

DE WERELD VAN MORGEN

De impact van technologie op ons leven, wonen en werken



REGISTREER JE OP:
DWVM.EU



RICHARD VAN HOOIJDONK

INHOUD

INLEIDING	11	6 DUURZAAMHEID	236
1 GEZONDHEID	12	Duurzaamheid in de wereld van morgen	238
De toekomst van de gezondheidszorg	14	Zonne-energie	248
Je bionische lichaam: van mens naar cyborg	36	Wind	252
Het eeuwige leven	66	Grondstoffen uit de ruimte	253
2 WONEN	82	Uitdagingen	254
De slimme woning	84	De circulaire economie	256
De voorspelbare stad	102	7 VEILIGHEID	258
Onder water, onder de grond of op een andere planeet	120	Van hacker tot terrorist	262
3 VERVOER EN REIZEN	130	Motieven van hedendaagse hackers	263
Zelfrijdend over de weg	132	Cybercrime is meer dan cybermisdaad	266
De chauffeurloze wereld	148	Maatregelen voor de veiligheid van morgen	275
Ruimtereizen	151	8 WELVAART	280
Toekomstige vakanties	153	Het basisinkomen	282
4 WERK	156	Armoede de wereld uit	288
Werk verandert	158	Relaties met robots	291
Banen die verdwijnen	163	De risico's van kunstmatige intelligentie	294
Banen die komen	172	9 SLEUTELS	298
Vaardigheden van de toekomst	176	Veranderen is menselijk	300
De robots komen eraan	180	De 'omega generatie'	303
5 LEREN	196	Experimenteren met de toekomst	307
Onderwijs verandert	198	Samenwerken als fundament	309
Soft skills	206	Mindset als basis voor verandering	311
Hard skills	210	De overheid van de toekomst	313
Nieuwe leersystemen	226	BRONNENLIJST	316
Robots in de klas	230		



INLEIDING

De wereld verandert in snel tempo. Robots maken straks deel uit van ons leven, we krijgen er zelfs een relatie mee. We wonen in slimme woningen en steden en gebruiken zelfrijdende solarauto's die zó uit een 3D-printer rollen. Ook kennen we geen verkeersongevallen meer. Bovendien gaat onze gezondheid sterk vooruit omdat sensoren in ons lichaam ons tijdig op ernstige ziekten wijzen; we kunnen straks bijvoorbeeld een hartaanval voorspellen. Als we deze aarde over een paar honderd jaar onverhoopt moeten verlaten is leven op Mars wellicht een alternatief. De rode planeet wordt in ieder geval een populaire vakantiebestemming.

In 1750 werden we hooguit 35 jaar; nu worden we gemiddeld 80. Als je deze ontwikkeling doortrekt, worden mijn kinderen Tim, Zen, Jaden en Sterre vast en zeker ouder dan 200 jaar. Voor hen ligt zelfs onsterfelijkheid binnen bereik. Bovendien zullen zij in de toekomst geen betaalpasjes meer gebruiken; hun boodschappen worden automatisch afgerekend als ze de winkel uitlopen. Al zullen ze daar niet vaak komen, omdat je alles wat je nodig hebt thuis kunt printen. Ook een rijbewijs is in de toekomst niet meer nodig, omdat zelfrijdende auto's overal beschikbaar zijn.

De snelheid waarmee technologie ons leven verandert is opmerkelijk. Het voelt een beetje als dansen op een vulkaan die elk moment kan uitbarsten. We hebben straks meer welvaart, betere gezondheid voor iedereen en onbeperkte intelligentie waar we alle problemen in de wereld mee kunnen oplossen.

De wereld van morgen maken we met elkaar. Dus moeten we ons voorbereiden op grote veranderingen en bereid zijn deze te accepteren. Veel taken en banen zullen veranderen of verdwijnen. Het basisinkomen biedt ruimte om het leven opnieuw in te vullen en zorgt ervoor dat we meer tijd beschikbaar hebben voor familie en zaken die er echt toe doen in het leven. Door technologie in te zetten kunnen we ook waardevoller werk verrichten. Ik ben er zeker van dat we daar ook gelukkiger van worden.

Ik heb dit boek met veel plezier geschreven voor vaders, moeders, managers, docenten, kinderen, CEO's, ministers, sporters, rechters, ambtenaren, studenten, hoogleraren, trendwatchers, opa's en oma's. De vele voorspellingen, voorbeelden en cases geven een goed beeld van de wereld van morgen; een wereld die er sneller zal zijn dan wij allemaal denken.

Ik wens je veel leesplezier en inspiratie.

Richard van Hooijdonk

1

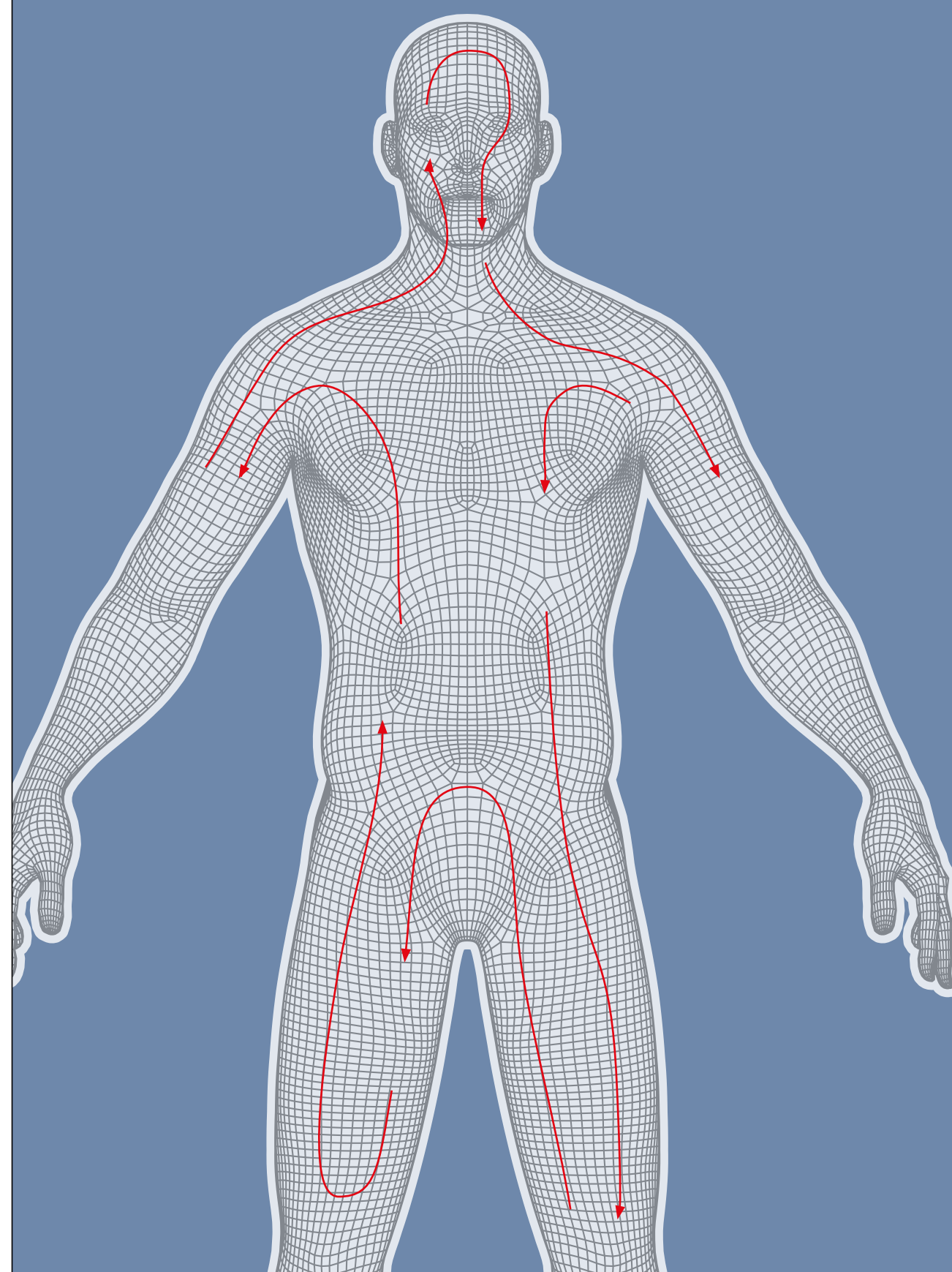
GEZONDHEID

Gezond op weg naar
1000 jaar leven



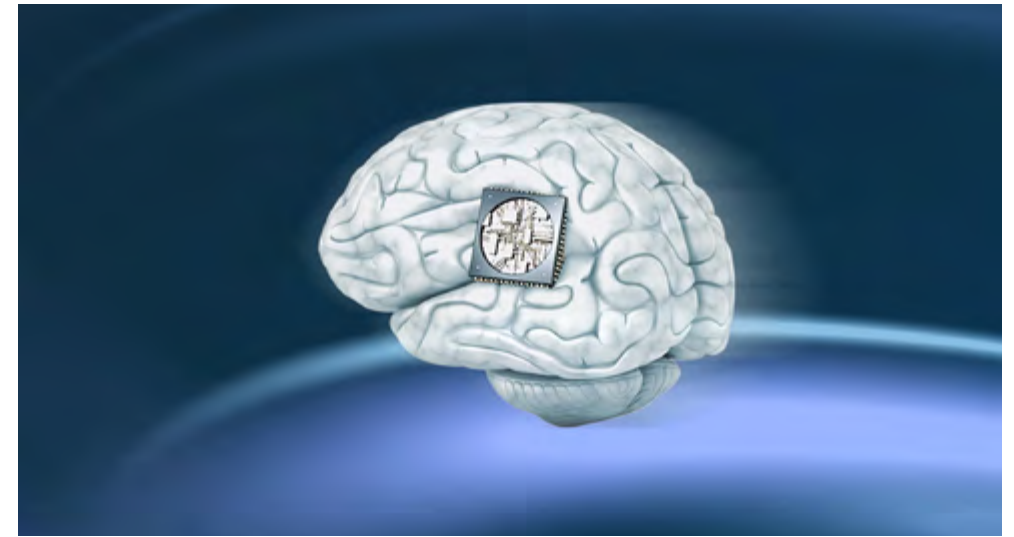
JE BIONISCHE LICHAAM: VAN MENS NAAR CYBORG

Ons lichaam weet hoe het zichzelf kan herstellen, zodat je langer leeft. Naarmate onze leeftijd vordert, houden de systemen die nieuwe lichaamscellen aanmaken er echter een voor een mee op. Tot we uiteindelijk sterven aan ouderdom of daaraan gerelateerde kwalen. Niets aan te doen. Dat is de koers die het leven volgt. Tot nu toe dan, want dit is in razend tempo aan het veranderen. Over niet al te lange tijd kunnen we onze lichaamscellen vervangen, ook als ze al aan het afsterven zijn. Zou onsterfelijkheid in de toekomst mogelijk zijn? Er zijn veelbelovende ontwikkelingen en resultaten waarmee we stappen in de goede richting kunnen zetten. In dit hoofdstuk neem ik je mee op een boeiende reis langs nieuwe mogelijkheden onze gezondheid verbeteren.



Ik neem je mee op een reis door het lichaam van de toekomst. Inwendig en uitwendig. Ik begin bij onze hersenen. Het brein bestaat uit triljoenen verbindingen tussen de verschillende hersenonderdelen, bijvoorbeeld tussen de voorhersenen en de zogeheten pariëtale kwabben. Deze laatste zijn acief bij het uitvoeren van denktaken. Soms gebeuren er wel eens ongelukken op ons hersensnelwegennet. Om de gevolgen daarvan op te vangen, is de ontwikkeling van verschillende hersenchips in volle gang. In Amerika werkt prof. Theodore Berger aan een chip die de functie van beschadigde hersencellen bij Alzheimerpatiënten kan overnemen, zodat zij dingen weer kunnen onthouden en een normaal leven kunnen leiden. Diezelfde chip kan de last van traumatische gebeurtenissen, van oorlogsveteranen bijvoorbeeld, wegemen. En zo zijn er nog veel meer toepassingen. ADHD-patiënten hoeven geen ritalin meer in te nemen als ze hun hersenen via een speciale app stimuleren en daardoor focus krijgen. Maar met zo'n chip of een alternatieve verbinding met je brein, kun je straks ook met je gedachten een auto besturen of een deur opendoen.

Op langere termijn kunnen bionische ogen blinden weer laten zien, misschien wel beter dan mensen met gezonde ogen. Een infraroodfunctionaliteit zorgt ervoor dat ze ook 's nachts perfect zicht hebben. Met lensimplantaten kun je door te knippen met je ogen video-opnamen maken of medische gegevens weergeven op het netvlies. Ze kunnen ook met andere objecten en apparaten communiceren. Ontwikkelingen gaan zo snel, dat nieuwe technologieën soms alweer achterhaald zijn of moeten concurreren met andere technieken. Op de langere termijn zorgen ontwikkelingen in de nanotechniek ervoor dat microscopische nanorobots door ons lichaam reizen en ons weefsel molecuul na molecuul herstellen en regenereren. Deze technologie kan ons wellicht van alle ziekten afhelpen, en de fysieke samensmelting van mens en machine is dan echt een feit. Mensen bij wie dat is gebeurd noemen we cyborgs. We staan aan het begin van een nieuw tijdperk, waarin nieuwe technologieën uiteindelijk voor iedereen beschikbaar komen. Zo kunnen we allemaal gezond ouder worden en misschien zelfs onsterfelijk.



EEN CHIP IN JE HOOFD

Een chip in je hersenen. De één vindt het eng, de ander kan niet wachten om zijn brein te laten communiceren met apparaten en databanken die over alle informatie beschikken die we nodig hebben. Hoe geweldig zou het zijn om binnen enkele minuten een vreemde taal te leren, je hersenen na een drukke werkdag een oppepper te geven en herinneringen aan je ex definitief te wissen? Of om voor eens en altijd af te rekenen met dementie, Alzheimer en andere hersenziekten?

Sciencefiction? Niet echt. Deze techniek is al meer dan een halve eeuw oud. José Delgado plaatste in 1963 al een hersenchip in een stier, omdat hij benieuwd was of hij de hersenen van het dier kon besturen. Op een Spaanse ranch daagde hij de stier uit en drukte op een primitieve afstandsbediening als het dier hem wilde aanvallen. Het werkte. De stier brak zijn aanval af.

Nu al bewijst de hersenchip zijn nut bij de experimentele behandeling van epilepsie en Parkinson. De resultaten zijn hoopgevend. Ik leg je graag uit hoe het werkt. Onze hersenen bestaan uit verschillende cellen. Neuronen of zenuwcellen zorgen ervoor dat onze zintuigen doen wat ze moeten doen en dat we kunnen denken. Dit betekent dat ze volop met elkaar moeten communiceren. Wanneer we willen dat deze hersenprikkelers kunnen 'praten' met apparaten, hebben we een soort antenne (elektrode) nodig die de prikkelers opvangt en doorstuurt naar een geïmplanteerde hersenchip. Die kan corrigerende prikkelers terugsturen naar het brein. Het klinkt simpel, maar in de praktijk is een kleine kans aanwezig dat het implanteren van een

hersenchip de hersenen beschadigt. Het is wel een kostbare operatie, die alleen een gekwalificeerd en dus duur chirurgisch team mag uitvoeren. Je begrijpt dat daar – als het ethisch gezien al mag – ook allerlei regels en vergunningen voor nodig zijn. Implantaten zijn voorlopig echt nodig om bijvoorbeeld mini-reparatie-robotjes te activeren die beschadigd hersenweefsel kunnen herstellen. Gelukkig zijn er alternatieven. Ook via elektroden op het hoofd (EEG) is het mogelijk – door de schedel heen – hersenprikkelers te meten, corrigeren en terug te sturen naar het brein. Een andere manier is het injecteren van ultradunne draadjes in de hersenen, zonder dat een operatie nodig is. Een klein deel van de draadjes blijft op het hoofd zitten, waardoor ze gemakkelijk zijn aan te sluiten op een computer. Met deze relatief ongevaarlijke methode is het, zo verwachten wetenschappers, zelfs mogelijk de zenuwcellen zodanig te beïnvloeden dat ze de prikkelers die aandoeningen als Parkinson, epilepsie, schizofrenie en depressies veroorzaken niet meer versturen. Welke methode beter werkt – de geïmplanteerde hersenchip of een van de uitwendige alternatieven – is in dit stadium nog niet te zeggen.

De voordeur openen met je hersenen

De motorcortex is een nauwkeurig in kaart gebracht gebied in de hersenen dat zorgt voor de aansturing van de spieren. Per persoon is precies vast te stellen welk deel van de motorcortex zorgt voor het bewegen van de hand. Wanneer een hand beweegt, zijn de zenuwcellen (neuronen) actief. Een antenne (elektrode) kan deze beweging opvangen en doorsturen naar een deur met een elektrisch slot. Door uitsluitend te denken aan het bewegen van je hand, kun je dan een deur openen.

Natuurlijk is het leuk als je dankzij een hersenchip of met de computer verbonden draadjes deuren kunt openen of leerstof snel kunt opnemen. Veel belangrijker is het dat nieuwe technologieën een einde kunnen maken aan allerlei hersenziekten waartegen nu nog weinig te doen is. Alzheimerpatiënten hebben een beschadigde hersencel, waardoor ze steeds minder nieuwe herinneringen kunnen opslaan in het langetermijngeheugen. Prof. Theodore Berger (Universiteit van Californië) werkt aan een chip die de functie van die cel overneemt, waardoor het geheugen van de patiënten weer functioneert. Na testen op apen en ratten is de volgende stap om de toepassingen op mensen te testen. Niet alleen Alzheimerpatiënten, maar soldaten of anderen die een traumatische gebeurtenis hebben meegemaakt zullen deze chip zien als een groot

geschenk. Lang hoeven ze wellicht niet te wachten, want nu al werkt DARPA (het onderzoeksinstituut van het Amerikaanse ministerie van Defensie) aan een speciale chip die de gevolgen van posttraumatische stressstoornis (PTSS) wegneemt.

Er is nog meer goed nieuws. Mensen met ADHD kunnen in de toekomst het medicijn ritalin laten staan. Door hun hersenen te stimuleren via een speciale app krijgen ze focus en dus rust. Ook voor eindexamenkandidaten is dit dé oplossing. Zij kunnen nervositeit onder controle krijgen en daardoor de beste resultaten halen. Mijn zoon Tim is nu vijftien jaar. De afgelopen veertien jaar heeft hij ondanks zijn medicijnen hevige epilepsieaanvallen gehad en is hij vele malen met ambulances naar het ziekenhuis gebracht. Het gaat nu veel beter met hem, maar het doet mij goed te weten dat we de hersenschade die bij hem is aangericht in de wereld van morgen gewoon kunnen voorkomen met een chip die de zorgverzekeraar betaalt. Deze nieuwe toepassingen zorgen voor een flinke besparing op de zorgkosten.

Veel mensen raken door ongevallen en beroertes (gedeeltelijk) verlamd. In de nabije toekomst kunnen de hersenen dankzij een hersenchip of verbinding van het brein met de computer een signaal naar de verlamde ledematen (of een prothese) sturen. De patiënt kan deze ledematen daardoor met zijn gedachten besturen. We noemen dat een 'neurale omleiding'. Mensen kunnen niet alleen hun benen, armen en handen bewegen, maar ook kleine voorwerpen vastpakken en zelfs het gevoel in hun vingers en tenen terugkrijgen.

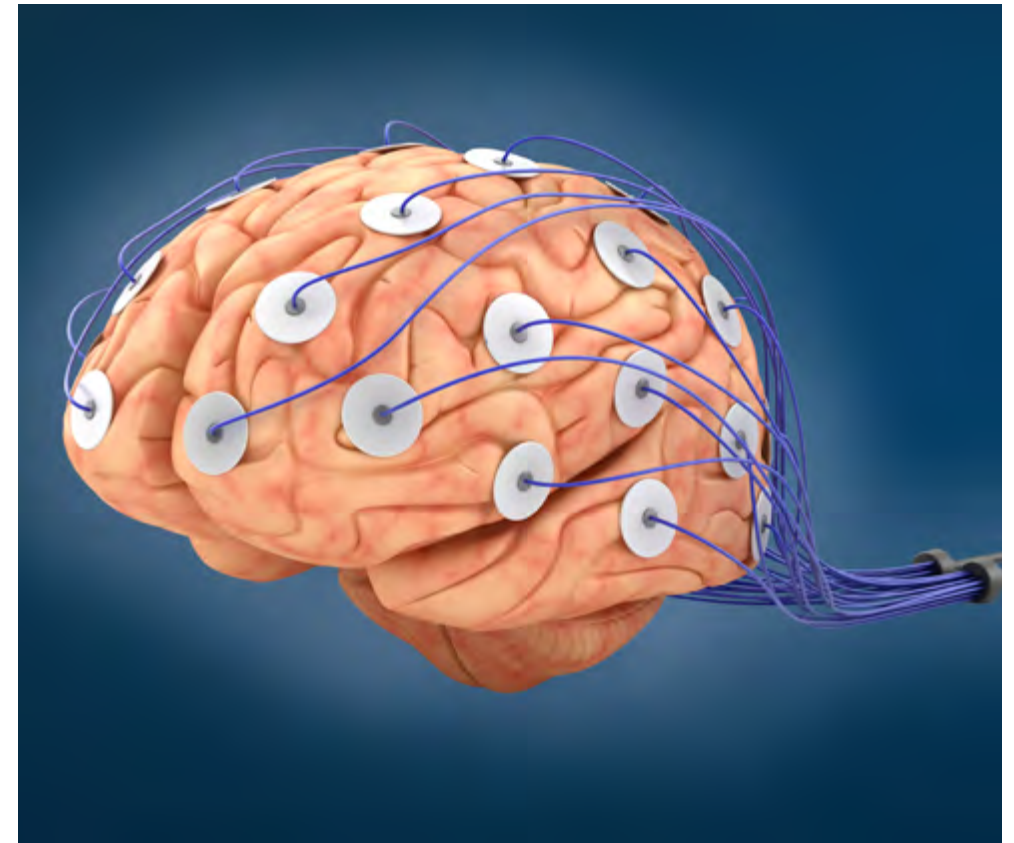


Dankzij elektroden kan een verlamde vrouw weer communiceren

Hanneke de Bruijne (59), moeder van drie kinderen, krijgt in 2008 te horen dat ze de spierziekte ALS heeft. Enkele jaren later is ze volledig verlamd. Ze kan alleen nog communiceren door met haar ogen te bewegen, maar ook die mogelijkheid verliest ze. De Britse onderzoeker en neurochirurg Nick Ramsey – al sinds de jaren tachtig werkzaam in het UMC in Utrecht – implanteert bij Hanneke in 2016 elektroden vlak onder haar schedel en op het oppervlak van de hersenen. De elektroden vangen signalen in de hersenen op en brengen die draadloos, via een zender, over op een tablet. Na veel oefenen, eerst met eenvoudige bewegingen, vervolgens met het computerspelletje Pong en daarna met typen op het toetsenbord van haar tablet, lukt het Hanneke uiteindelijk ongeveer een woord per minuut te typen. Ze gebruikt het systeem nu een jaar, een paar keer per week. Ook al weet de Brabantse dat de vooruitzichten niet goed zijn, toch blijft ze optimistisch. Haar droom is haar rolstoel weer zelf te kunnen bedienen. “Het is bijzonder om de eerste te zijn en ik wil graag bijdragen aan mogelijke vooruitgang voor mensen als ik.”

Verlamde man kan dankzij hersenimplantaat weer zelfstandig eten en drinken

Bill Kochevar (56) uit Cleveland, Ohio, raakt in 2006 tijdens een fietsongeluk ernstig verlamd. In 2014 plaatsen chirurgen twee sensoren in zijn hersenen. Dankzij deze baanbrekende technologie is Kochevar nu weer in staat onder meer zelf te eten en drinken. Het systeem is deel van een onderzoeksproject van het BrainGate-systeem dat spierfuncties bij mensen met verlamming en beperkte mobiliteit herstelt. De door chirurgen op Kochevars hersenoppervlak geïmplanteerde elektrode-arrays, beide zo groot als een kinderaspirientje, registreren hersensignalen wanneer hij zich inbeeldt dat hij zijn arm en hand beweegt. Deze signalen gaan naar een computer, die de opdracht omzet in een elektrische impuls die vervolgens 36 elektroden in hand, pols, arm, elleboog en schouder stimuleert. Na 45 weken oefenen kan Kochevar alle gewrichten in zijn rechterarm met zijn gedachten besturen.



De hersenchip maakt nog veel meer mogelijk. Californische studenten zijn er eind 2016 in geslaagd een Tesla te laten bewegen op hersenactiviteit, door EEG-sensoren op het hoofd van de ‘chauffeur’ aan te brengen. Deze hoefde alleen maar aan de woorden ‘go’ of ‘stop’ te denken om de auto te laten rijden of remmen. De volgende stap is een auto ook echt besturen met pure hersenkracht. Hetzelfde geldt voor bijvoorbeeld drones, spelcomputers of koffiezetapparaten. In feite leest de chip of de app jouw gedachten. Onderzoekers zijn al in een vergevorderd stadium met het ontwikkelen van computerprogramma’s die in staat zijn onze gedachten – door hersenactiviteit en gehoorcentrum te koppelen – ‘leesbaar’ te maken voor anderen. Zo kun jij de gedachten lezen van je dochter, vrouw, man, vriend of vriendin. Een fantastische ontwikkeling, tenminste als er ook een ingebouwde mogelijkheid is om gedachten voor jezelf te houden. Ik verheug me op het idee dat we onze dromen kunnen opnemen en later kunnen afspelen, zodat we ze nooit meer hoeven te vergeten. Experimenten tonen aan dat dit straks kan!

Liegen kan in 2030 niet meer

De huidige methode om leugens te ontmaskeren is onbetrouwbaar en eenvoudig te omzeilen door hartslag, transpiratie en ademhaling op een bepaald peil te houden. Video's op YouTube laten precies zien hoe dat moet. Technieken om hersenen te lezen (fMRI) zijn de laatste jaren sterk verbeterd. Scanners meten veranderingen in de manier waarop het bloed door de hersenen stroomt en kunnen met 85 procent zekerheid aangeven of iemand de waarheid spreekt. Nederlandse rechtbanken geven inmiddels aan deze methode serieus te overwegen zodra de betrouwbaarheid boven de 90 procent komt. De weg naar superieure leugendetectie ligt dus open. Het werk van de politie zal in de wereld van morgen een stuk efficiënter en effectiever zijn.

Elkaars gedachten kunnen lezen betekent ook dat we telepathisch met elkaar kunnen communiceren. Tijdens een experiment van neuroloog Pascual-Leone (Starlab



in Barcelona) blijkt dat acht proefpersonen die op een computer zijn aangesloten, met behulp van elektroden op hun hoofd, berichten over grote afstanden naar elkaar kunnen verzenden. Dit kan door hun hersengolven te registreren, deze om te zetten in een binaire code en via e-mail te versturen naar de ontvanger; in dit geval dus een andere deelnemer aan het onderzoek. Deze persoon ziet via de EEG-elektroden lichtflitsen in een bepaalde volgorde, waardoor hij ze kan interpreteren en omzetten in woorden. Pascual-Leone zegt daarover: "Doordat we erin zijn geslaagd mensen op afstand met elkaar te laten communiceren, zonder gebruik te maken van traditionele communicatiemethoden als spreken of gebarentaal, ben ik ervan overtuigd dat onze hersenen over niet al te lange tijd direct met elkaar communiceren." Mark Zuckerberg van Facebook is het daarmee eens en verwacht dat smartphones en pc's in de toekomst niet meer nodig zijn. Dan communiceren breinen zonder tussenkomst van deze apparatuur met elkaar en kunnen we anderen toestemming geven onze hersenen 'binnen te gaan'.

Experimenten met apen laten zien dat we misschien ons langetermijngeheugen kunnen uitbreiden door aan de hippocampus – het deel van de hersenen dat hierover gaat – een soort extra harde schijf toe te voegen. Dit doet me weer denken aan prof. Berger, wiens team in 2016 hersenchips in apen implanteerde. De bedoeling was hen afbeeldingen te laten zien en te registreren hoeveel ze er herkenden, om vervolgens met behulp van medicijnen tijdelijk hun hippocampus uit te schakelen. Ze konden zich daarna niets meer herinneren, maar nadat de hersenchip de afbeeldingen had doorgestuurd naar de prefrontale cortex (die de herkenning in het brein regelt) beschikten de apen over een beter geheugen dan ooit tevoren. De proef bewijst dat het omzeilen van de hippocampus betere resultaten oplevert bij apen, maar waarschijnlijk ook bij jou en mij. Ik word helemaal enthousiast als ik bedenk dat we via een persoonlijke hersenapp alle kennis die nodig is voor een baan kunnen uploaden en vervelende herinneringen kunnen wissen. De app kan je ook het gevoel geven dat je met vakantie bent geweest, zodat je niet echt weg hoeft om datzelfde ontspannen gevoel te kunnen oproepen.

Ik beseft dat het allemaal heel mooi klinkt, maar er zijn ook kanttekeningen te plaatsen. De belangrijkste is misschien wel dat de hersenchip in de beginfase niet voor iedereen beschikbaar zal zijn en er dus ongelijkheid ontstaat. Wie welvarend is zal ervan kunnen profiteren, anderen komen pas veel later aan de beurt. Vooral technologiebedrijven kunnen hun eigen regels hanteren en bepaalde mensen uitsluiten. Toestemming geven jouw data voor andere doeleinden te laten gebruiken als betaling kan leiden tot misbruik. Van bepaalde gedachten wil je niet dat ze bij je baas, je familie of de Belastingdienst terechtkomen.

Of dat meteen gaat lukken is de vraag. Sommige mensen vinden het moeilijk de toekomstige veranderingen te accepteren, ze twijfelen aan het nut van nieuwe technologieën of zijn bang hun privacy of de controle over hun eigen wil en lichaam te verliezen. Anderen hebben moeite met het begrijpen van de nieuwe tijd. De overgang naar internet en smartphone hebben zij nog wel kunnen maken, maar de volgende stappen zijn voor hen echt te groot en gaan te snel. Zij haken af. Niet alleen ouderen, ook bijna een kwart van de jongvolwassenen en laagopgeleiden tussen 18 en 35 jaar heeft op dit gebied begeleiding nodig.

Hoe snel de ontwikkelingen in werkelijkheid gaan, kan niemand zeggen. De overkant is vaag in zicht, maar wanneer we de bestemming bereiken, is nog onbekend. Bijvoorbeeld de vrouw die vraagt of de hersenchip er snel genoeg is om de Alzheimer van haar moeder te stoppen, kan ik geen antwoord geven. Er is nog veel onderzoek nodig, ook al is er sprake van een exponentiële versnelling in de ontwikkeling van deze technologie. Bovendien moeten we rekening houden met de vertraging als gevolg van verouderde wet- en regelgeving en een langzame overheid. Die moet daar snel wat aan doen om te zorgen dat het huidige aantal van 140.000 Alzheimerpatiënten in Nederland (wereldwijd 24 miljoen) in 2050 niet is verdubbeld.

Ik geef per jaar meer dan 300 lezingen en merk vanuit de zaal dat de positieve reacties op nieuwe technologie de laatste jaren sterk toenemen. Mensen zien kansen en zijn bereid hun denken aan te passen. Vijf jaar geleden dacht nog maar een enkeling dat de hersenchip er zou komen, nu is dat al bijna een derde. Er zijn mensen die vinden dat de natuur haar gang moet kunnen gang en wij niet met technologie mogen ingrijpen. Maar geldt dat dan ook voor technologie die hersenziekten voorkomt of te behandelt? Ook vragen wij ons af of de mens in een wereld van slimme robots nog wel bestaansrecht heeft en of hersenchips onze beslissingen beïnvloeden. En bepalen we straks zelf nog waar we gaan wonen, wat we eten, welke baan we kiezen en of en hoeveel kinderen we willen?

Mensen redeneren altijd vanuit hun eigen ervaringen en baseren daarop hun eigen model van de wereld. Met die waarden kijken ze naar de toekomst en bepalen ze wat goed is of niet. Om nieuwe inzichten te krijgen, is het misschien een goed idee als je jouw ideeën over de wereld van morgen ook vanuit andere modellen en invalshoeken bekijkt, bijvoorbeeld die van je kinderen, patiënten, wetenschappers of politici. Door te weten hoe anderen denken, kun je problemen en uitdagingen beter begrijpen, beoordelen en oplossen.



ZIEN, HOREN, PROEVEN EN RUIKEN 2.0

Ogen

De wereld telt zo'n 40 miljoen blinden en 124 miljoen mensen met een aandoening die het gezichtsvermogen beperkt. Op de langere termijn is er hoop dat bionische ogen ervoor kunnen zorgen dat zij (weer) kunnen zien. Het onderzoek hiernaar staat nog in de kinderschoenen, maar als dit is afgerond, beschikt deze groep zelfs over bovenmenselijke capaciteiten. Dankzij minuscule stukjes technologie en een infraroodfunctionaliteit kunnen zij 's nachts goed zien. Lensimplantaten maken het voor iedereen mogelijk video-opnamen te maken met je ogen of medische gegevens zoals bloedwaarden en hartslag weer te geven. Door die techniek te combineren met 'augmented reality' (AR), ofwel een digitale laag informatie over de werkelijkheid, krijgen ze meteen informatie over objecten waar ze naar kijken. Het Internet of Things (waarbij verschillende apparaten verbonden zijn met het internet en met elkaar communiceren) is dan zo gewoon, dat de bionische ogen als vanzelf met andere apparaten communiceren.

Jeroen Peek kan weer zien

In 2016 sprak ik Jeroen Peek tijdens een televisieprogramma van RTL. Hij heeft een boeiend verhaal: retina- of netvlieschips zijn de enige 'bionische ogen' die door de FDA goedgekeurd en commercieel beschikbaar zijn. Het door Second Sight in Californië ontwikkelde hightech bril-en-chip-systeem, Argus II, kan het gezichtsvermogen van mensen die lijden aan maculadegeneratie (waarbij het gezichtsvermogen steeds verder maar niet helemaal achteruitgaat) tot op zekere hoogte herstellen. Argus II is een tweedelig systeem dat bestaat uit een reeks minuscule lensimplantaten en een speciale bril met camera, waarvan de in elektrische signalen omgezette beelden draadloos naar het implantaat gaan. De elektroden activeren het netvlies en sturen de prikkels naar de oogzenuw. De hersenen maken daar visuele patronen van. De gebruiker kan daardoor vormen, bewegingen en licht waarnemen, maar het is helaas niet mogelijk het gezichtsvermogen helemaal te herstellen. Argus II geeft gebruikers wel een grotere mate van zelfstandigheid, omdat ze nu zelf de straat kunnen oversteken en grote letterteksten kunnen lezen. Onderzoek is gaande om te kijken of het netvlies geheel te omzeilen is door de hersenen direct te stimuleren.

Blinden en slechtienden (weer) laten zien is natuurlijk geweldig, maar je begrijpt inmiddels dat we allemaal kunnen profiteren van technologische ontwikkelingen die steeds sneller gaan en voorlopig niet stoppen. Wie nu al goed ziet, gaat daardoor nóg beter zien. Theoretisch natuurkundige Michio Kaku vindt dat we al heel goed op weg zijn.



Bijvoorbeeld met telescopische contactlenzen van het Amerikaanse DARPA, waarmee de dragers ervan kunnen in- en uitzoomen en ook 's nachts goed kunnen zien. Of met een combinatie van een slimme contactlens met een headset, die door computers gegenereerde beelden letterlijk over de werkelijkheid heen kan leggen. Bij X Lab (het vroegere Google X) werken ze zelfs aan lenzen die het bloedsuikerniveau kunnen meten.



Oren

Je oren zijn op zichzelf al natuurlijke sensoren, ze kunnen spraak en andere geluiden doorsturen naar de hersenen. Ze bieden ook plaats aan allerlei kunstmatige sensoren, die stappen kunnen tellen, bijhouden hoe vaak je je hoofd draait tijdens allerlei activiteiten of meten waar je naar kijkt. Echt enthousiast word ik van de Dash, een geavanceerd systeem van speakers en microfoons met 27 sensoren, 4 GB opslagcapaciteit en een kleine processor, die ook in je oor past. Met de Dash kun je zelfs een telefoontje naar je smartphone beantwoorden door met je hoofd te knikken. Met je vingers langs de oorlellen 'swipen' is genoeg om het volume aan te passen of een liedje direct in je oor af te spelen. Dit is een fantastische ontwikkeling. En zo veilig! Kijken naar tekst-informatie op het scherm van je smartphone is gevaarlijk, omdat je elk contact met de omgeving verliest. Met horen is het precies andersom, je krijgt informatie en weet precies wat er om je heen gebeurt. Uiteindelijk transformeert je 'hearable' in een persoonlijke assistent, die ook je smartphone overbodig maakt.

Een 'hearable' is een draadloos inwendig gedragen en computergestuurd hoortoestel. Of beter gezegd, een microcomputer in je gehoorgang die draadloze technologie gebruikt om de luisterervaring te verbeteren en verbinding te maken met allerlei moderne apparaten en functies, zoals smartphones, muziek en spelletjes. Elektronicabedrijven spelen steeds meer in op de vraag naar 'bionica' en creëren inwendige oordopjes die biometrische gegevens meten en muziek van uitstekende kwaliteit doorgeven.



Mond

De mond behoort, net als de ogen, oren en neus, tot de uitwendige organen. We hebben onze mond én tong nodig om te praten, proeven en slikken, maar de tastzin die daarbij hoort kunnen we ook gebruiken om onze handen en vingers te ontlasten. Die zijn de hele dag, meestal onbewust, bezig met het bedienen van smartphones, tablets, televisietoestellen, gameconsoles en andere technologische apparaten. Binnenkort kun je ze rust geven. De MouthCTRLer, een apparaat dat je in je mond draagt, kun je dan gebruiken om een deel van die interactie over te nemen. Door de sensorische capaciteit van de mond te combineren met protheses en technologie kun je met andere apparaten communiceren en deze ook bedienen.

Je kauwbewegingen tijdens het eten maken het – aldus Amerikaanse onderzoekers – mogelijk je gezondheid in de gaten te houden. Wetenschappers van het Dartmouth College en de Clemson Universiteit in de Verenigde Staten hebben daarvoor als prototype een soort hoofdband, de Auracle, ontwikkeld. Deze Auracle maakt gebruik van een microfoon op de huid die mondgeluiden analyseert om te bepalen wanneer de drager aan het eten is. Dit is best moeilijk want het onderscheid tussen praten en hoesten is lastig te maken. Een beetje in het verlengde hiervan vertel ik je over een tandensensor die orale activiteiten analyseert. Wetenschappers van de Nationale Universiteit van Taiwan gebruiken draagbare computers die zo klein zijn dat ze tussen tanden, kronen en beugels passen. Door de kaakbewegingen te meten, kan de sensor berekenen hoe veel tijd een patiënt besteedt aan bijvoorbeeld praten, kauwen, drinken, hoesten of roken. Liegen over hoeveel je eet of rookt heeft daardoor geen enkel nut meer. Het probleem is dat er nog geen microbatterij is gevonden die in het apparaatje past, zodat het prototype nog met een draadje aan een energiebron is verbonden. Het team onderzoekt of Bluetooth zonder gezondheidsgevaaren een goed alternatief kan zijn.

Neus

De neus dient primair voor de ademhaling en het ruiken. Dit laatste kunnen wij echter lang niet zo goed als bijvoorbeeld honden. Zij kunnen niet alleen verdovende middelen opsporen met hun reukorgaan, maar eveneens ruiken of iemand kanker of een andere ziekte heeft. Elektronische neuzen kunnen dit over enige tijd ook. Nu zijn ze in staat met een reeks gevoelige sensoren gassen of geuren te onderscheiden, maar straks – als het aan de onderzoekers van de Universiteit van Warwick ligt – detecteren ze ook afzonderlijke chemicaliën, waardoor ze ziekten nog beter kunnen herkennen dan hondenneuzen.





BIONISCHE MAN EN VROUW KOMEN TOT LEVEN

De wat ouderen onder ons kunnen zich de televisieseries *'De bionische man'* en *'De bionische vrouw'* uit de jaren zeventig nog wel herinneren. Wat toen onmogelijk leek, wordt nu snel werkelijkheid. Bionische ledematen en protheses die de menselijke mogelijkheden uitbreiden zijn al getest op een klein aantal speciale gebruikers. Er zijn zelfs Cyborg Olympische Spelen, een competitie om te ontdekken welke bionische ledematen en uitwendige exoskeletten (omhulsels die het lichaam beschermen) het beste zijn om verdere ontwikkeling te stimuleren. Ik denk dat we voorlopig vooral moeten letten op exoskeletten die het normale menselijk lichaam niet vervangen, maar wel extra kracht en soms extra lenigheid geven. Daardoor kunnen verlamde mensen nu al lopen of – met een speciale robothandschoen – weer voorwerpen beetpakken. Deze skeletten zijn bovendien al op kleine schaal in gebruik bij het leger. Soldaten kunnen hierdoor verder en sneller reizen en zwaarder materiaal meedragen. Deze nieuwe technologieën kunnen een einde maken aan fysieke beperkingen, waarbij we aannemen dat ons brein kan leren al deze uitbreidingen te herkennen en te coördineren. Bionica vervangt dan op den duur beschadigde ogen, oren en ledematen en kan ons zelfs supermenselijke krachten geven. Een 'upgrade' naar slimme ledematen kan in de toekomst een optie zijn. En niet alleen voor mensen met een lichamelijke beperking. Hardlopers en sporters met slimme ledematen kunnen veel betere presentaties neerzetten. Ontwikkelingen op dit gebied vragen natuurlijk wel om aangepaste spelregels.

Armen

CNN heeft onlangs een opzienbarend programma uitgezonden over onderzoekers van de Universiteit van Newcastle die een armprothese met ingebouwde camera hebben ontwikkeld. Hiermee kan de arm objecten zien en deze automatisch op de juiste manier oppakken. Net zo spectaculair is de door door DARPA gefinancierde prothetische LUKE-arm (Life Under Kinetic Evolution), die onlangs eindelijk op de markt is gekomen. De LUKE is vernoemd naar Luke Skywalker uit de *'Star Wars'*-films, hij had een robotarm.

Hersenimplantaten met sensoren besturen de prothese, die elektrische impulsen verzendt naar de sensorische cortex om de tastzin te herstellen. Wanneer de gebruiker zijn arm buigt of strekt veranderen de positie en de greep van de prothese. Een enorme vooruitgang vergeleken met andere prothetische armen die de gebruiker handmatig moet instellen. De LUKE biedt bovendien veel meer bewegingsvrijheid en flexibiliteit. De vier motoren in hand en vingers geven de gebruiker terugkoppeling over hoe stevig ze iets vastpakken. Daardoor kunnen ze alles vasthouden, van een ei tot een glas water. Ook kunnen ze sloten openen, hun haar kammen en kleine voorwerpen oppakken. Door de individuele aandrijving van pols, elleboog en schouder kan de gebruiker zelfs achter zijn rug of boven zijn hoofd reiken. DARPA onderzoekt eveneens, met een budget van \$ 296 miljoen, de mens-machinesymbiose en manieren om het menselijk geheugen te verbeteren. In het bijzonder kijkt DARPA naar de ontwikkeling van hersengestuurde protheses die gewonde militairen met geamputeerde ledematen (en uiteindelijk ook patiënten met neurologische aandoeningen en verwondingen aan het ruggenmerg) hun mobiliteit moet teruggeven.

Hand

Enige tijd geleden heb ik zelf een chip in mijn hand laten plaatsen, waardoor ik direct verbonden ben met verschillende apparaten en machines. Ik kan daarmee bijvoorbeeld mijn telefoon ontgrendelen, mijn auto openen en mijn voordeur automatisch open laten gaan als ik in de buurt van mijn huis kom. Over niet al te lange tijd is het mogelijk met deze chip ook te pinnen. Eigenlijk is het al zover. Nog niet in Nederland, maar wel in Zweden. Daar kunnen treinreizigers met onderhuidse microchips als eersten inchecken. Het vervoersbedrijf implanteert de chips niet zelf, maar laat dit doen in speciale piercingwinkels. De Zweden lopen met deze ontwikkelingen voorop. Enkele bedrijven in de hoofdstad Stockholm hebben hun werknemers tussen duim en wijsvinger laten 'injecteren' met elektronica ter grootte van een graankorrel. Daarmee kunnen ze de deur van hun kantoor openen en zichzelf identificeren bij het kopieerapparaat.



Sommige mensen zullen misschien niets te maken willen hebben met deze samenleving, maar op de werkvloer van de Zweedse startup Epicenter is het al bijna routine. De microchips die het bedrijf bij de werknemers die dat willen implanteert, zijn te gebruiken als elektronische toegangspasjes. Ze kunnen er deuren mee openen, printers mee bedienen of smoothies mee kopen, enkel door een vloeiende beweging met hun hand te maken. Deze werknemers hebben geen toegangs- en betaalpasjes of sleutels meer nodig.

Chips genereren ook data, waarmee aangetoond kan worden hoe vaak een personeelslid werkt of wat hij koopt. Over het gebruiken en opslaan van deze gegevens bestaat nog geen consensus en er is dan ook bezorgdheid over de privacy van de werknemers. De kleine implantaten van het Zweedse bedrijf maken gebruik van zogenoemde Near Field Communication-technologie. Deze technologie is ook te vinden in contactloze betaalpassen en mobiele betaalmethoden. Bij activering via een scanner op enkele centimeters afstand, stroomt een klein aantal gegevens tussen de twee apparaten via elektromagnetische golven. De mogelijkheden zijn eindeloos. In de nabije toekomst is er voor alles een implantaat en zullen apps verdwijnen.

Benen

Verminderde spierkracht in de benen bemoeilijkt het lopen en is heel vervelend voor sporters. Samsung heeft daarom al in 2009 octrooi aangevraagd voor een draagbare robot die mensen met spierkrachtverlies kan helpen. Diezelfde robot zou gezonde

mensen superkracht kunnen geven. Toyota introduceerde onlangs een robotbeensteun, de WelWalk WW-1000, die eenzijdig verlamde mensen kan helpen opnieuw of beter te lopen. Een flinke motor, die onderdeel is van het exoskelet, zorgt ervoor dat het kniegewricht precies genoeg steun kan geven om dit te bereiken. Deze toepassingen zijn zo belangrijk, omdat ze de levenskwaliteit verbeteren. Dit geldt ook voor de zogenoemde actieve bekkenorthose (APO). Dit systeem werkt met door algoritmes aangestuurde motortjes op de heupen die verbonden zijn met strakke steunen. Daardoor blijven de benen van (oudere) mensen bij wie de spierkracht flink is afgenomen in de juiste stand staan. Het apparaat versterkt de overgebleven beenkracht met twintig tot dertig procent en vermindert de kans op vallen.

Voor wie een of beide benen mist, is inmiddels een spectaculaire oplossing beschikbaar. Gummi Olafsson is als kind na een verkeersongeluk zijn rechtervoet en onderbeen kwijtgeraakt. Dankzij een bionisch been kan hij nu weer sporten, maar dat is niet alles. Kleine geïmplanteerde myo-elektrische sensoren, die elektrische signalen doorgeven aan elektroden in de prothese, zorgen ervoor dat Gummi zijn bionische spieren kan aanspannen. Hij heeft zelfs volledige controle over zijn nieuwe ledemaat. Ik denk dat dit het begin is van een geweldige ontwikkeling waarbij veel mensen met een beperking enorm geholpen worden.

Bionisch been voelt aan wanneer de gebruiker wil lopen, zitten of staan

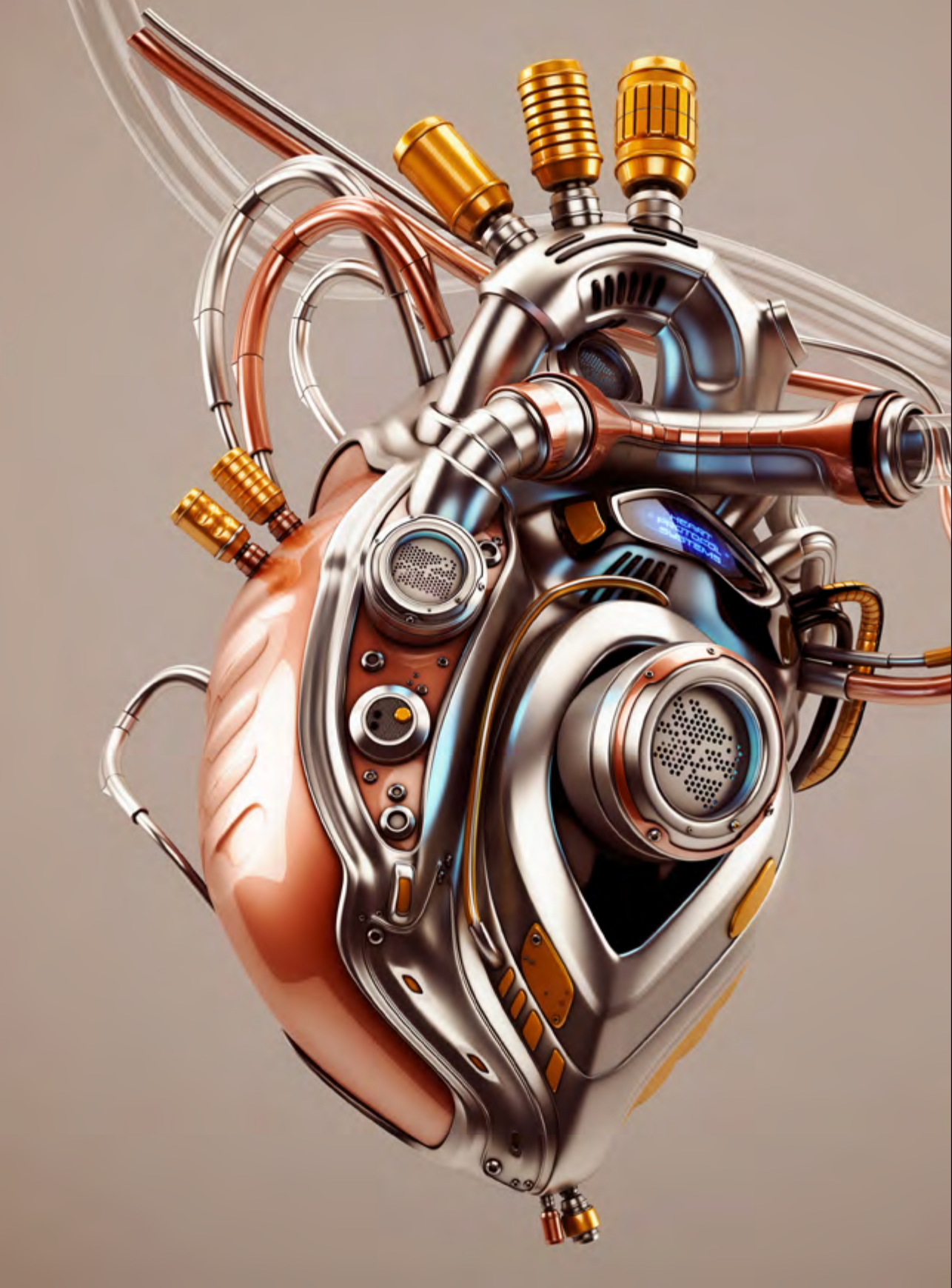
Prothesespecialist Blatchford introduceert in 2015 de allereerste geïntegreerde gerobotiseerde beenprothese die zich 'gedraagt' als een echt menselijk been. Deze nieuwe generatie van prothesen, de Linx, is bekroond met de Royal Academy of Engineering 2016 MacRobert Award voor innovatie in techniek. Sinds de introductie zijn wereldwijd honderden prothesen verkocht, vooral in Duitsland en de Verenigde Staten. De knie en voet van de Linx werken net zo samen als bij een menselijk been. Een reeks sensoren verzamelt voortdurend gegevens over de omgeving waarin de gebruiker zich bevindt. Processoren verwerken deze informatie, waarna speciale software ervoor zorgt dat de knie en de voet zich aan het terrein kunnen aanpassen. De twee gewrichten staan continu met elkaar in contact. De Linx detecteert wanneer de drager stilstaat en vergrendelt de gewrichten dan automatisch. Wanneer de gebruiker weer aanstalten maakt te gaan lopen, zorgen de sensoren weer voor ontgrendeling. Een Bluetoothverbinding met bijvoorbeeld een smartphone of tablet maakt afstemming van de instellingen gemakkelijk.

Terug op de dansvloer dankzij robotenkel

Hugh Herr, nu 'prothese-pionier' aan het Media Lab van het MIT (Massachusetts Institute of Technology in het Amerikaanse Cambridge), verliest als tiener tijdens een bergexpeditie beide benen door bevriezing. Na het behalen van zijn masters werktuigbouwkunde, een doctoraat in biofysica en postdoctoraal werk in biomechanica, richt hij het bionicabedrijf iWalk op, het latere BiOm. Hier brengt hij de geavanceerde technologie tot leven die hem zijn hele leven al fascineert. Eind 2009 test hij het eerste door robotica aangedreven onderbeensysteem, dat bedoeld is als alternatief voor aangetaste spier- en peesfuncties. Het verfijnde exoskelet bestaat uit geautomatiseerde knieën, voeten en enkels die er levensecht uitzien. Bij elke stap krijgt de gebruiker extra kracht, zodat hij met de helft minder inspanning kan lopen. De metalen behuizing van de prothese bevat microprocessors en sensoren die de voet en enkel aansturen. De prothese is volledig af te stemmen op de persoonlijke behoeften van de gebruiker. Tijdens een TEDTalk krijgt Herr op het podium gezelschap van Adrienne Haslet-Davis, een ballroomdanseres die het onderste deel van haar benen is kwijtgeraakt tijdens de bomaanslagen in Boston. Met de op maat gemaakte BiOM-enkels danst ze voor het eerst weer voor publiek. Dit is een experiment, want de huidige BiOm-enkels zijn nog niet te gebruiken voor inspannende activiteiten als dansen. Herr werkt echter hard aan een toekomst waarin mensen met diverse lichamelijke beperkingen dankzij bionische technologie hun mobiliteit terugkrijgen.

Hier komt de reis door het uitwendige lichaam ten einde. Van top tot teen hebben we gekeken naar wat de toekomst aan technologische mogelijkheden en vernieuwingen in petto heeft. In de volgende paragraaf kijken we naar de binnenkant van het menselijk lichaam om uiteindelijk te eindigen bij ons allergrootste orgaan: de huid, het omhulsel van de inwendige én de uitwendige mens.





ONZE VERBETERDE INWENDIGE IK

Het hart

Ons belangrijkste inwendige orgaan is het hart. Een holle spier die zo'n 100.000 keer per dag ritmisch krachtig samenknijpt en te vergelijken is met een pomp die het bloed in beweging houdt. Dit is nodig om zuurstof en andere voedingsstoffen naar weefsels en organen te transporteren en op de terugweg afvalstoffen mee te nemen voor verwerking, bijvoorbeeld naar de nieren. Als de pomp hapert, lijdt het hele lichaam hieronder. De aanvoer van zuurstof stagneert dan in een lange file. Het hele lichaam schreeuwt om zuurstof. Deze file lost zich alleen op als de pomp weer op gang komt. Daarvoor zijn zeer ingrijpende operaties nodig, variërend van dotteren tot bypass-procedures en transplantaties. Nieuwe technologische ontwikkelingen brengen daar echter razendsnel verandering in. Zo zijn biomedische ingenieurs er – na 70 jaar experimenteren – in geslaagd een mechanische versie te creëren van deze onvermoeibare spier in je borstkas. Twee verschillende bedrijven, SynCaria en Car-mat, hebben onlangs laten weten dat grootschalig klinisch onderzoek en dierproeven zo succesvol zijn geweest, dat hun kunstharten klaar zijn voor menselijk gebruik. Wachten op een donorhart kan dankzij deze baanbrekende technologie wellicht snel tot het verleden behoren. Niemand hoeft in de toekomst meer te sterven omdat er geen hart voorhanden is. Deze kunstharten kunnen relatief snel verouderd zijn, daarom werken onderzoekers aan de volgende stap: pleisters van speciale (eigen) stamcellen, die we over aangetast hartweefsel kunnen plakken, zodat dit 'zichzelf' herstelt. Deze techniek staat echter nog in de kinderschoenen. Dit geldt eveneens voor het kweken van weefsel en organen in bioreactoren. Nu gebeurt dat nog uitsluitend in laboratoria, maar recente verbeteringen op het gebied van 3D-printen geven aan dat het op afroep fabriceren van een nieuw hart van natuurlijke eiwitten of zelfs weefsel in de toekomst geen sciencefiction meer hoeft te zijn.



Spinazie veranderen in kloppend menselijk hartweefsel

Onderzoekers aan het Polytechnisch Instituut van Worcester zijn er in geslaagd kloppende menselijke hartcellen te kweken op (van hun eigen cellen ontdane) spinazieblaadjes. De eerste stap op weg naar het ontwikkelen van een plantaardige pleister die de schade van een hartaanval kan herstellen. Spinazieblaadjes hebben een goed ontwikkeld vatenstelsel, dat helpt bij het vervoeren van bloed en zuurstof door het lichaam. De eerste onderzoeksresultaten zijn hoopvol.

Nieren

Gezonde nieren zijn even onmisbaar als het hart. Ze verwijderen afvalstoffen uit je bloed, regelen je bloeddruk en maken hormonen aan die zorgen voor voldoende rode bloedcellen en sterke botten. Als je nieren niet goed functioneren en een transplantatie niet (meteen) mogelijk is, heb je een kunstnier nodig om in leven te blijven. Dit heet dialyseren. Patiënten worden aangesloten op een kunstnier die het bloed zuivert. Deze kunstnier is echter zo groot dat ze daarvoor een paar keer per week naar het ziekenhuis moeten. De AWAK ('A Wearable Artificial Kidney'), oftewel een draagbare kunstnier, is daarom een revolutie op dialysegebied. De technologie hiervan is ontwikkeld door wetenschappers van AWAK Technologies en maakt 'mobiele dialyse' mogelijk. Het draagbare apparaat weegt slechts een kilo en werkt dag en nacht. Daardoor kunnen patiënten een normaler leven leiden en zelfs deelnemen aan allerlei (sport)activiteiten. Het concept is gebaseerd op een dialysemethode waarbij het rei-

nigingsproces gebruikmaakt van het buikvlies. Doordat geen externe bloedcirculatie nodig is, is het voor de patiënt zeer veilig. De kunstnier is 'water- en bloedloos' en functioneert door verbruikt dialysaat (een restproduct van de dialyse bestaande uit steriel water en wat glucose) steeds opnieuw te gebruiken, zodat het apparaat niet afhankelijk is van externe vloeistoftoevoer. Dit maakt de kunstnier echt draagbaar.

Longen

Mensen die lijden aan de chronische longziekte COPD kunnen nu een donorlong krijgen. Het probleem is dat, zelfs wanneer er geen afstotingsverschijnselen zijn, zo'n long hooguit tien jaar meegaat. In afwachting van een donorlong zijn patiënten vaak jarenlang aan bed gekluisterd en verbonden met grote machines. Daaraan gekoppelde slangen pompen het bloed via een warmtewisselaar rond, voorzien het van zuurstof en filteren de kooldioxide eruit. Kunstlongen zijn veel ingewikkelder om te maken dan kunstharten, daarom bestaan ze nog niet. De vooruitzichten zijn echter hoopvol. Wetenschappers zijn bezig met de ontwikkeling van een draagbare kunstlong, die past in een rugzak en straks (net als de kunstnier) mensen met een ernstige of levensbedreigende longaandoening kan helpen. Proeven bij schapen hebben bewezen dat het kan werken, mits de onderzoekers erin slagen warmtewisselaar en pomp in de kunstlong te combineren.

Maag

De maag ziet er leeg uit als een platte zak van zo'n twintig centimeter. Gevuld is dat wel vijftig centimeter. Zodra het eten is doorgeslikt komt het via de slokdarm in de maag terecht, die het voedsel decimeert tot stukjes van een millimeter en eventuele ziekmakende bacteriën uitschakelt. Door allerlei oorzaken kunnen mensen last krijgen van ongemakken en aandoeningen als brandend maagzuur en maagzweren. Patiënten met ernstig overgewicht (obesitas) kunnen in bepaalde gevallen een maagverkleining laten uitvoeren, waardoor ze nog maar kleine hoeveelheden kunnen eten. Dit laatste is een ingrijpende en risicovolle operatie, die door recente ontwikkelingen binnenkort wellicht tot het verleden behoort.

Sinds 2006 bestaat er een kunstmaag die de spijsvertering imiteert en bestand is tegen corrosieve enzymen en zuren. Dit door de Britse overheid gefinancierde systeem wordt gebruikt voor de ontwikkeling van speciaal samengestelde voeding waardoor obesitaspatiënten eerder denken dat hun maag vol zit. Helaas is dit systeem omslachtig en maakt het maagverkleiningen nog steeds niet overbodig. In 2016 zijn met stamceltechnologie grote vorderingen gemaakt. Wetenschappers slaagden erin om mini-maagjes te maken van geclusterd menselijk maagweefsel.

Met deze zogenoemde organoïden komt het onderzoek naar diabetes, maagzweren en kanker in een versnelling. Artsen zijn in staat om tijdens de celontwikkeling chemische stappen te onderscheiden en te zien op welk moment cellen in organen veranderen. In de toekomst kan dit leiden tot het creëren van vervangend weefsel of zelfs geheel nieuwe magen.

Huid van de toekomst

Je staat er niet altijd bij stil, maar je huid is het grootste orgaan dat je hebt. Over niet al te lange tijd kan een 3D bioprinter (met bio-inks), gemaakt van ingrediënten uit levende cellen, functionele menselijke huid produceren. De structuur is vrijwel identiek aan je eigen huid. Deze spectaculaire nieuwe technologie is goed nieuws voor mensen met brandwonden of ander huidletsel en zal vooral farmaceutische, chemische en cosmetische toepassingen kennen.



Goede imitatie van jonge huid

Alle eigenschappen van een jonge, veerkrachtige huid zijn, dankzij de ontwikkeling van een polymeerfilm, na te bootsen. Een team onderzoekers van het Massachusetts General Hospital en het MIT heeft een coating ontwikkeld van slim biomateriaal, een soort siliconenrubber. Je kunt deze substantie op de huid smeren, waarna het uithardt en dezelfde elasticiteit krijgt als mensenhuid. Ook zit er een fijn verdeeld siliciumdioxide vulmiddel in. De smeerbare kunsthuidlaag sluit niet helemaal hermetisch af, waardoor je eigen huid eronder kan blijven ademen. Op een droge huid werkt de siliconenlaag zelfs vochtinbrengend. De film kun je zestien uur lang op je huid laten zitten: je brengt het in de ochtend aan, en trekt het 's avonds weer los. De belangrijkste toepassing is momenteel het gladtrekken van kraaienpootjes, fronsrimpels en andere oneffenheden. Ook kun je er wallen onder de ogen prima mee wegwerken. Het is de bedoeling dat de smeerbare kunst huid dit jaar nog op de Amerikaanse markt komt.

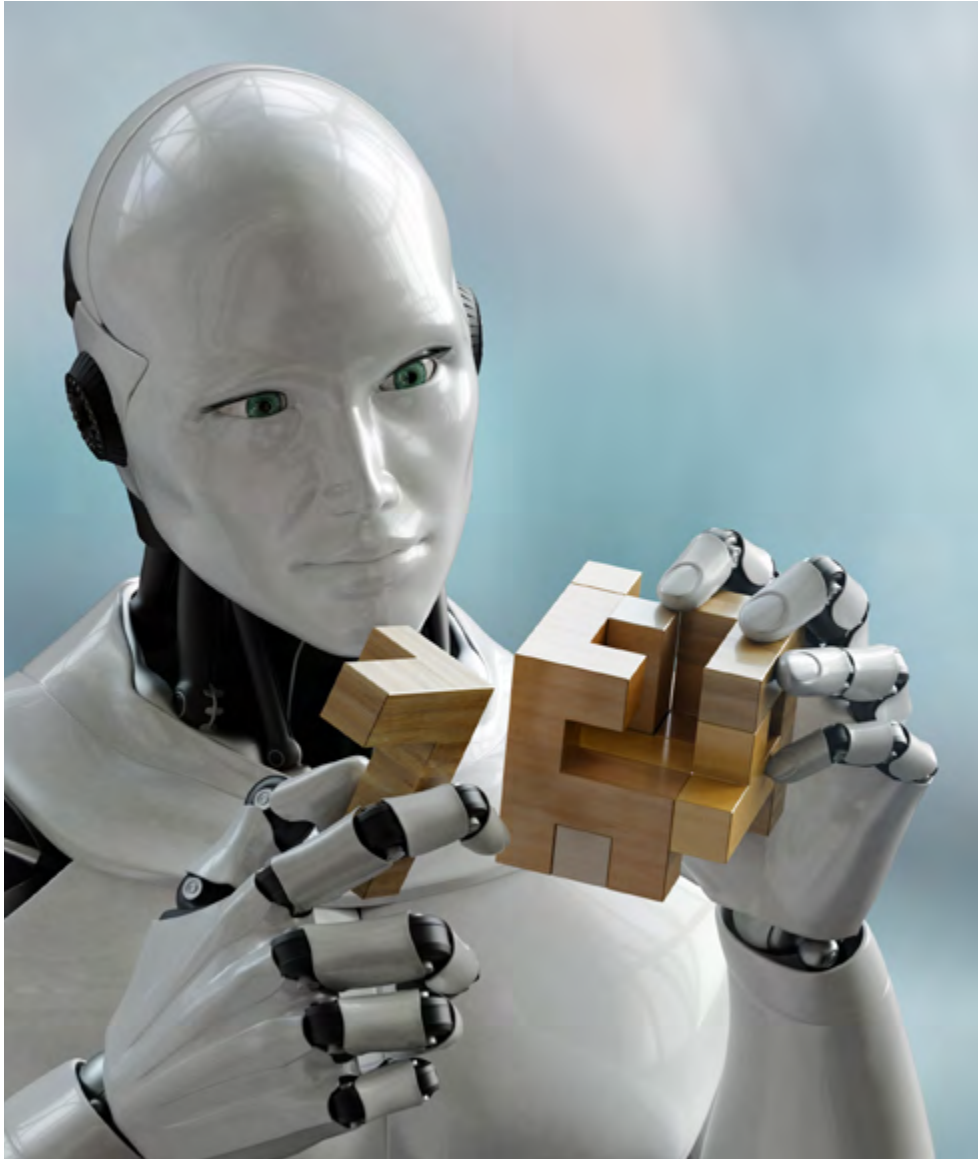
Het is goed denkbaar dat de meeste mensen in de nabije toekomst voor een deel cyborg zijn, en de samensmelting van mens en machine een alledaags gegeven is. Professor Zhenan Bao (hoogleraar chemie aan de Stanford Universiteit) vindt dat kunstmatige huid daar zeker bij hoort. Zij werkt aan de ontwikkeling van een kunstmatige opperhuid (epidermis), die de levenskwaliteit van mensen die protheses dragen of een huidtransplantatie hebben ondergaan kan verbeteren.

Robothuid is gevoeliger dan een menselijke hand

Onderzoekers aan de Universiteit van Schotland hebben een elektronische, op zonne-energie opererende robothand ontwikkeld die gevoeliger is dan de menselijke hand. Dit is volgens elektro-ingenieur Ravinder Dahiya een stap vooruit op weg naar lichtgewicht protheses voor mensen die ledematen missen. Het is ook mogelijk robots te omwikkelen met hetzelfde weefsel zodat hun 'huid' natuurlijk aanvoelt.

CONCLUSIE

Dit is het begin van een nieuw tijdperk waarin mensen steeds meer op cyborgs gaan lijken, doordat lichaam en techniek samensmelten. Dat gebeurt niet ineens, maar stap voor stap. Eerst zullen de implantaten en chips voor sommige toepassingen nog te groot zijn, maar als ze eenmaal het formaat van een rijstkorrel hebben, zal alles ineens veel sneller gaan.



Kunstmatige spieren

Onderzoekers houden zich niet alleen bezig met het creëren van kunstmatige lichaamsdelen voor de mens, maar ze laten zich voor de ontwikkeling van robots ook door menselijke lichaamsdelen inspireren. Spieren van robots bestaan nu uit pneumatische zuigers en servo's, waardoor de machines groot en zwaar zijn. Hierdoor zullen we altijd kunnen zien dat we met een robot te maken hebben, ook al lijken ze nog zo levensecht. Als we geloofwaardige humanoïdes of Terminator-achtige robots willen ontwikkelen, moeten we iets aan deze omvangrijke spieren doen. Onderzoekers van het Robotics Laboratory van het Tokyo Institute of Technology experimenteren momenteel met nagebootste menselijke spieren. Zij creëerden hiervoor multifilament-versies die kunnen krimpen of uitzetten als er een elektrische stroom wordt toegepast. Het onderzoeksteam slaagde erin om het hoofd, de armen en de benen van een skeletmodel met deze kunstmatige spieren op een geloofwaardige 'menselijke' manier te laten bewegen. Ze zijn nog steeds heel wat trager dan echte spieren, waardoor zelfbalanceren op dit moment nog niet tot de mogelijkheden behoort. De onderzoekers werken aan het verbeteren van de technologie, waardoor hyperrealistische humanoïde robots wellicht eerder realiteit worden dan we denken. En wie weet kunnen deze kunstmatige spieren op een dag ook ons eigen lichaam bovenmenselijke kracht geven.

We hebben de neiging ons te distantiëren van nieuwe ontwrichtende technologieën. Vaak uit angst of omdat ze niet passen in het beeld dat we hebben van de wereld. Als de voordelen echter zo groot zijn dat ons welzijn er sterk door verbetert, zullen de meeste mensen die nieuwe technologie alsnog verwelkomen. Iedereen wil ten slotte langer en vooral gezonder leven.

Als we steeds meer technologie in ons lichaam toelaten, is de kans aanwezig dat de mens in zijn huidige vorm in het jaar 2700 niet meer bestaat. De mens heeft de technologie uitgevonden en heft daarmee mogelijk zijn eigen bestaansrecht op. Of niet, want wie weet welke oplossingen zich tegen die tijd weer voordoen.

'Een toekomst die te mooi is om waar te zijn'

Trendwatcher en futurist Richard van Hooijdonk geeft je een kijkje in de verbazingwekkende wereld van morgen. Hij laat zien hoe snel ons leven verandert en welke impact dat heeft op de manier waarop we leven, wonen en werken.

Hoe ziet de samenleving er in 2035 uit?

- Een chip in je lichaam voorkomt dat je ziek wordt
- Met een hersenchip leer je binnen enkele seconden Chinees
- Ons eten komt uit een voedselprinter
- Slimme meubels verplaatsen zichzelf
- Een robot brengt de kinderen naar bed
- We wonen op Mars
- Met zelfrijdende auto's kun je onderweg gaan slapen
- We hebben een fascinerende relatie met een robot
- We hoeven nooit meer te werken dankzij het basisinkomen
- Het olietijdperk is ten einde. Hoera!
- Jouw energievoorziening komt straks uit de ruimte

Het boek *De wereld van morgen* is een 'must read' als je klaar wilt zijn voor de toekomst.



Richard van Hooijdonk is een inspirator. Hij is dé trendwatcher en futurist van Nederland. Ruim 500.000 mensen hebben zijn lezingen gevolgd.

Vanaf najaar 2017 gaat hij op tournee langs de Nederlandse theaters.

Betram+de Leeuw Uitgevers



@bertramdeleeuw.nl



@rvhooijdonk

bertramdeleeuw.nl



9 789461 562388