologi", *Nordens välfärdscenter*, 02 mars 2018. <https://nordicwelfare.org/valfardspolitik/valfardsteknologi/> (åtkomstdatum 07 september 2022).
- [11] M. Cuesta, L. German Millberg, S. Karlsson, och S. Arvidsson, "Welfare technology, ethics and well-being a qualitative study about the implementation of welfare technology within areas of social services in a Swedish municipality", *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being*, vol. 15, nr sup1, s. 1835138, dec. 2020, doi: 10.1080/17482631.2020.1835138.
- [12] H. Anttila *m.fl.*, "Kotona asumisen teknologiat ikäihmisille (KATI) 2021-2023. Ohjelma ja hankeopas.", Institutet för hälsa och välfärd, Helsingfors, 2021. Åtkomstdatum: 07 september 2022. [Online]. Tillgänglig vid: <https://stm.fi/documents/1271139/2013549/KATI-ohjelma+ja+hankeopas+1.10.2020.pdf/5ed61131-9eff-c365-94c1-ffb18d74d397/KATI-ohjelma+ja+hankeopas+1.10.2020.pdf?t=1601546051101>
- [13] WHO, "WHO guideline recommendations on digital interventions for health system strengthening", World Health Organization (WHO), Geneva, 2019. Åtkomstdatum: 07 september 2022. [Online]. Tillgänglig vid: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311941/9789241550505-eng.pdf?ua=1>

- [14] EU-kommissionen, "Meddelande om digital vård och omsorg 2018", *Europeiska kommissionen; E-hälsa: digital vård och omsorg*, 2018. [https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/overview\\_sv](https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/overview_sv) (åtkomstdatum 07 september 2022).
- [15] eHälsomyndigheten, "Om begreppet e-hälsa", 08 juni 2022. <https://www.ehalsomyndigheten.se/om-oss/sa-arbetar-vi/om-begreppet-e-halsa/> (åtkomstdatum 18 april 2023).
- [16] F. Hedlund, "Mobilen – din egen hälsoexpert", *Medicinsk Vetenskap*, nr 2, 2015. [Online]. Tillgänglig vid: <https://ki.se/forskning/mobilen-din-egen-halsoexpert>
- [17] Jjuni, "Paraply", *Pixabay*, 29 januari 2016. <https://pixabay.com/sv/vectors/paraply-icke-v%C3%A5t-molnig-molnig-dag-1163700/> (åtkomstdatum 18 april 2023).
- [18] M. Nupponen och T. Härkönen, "Välbefinnandemätningar erbjuder möjligheter till innovativa tjänster", *SITRA*, 15 oktober 2020. <https://www.sitra.fi/sv/artiklar/valbefinnandematningar-erbjuder-mojligheter-till-innovativa-tjanster/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [19] R.-J. Shei, I. G. Holder, A. S. Oumsang, B. A. Paris, och H. L. Paris, "Wearable activity trackers—advanced technology or advanced marketing?", *Eur J Appl Physiol*, vol. 122, nr 9, s. 1975–1990, sep. 2022, doi: 10.1007/s00421-022-04951-1.
- [20] Fitbit, "Fitbit charge 5". <https://www.fitbit.com/global/fi/products/trackers/charge5?sku=421BKBK> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [21] A. Phaneuf, "Latest trends in medical monitoring devices and wearable health technology", *eMarketer - Insider Intelligence*, 15 april 2022. <https://www.insiderintelligence.com/insights/wearable-technology-healthcare-medical-devices/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [22] Garmin, "Vivosmart 5", *Garmin*. <https://www.garmin.com/en-US/p/782585> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [23] Crew, "A person wearing a smartwatch (Apple Watch)", 05 april 2014. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smartwatch-828786.jpg> (åtkomstdatum 13 mars 2023).
- [24] M. Sawh, "Best smart rings: Put a ring on it. We round up the top connected rings out now and coming soon", *Wearable*, 11 oktober 2022. <https://www.wearable.com/fashion/best-smart-rings-1340> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [25] Oura, "Oura Ring Gen3", 2022. <https://ouraring.com/product/horizon-silver> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [26] Circular, "The future of health is on your finger", 2022. <https://www.circular.xyz/shop> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [27] Timo, "My Oura", 12 september 2020. <https://www.flickr.com/photos/timokoo/50334674211/in/photolist-2jFUn1x-rs7nba-qvrEHP-rse2EB-raDGoW-raEGsU-raEHjU-raEEbu-2etYFSe-vUb5ej-2mWrRdG-N9CFpi-PJeyA2-2fG9zbu-2imonLK-N25RvH-MGr9Bj-N9CGj4-MGr9uA-N25RPt-MGr9uW-NuT6g6-Pvvu4Q-2dNzxdz-PPVdjj-2kdwhva-2kdAboL-2ej1TiQ-2fpXTEk-2dNzWlc-wiYHCi-29edrvu-24zVwTK-2kvXkCi-2kvTjtd-2kvXnkr-2kvTL16-Py5iBD-2geoiB9-2geo2it-2kvXUAJ-2j3nKjj-w9Vc28-2j3P1fH-N7fXqo-2kvXnzK-2kvXUCH-2kvXUBf-29edrvE-9kzd4n> (åtkomstdatum 13 mars 2023).
- [28] C. Bégin, J. Berthod, L. Z. Martinez, och M. Truchon, "Use of Mobile Apps and Online Programs of Mindfulness and Self-Compassion Training in Workers: A Scoping Review", *J. technol. behav. sci.*, vol. 7, nr 4, s. 477–515, sep. 2022, doi: 10.1007/s41347-022-00267-1.

- [29] Androidtips, "Apparna för bättre koll på hälsa och välbefinnande", *Androidtips.se*. <https://www.androidtips.se/apparna-for-battre-koll-pa-halsa-och-valbefinnande/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [30] MyTherapy, "Medicin och Piller Påminnare", *Google Play appar*, 25 oktober 2022. <https://play.google.com/store/apps/details?id=eu.smartpatient.mytherapy&hl=sv&gl=US> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [31] MediSafe, "Lääkitys ja Pilleri Muistutus. Pilleri Muistutus ja Seuranta", *App Store*. <https://apps.apple.com/fi/app/l%C3%A4%C3%A4kitys-ja-pilleri-muistutus/id573916946?l=fi> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [32] iHealth, "Smart Pulse Oximeter - iHealth Air (POM3)". <https://ihealthlabs.eu/en/14-smart-pulse-oximeter-ihealth-air-pom3-855111003910.html> (åtkomstdatum 06 mars 2023).
- [33] Oxiline, "Oxiline Pulse X Pro", 2023. <https://oxiline.shop/product/pulse-x-pro/?v=f0aa03aaca95> (åtkomstdatum 09 mars 2023).
- [34] Apple Watch, "Apple Watch Series 7 41 mm GPS", *Gigantti*. <https://www.gigantti.fi/product/puhelimet-tabletit-ja-alykellot/alykellot/apple-watch-series-7-41-mm-gps-tahtival-alu-tahtival-urheilura/368424> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [35] Compudemano, "Oxímetro de pulso iHealth compatible con iPhone.", 09 december 2013. <https://www.flickr.com/photos/compudemano/11298881465>
- [36] A. Capritto och D. Kosecki, "The Best Blood Pressure Monitor for 2022", 30 september 2022. <https://www.cnet.com/health/medical/best-blood-pressure-monitor/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [37] LiveMetric, "Your heart health now on your wrist", *LiveMetric*, 2022. <https://livemetric.net/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [38] Terveyskylä, "Glukoosisensorin toimintaperiaate", 26 april 2022. <https://www.terveyskyla.fi/diabetestalo/diabetes/diabeteksen-seuranta/glukoosisensorointi/glukoosisensorin-toimintaperiaate> (åtkomstdatum 07 november 2022).
- [39] Thirunavukkarasye-Raveendran, "FreeStyle libre am Oberarm und Auslesegerät", 20 september 2018. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FreeStyle\\_libre\\_am\\_Oberarm\\_und\\_Ausleseger%C3%A4t-5.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FreeStyle_libre_am_Oberarm_und_Ausleseger%C3%A4t-5.JPG)
- [40] Suvanto, "Suvanto Dagbok – enkel kommunikation med de närstående ingår alltid!", *Suvanto Care Oy*. <https://www.suvantocare.fi/sv/suvanto-dagbok/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [41] V. Niemijärvi, "Mikä on Onervan viestisovellus?", *Onerva*. <https://onervahoiva.fi/mika-on-onervan-viestisovellus/> (åtkomstdatum 11 november 2022).
- [42] Soenia, "Soenia® Medical Diary", *Soenia*, 2022. <https://soenia.fi/diary/> (åtkomstdatum 09 november 2022).
- [43] Statens medicinsk-etiska råd, "E-hälsa och välfärdsteknik". <https://smer.se/teman/e-halsa-och-valfardsteknik/> (åtkomstdatum 05 januari 2023).
- [44] L. Probstnerová, "Trend News: eHealth", *Altamira*, 29 september 2021. <https://www.altamira.ai/blog/trend-news-ehealth/> (åtkomstdatum 08 november 2022).
- [45] Finlex, *Lag om sekundär användning av personuppgifter inom social- och hälsovården*. 2019. Åtkomstdatum: 05 januari 2023. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2019/20190552>

- [46] Social- och hälsoministeriet, "En ny lag möjliggör effektiv och informationssäker användning av social- och hälsovårdsuppgifter", 25 april 2019. <https://stm.fi/sv/-/uusi-laki-mahdollistaa-sosiaali-ja-terveystietojen-tehokkaan-ja-tietoturvallisen-kayton> (åtkomstdatum 05 januari 2023).
- [47] Social- och hälsoministeriet, "Digitalisaatio terveyden ja hyvinvoinnin tukena. Sosiaali- ja terveystieteiden digitalisaatiolinjaukset 2025", Finlands Statsråd, 5, 2016. [Online]. Tillgänglig vid: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75526>
- [48] Statsrådet, "Kestävää kasvua ja hyvinvointia – Tiekartta 2020–2023 : Terveystieteiden tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kasvustrategia", Finlands Statsråd, Helsingfors, 33, 2020. [Online]. Tillgänglig vid: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162564>
- [49] Sveriges Kommuner och Regioner, "En strategi för genomförande av Vision e-hälsa 2025.", Sveriges Regering och Sveriges Kommuner och Regioner, feb. 2020. Åtkomstdatum: 08 september 2022. [Online]. Tillgänglig vid: <https://ehalsa2025.se/wp-content/uploads/2021/02/Strategin-for-genomforande-av-vision-ehalsa-for-2020-2022.pdf>
- [50] R. Richards, "Rising Trends in Digital Health: 5 Technologies That Will Define the Future of Healthcare", *MassChallenge*, 25 maj 2022. <https://masschallenge.org/article/digital-health-trends>
- [51] evenyatamanenko, "Nainen, joka käyttää tablettia puhuakseen lääkärin kanssa", *iStock*, 28 juni 2020. <https://www.istockphoto.com/fi/valokuva/nainen-joka-k%C3%A4ytt%C3%A4%C3%A4-tablettia-puhuakseen-l%C3%A4%C3%A4k%C3%A4rin-kanssa-gm1239406120-362546072> (åtkomstdatum 18 april 2023).
- [52] L. Fredholm, "Smarta insulinpennor ger läkare chans till bättre dialog", *Läkartidningen*, vol. 15–16, nr 2021, 30 mars 2021. Åtkomstdatum: 24 oktober 2022. [Online]. Tillgänglig vid: <https://lakartidningen.se/aktuellt/nyheter/2021/03/smarta-insulinpennor-ger-lakare-chans-till-battre-dialog/>
- [53] L. Thomas, "What are Smart Inhalers?", *News Medical - Life sciences*, 17 januari 2022. <https://www.news-medical.net/health/What-are-Smart-Inhalers.aspx> (åtkomstdatum 25 oktober 2022).
- [54] Medixine, "Remote patient monitoring", *Medixine Home*, 2022. <https://medixine.com/platform/remote-patient-monitoring/> (åtkomstdatum 25 oktober 2022).
- [55] K. Suomalainen, "Medicinsk behandling och rehabilitering kompletteras med digitala hälsoapplikationer i flera länder i Europa", *SITRA*, 25 november 2021. <https://www.sitra.fi/sv/nyheter/medicinsk-behandling-och-rehabilitering-kompletteras-med-digitala-halsoapplikationer-i-flera-lander-i-europa/> (åtkomstdatum 07 november 2022).
- [56] German Federal Ministry of Health, "Driving the digital transformation of Germany's healthcare system for the good of patients", *Bundesministerium für Gesundheit*, 22 april 2020. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/en/digital-healthcare-act.html> (åtkomstdatum 07 november 2022).
- [57] K. Gebreyes, A. Davis, S. Davis, och M. Shukla, "Breaking the cost curve", *Deloitte Insights*, 09 februari 2021. <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/industry/health-care/future-health-care-spending.html>
- [58] Karuna Labs Inc., "Karuna Home", 2022. <https://karunalabs.com/>
- [59] OxfordVR, "Highly immersive VR environments drive therapeutic learning that transfers to the real world", 2019. <https://oxfordvr.co/how-we-can-help/>
- [60] Peilivision, "Peilivision etusivu", 2022. <https://peilivision.fi/>

- [61] E. Tyburski, "4 Digital Health Trends Coming In 2023", *Forbes*, 14 september 2022. <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2022/09/14/4-digital-health-trends-coming-in-2023/?sh=16d281ae53d7> (åtkomstdatum 25 oktober 2022).
- [62] P. Miettinen, "Klockan räddade då Ulf-Christian Dahlberg föll och slog huvudet.", *Hufvudstadsbladet*, s. 8, 06 oktober 2022.
- [63] Innovationsplattformen, "3D-teknik inom Västra Götalandsregionen. Utredning av behov och användning av 3D-teknik inom hälso- och sjukvården samt tandvården.", Västra Götalandsregionen, jan. 2018. Åtkomstdatum: 27 oktober 2022. [Online]. Tillgänglig vid: [https://www.vgregion.se/siteassets/ovriga\\_webbplatser/innovationsplattformen/3d-teknik-i-varden-i-vgr\\_2018-002.pdf](https://www.vgregion.se/siteassets/ovriga_webbplatser/innovationsplattformen/3d-teknik-i-varden-i-vgr_2018-002.pdf)
- [64] A. Aimar, A. Palermo, och B. Innocenti, "The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art", *Journal of Healthcare Engineering*, vol. 2019, s. 1–10, mar. 2019, doi: 10.1155/2019/5340616.
- [65] V. M. Vaz och L. Kumar, "3D Printing as a Promising Tool in Personalized Medicine", *AAPS PharmSciTech*, vol. 22, nr 1, s. 49, jan. 2021, doi: 10.1208/s12249-020-01905-8.
- [66] Grand View Research, "3D Printed Drugs Market Size, Share & Trends Analysis Report By Technology (Inkjet Printing, Zipdose Technology, Stereolithography), By Application (Orthopedic, Neurology), By End-use, Region, And Segment Forecasts, 2022 - 2030", Report ID: GVR-4-68039-951-6, 2022. Åtkomstdatum: 27 oktober 2022. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printed-drugs-market-report>
- [67] MIT EECS, "Electrical Engineering and Computer Science", *EECS is where the future is invented*, 2023. <https://www.eecs.mit.edu/> (åtkomstdatum 05 januari 2023).
- [68] Z. Winn, "Startup lets doctors classify skin conditions with the snap of a picture", *MIT News*, 06 juni 2022. <https://news.mit.edu/2022/piction-health-skin-app-0706> (åtkomstdatum 07 oktober 2022).
- [69] Piction Health, "The Piction Health Solution", 2021. <https://www.pictionhealth.com/> (åtkomstdatum 07 oktober 2022).
- [70] M. Lewis, "An artificial intelligence tool that can help detect melanoma", *MIT News*, 02 april 2021. <https://news.mit.edu/2021/artificial-intelligence-tool-can-help-detect-melanoma-0402> (åtkomstdatum 07 oktober 2022).
- [71] L. R. Soenksen *m.fl.*, "Using deep learning for dermatologist-level detection of suspicious pigmented skin lesions from wide-field images", *Sci. Transl. Med.*, vol. 13, nr 581, s. eabb3652, feb. 2021, doi: 10.1126/scitranslmed.abb3652.
- [72] FotoFinder, "Whole body documentation for early detection of skin changes", *FotoFinder*. <https://www.fotofinder.de/en/technology/total-body-dermoscopy> (åtkomstdatum 11 november 2022).
- [73] M. Huhta, "Kamera löytää muutokset iholta", *Ilkka-Pohjalainen*, s. 7, 07 oktober 2022.
- [74] R. Liao *m.fl.*, "Multimodal Representation Learning via Maximization of Local Mutual Information", *Med Image Comput Comput Assist Interv*, nr 12902, s. 273–283, 2021, doi: 10.48550/ARXIV.2103.04537.
- [75] D. Adedinsewo *m.fl.*, "Artificial Intelligence-Enabled ECG Algorithm to Identify Patients With Left Ventricular Systolic Dysfunction Presenting to the Emergency Department With Dyspnea", *Circ: Arrhythmia and Electrophysiology*, vol. 13, nr 8, s. e008437, aug. 2020, doi: 10.1161/CIRCEP.120.008437.
- [76] A. H. Ribeiro *m.fl.*, "Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network", *Nat Commun*, vol. 11, nr 1, s. 1760, dec. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-15432-4.



- [77] M. A. Mohammad *m.fl.*, "Development and validation of an artificial neural network algorithm to predict mortality and admission to hospital for heart failure after myocardial infarction: a nationwide population-based study", *The Lancet Digital Health*, vol. 4, nr 1, s. e37–e45, jan. 2022, doi: 10.1016/S2589-7500(21)00228-4.
- [78] M. A. Myszczyńska *m.fl.*, "Applications of machine learning to diagnosis and treatment of neurodegenerative diseases", *Nat Rev Neurol*, vol. 16, nr 8, s. 440–456, aug. 2020, doi: 10.1038/s41582-020-0377-8.
- [79] Y. Yang *m.fl.*, "Artificial intelligence-enabled detection and assessment of Parkinson's disease using nocturnal breathing signals", *Nat Med*, aug. 2022, doi: 10.1038/s41591-022-01932-x.
- [80] D. Ramamoorthy *m.fl.*, "Identifying patterns in amyotrophic lateral sclerosis progression from sparse longitudinal data", *Nat Comput Sci*, vol. 2, nr 9, s. 605–616, sep. 2022, doi: 10.1038/s43588-022-00299-w.
- [81] J.-P. O. Li *m.fl.*, "Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective", *Progress in Retinal and Eye Research*, vol. 82, s. 100900, maj 2021, doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100900.
- [82] KFBIO, "Pathology Knowledge: Whole-slide Imaging - The First Step of Digital Pathology", 13 januari 2022. <https://www.linkedin.com/pulse/pathology-knowledge-whole-slide-imaging-> (åtkomstdatum 04 november 2022).
- [83] Kajsamøllersen, "Whole slide image of H&E stained breast tumour tissue", 10 juni 2022. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Whole\\_slide\\_image\\_of\\_H%26E\\_stained\\_breast\\_tumour\\_tissue.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Whole_slide_image_of_H%26E_stained_breast_tumour_tissue.png) (åtkomstdatum 13 mars 2023).
- [84] B. Bhinder, C. Gilvary, N. S. Madhukar, och O. Elemento, "Artificial Intelligence in Cancer Research and Precision Medicine", *Cancer Discovery*, vol. 11, nr 4, s. 900–915, apr. 2021, doi: 10.1158/2159-8290.CD-21-0090.
- [85] M. Österberg och L. Lindsköld, "AI för bättre hälsa - Rapport om nuläget för en konkurrenskraftig svensk AI inom life science-sektorn", Swelife, 2020. Åtkomstdatum: 05 januari 2023. [Online]. Tillgänglig vid: <https://swelife.se/wp-content/uploads/2020/12/ai-for-battre-halsa-swelife-rapport-20204.pdf>
- [86] D. W. Kim, H. Y. Jang, K. W. Kim, Y. Shin, och S. H. Park, "Design Characteristics of Studies Reporting the Performance of Artificial Intelligence Algorithms for Diagnostic Analysis of Medical Images: Results from Recently Published Papers", *Korean J Radiol*, vol. 20, nr 3, s. 405, 2019, doi: 10.3348/kjr.2019.0025.
- [87] L. Petersson *m.fl.*, "Challenges to implementing artificial intelligence in healthcare: a qualitative interview study with healthcare leaders in Sweden", *BMC Health Serv Res*, vol. 22, nr 1, s. 850, dec. 2022, doi: 10.1186/s12913-022-08215-8.
- [88] K. Mirin, "Implementation of AI in Healthcare: Challenges and Potential", *Postindustria*, 02 december 2021. <https://postindustria.com/implementation-of-ai-in-healthcare-challenges-and-potential/> (åtkomstdatum 10 januari 2023).
- [89] F. Fioranelli och J. LeKernec, "Contactless Radar Sensing for Health Monitoring", i *Engineering and Technology for Healthcare*, 1:a uppl. Wiley, 2021, s. 29–59. doi: 10.1002/9781119644316.
- [90] Sleepiz AG, "Sleepiz One+", *Remote Patient Monitoring*, 2022. <https://sleepiz.com/remote-patient-monitoring-rpm/> (åtkomstdatum 28 oktober 2022).

- [91] Infineon, "Infineon and Sleepiz enable high-precision sleep monitoring at home based on radar technology", 10 mars 2022. <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2022/INFX202203-062.html> (åtkomstdatum 28 oktober 2022).
- [92] Novainvent, "Wearables och smarta textilier", *Novainvent*, 01 juni 2018. <https://www.novainvent.com/?p=140> (åtkomstdatum 04 november 2022).
- [93] K. Yang, B. Isaia, L. J. E. Brown, och S. Beeby, "E-Textiles for Healthy Ageing", *Sensors*, vol. 19, nr 20, s. 4463, okt. 2019, doi: 10.3390/s19204463.
- [94] Hexoskin (Health sensors & AI), "Hexoskin", 2022. <https://www.hexoskin.com/> (åtkomstdatum 31 oktober 2022).
- [95] A. Boehm, X. Yu, W. Neu, S. Leonhardt, och D. Teichmann, "A Novel 12-Lead ECG T-Shirt with Active Electrodes", *Electronics*, vol. 5, nr 4, s. 75, nov. 2016, doi: 10.3390/electronics5040075.
- [96] HeartIn, "HeartIn Let's keep hearts ticking!", 2022. <https://heartin.net/#about-2> (åtkomstdatum 04 november 2022).
- [97] S. Klug, "Smart textil ska hjälpa äldre hantera långvarig smärta", 30 september 2021. <https://www.hb.se/om-hogskolan/aktuellt/nyhetsarkiv/2021/september/smart-textil-ska-hjalpa-aldre-hantera-langvarig-smarta/>
- [98] Indego, "Indego Exoskeleton", 2023. <https://www.indego.com/indego/us/en/home> (åtkomstdatum 13 mars 2023).
- [99] Folkhälsan, "Rehabilitering med gångroboten Indego", 2023. <https://www.folkhalsan.fi/landing/indego/>
- [100] Meditas, "AUXIVO LIFTSUIT® -nostopuku", *Meditas Oy*, 2022. <https://www.meditas.fi/auxivo-liftsuit> (åtkomstdatum 11 november 2022).
- [101] Auxivo, "LiftSuit 2 Support, Anytime, Anywhere", *Auxivo AG*. <https://www.auxivo.com/liftsuit> (åtkomstdatum 11 november 2022).
- [102] gorodenkoff, "Moderni sairaalan fysioterapia: Vammaisen potilas kävelee juoksumatolla yllään kehittyneet robotti-eksoskeletonin jalat. Fysioterapia kuntoutustekniikka, joka saa vammaisen kävelemään. Keskity jalkoihin", *iStock*, 23 augusti 2021. <https://www.istockphoto.com/fi/valokuva/moderni-sairaalan-fysioterapia-vammaisen-potilas-k%C3%A4velee-juoksumatolla-yll%C3%A4%C3%A4n-gm1335020215-416920383?phrase=exoskeleton> (åtkomstdatum 18 april 2023).
- [103] S. Ye, S. Feng, L. Huang, och S. Bian, "Recent Progress in Wearable Biosensors: From Healthcare Monitoring to Sports Analytics", *Biosensors*, vol. 10, nr 12, s. 205, dec. 2020, doi: 10.3390/bios10120205.
- [104] J. Kim, A. S. Campbell, B. E.-F. de Ávila, och J. Wang, "Wearable biosensors for healthcare monitoring", *Nat Biotechnol*, vol. 37, nr 4, s. 389–406, apr. 2019, doi: 10.1038/s41587-019-0045-y.
- [105] TT1 Products Inc., "Supersapiens", 2022. <https://www.supersapiens.com/en-DE/system/> (åtkomstdatum 04 november 2022).
- [106] Jacobs School of engineering, "MULTI-TASKING WEARABLE CONTINUOUSLY MONITORS GLUCOSE, ALCOHOL, AND LACTATE", *UCSanDiego Jacobs School of Engineering*, 09 maj 2022. <https://jacobsschool.ucsd.edu/news/release/3449> (åtkomstdatum 04 november 2022).
- [107] F. Tehrani *m.fl.*, "An integrated wearable microneedle array for the continuous monitoring of multiple biomarkers in interstitial fluid", *Nat. Biomed. Eng*, maj 2022, doi: 10.1038/s41551-022-00887-1.

- [108] Medtech Pulse, "Medical Technology in a tattoo", 13 juli 2022.  
<https://www.medtechpulse.com/article/insight/medical-technology-in-a-tattoo>
- [109] D. Kireev *m.fl.*, "Continuous cuffless monitoring of arterial blood pressure via graphene bioimpedance tattoos", *Nat. Nanotechnol.*, vol. 17, nr 8, s. 864–870, aug. 2022, doi: 10.1038/s41565-022-01145-w.
- [110] L. M. Ferrari, U. Ismailov, J.-M. Badier, F. Greco, och E. Ismailova, "Conducting polymer tattoo electrodes in clinical electro- and magneto-encephalography", *npj Flex Electron*, vol. 4, nr 1, s. 4, dec. 2020, doi: 10.1038/s41528-020-0067-z.
- [111] Graz University of Technology, "Brain signal measurement using printed tattoo electrodes", *TechXplore*.  
<https://techxplore.com/news/2020-05-brain-tattoo-electrodes.html> (åtkomstdatum 04 november 2022).
- [112] M. Long, "Get Inked: How Tattoos Are Being Used for Medical Purposes", *Electropages*, 22 maj 2020.  
<https://www.electropages.com/blog/2020/05/get-inked-how-tattoos-are-being-used-medical-purposes> (åtkomstdatum 04 november 2022).