GENialt

Tidsskrift fra Bioteknologirådet // 1–2018 // 27. årgang

småGENialt
Hva er egentlig kloning?
SIDE 22

Bioteknologilov

– sier Stortinget ja eller nei til eggdonasjon?

Side 3,10, 12

Nå kommer gjør-det-selv-biologene

Side 6, 20

Gendoping hos hester

Side 14

Rekordmange nordmenn blir sekvensert

Side 16

Foto: iStock.

Ny bioteknologilov for en kompleks verden 3

Apar klona – korleis lykkast dei? 4

Bioteknologi på kjøkkenbenken 6

Syntetisk koppevirus laget fra DNA-biter sendt i posten 9

Eggdonasjon – hva velger Norge? 10

Splittet Høyre 12

CRISPR-behandling og immunitet:
Bråstopp eller nye muligheter? 13

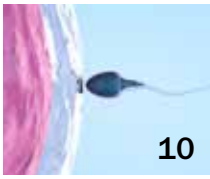
Gendoping – ny trend hos løpshester? 14

Sterk vekst i antall nordmenn som er sekvensert 16

Sommerfulgbarna – nytt håp med genterapi 18

Trenger du et laboratorium for å utvikle en god ide?
ShareLab gjør det mulig 20

småGENialt: Hva er egentlig kloning? 22



GENialt 1–2018 // 27. årgang

1–2018 // 27. årgang
Redaksjonen avslutta: 16. mars 2018
Ansvarleg redaktør: Ole Johan Borge
Redaktør: Liv Røhnebæk Bjergene
Redaksjon: Elisabeth Gråbøl-Undersrud, Hilde Mellegård, Truls Petersen og Sigrid Bratlie.
Opplag: 7250

Utgivar: Bioteknologirådet
Adresse: Stortingsgata 10, 0161 Oslo
Internett: www.bioteknologiradet.no
E-post: post@bioteknologiradet.no
Design: Dugg Design AS
Trykk: RK Grafisk AS
ISSN (trykt utgave) 0804-225X
ISSN (nettutgave) 1502-7619

Bioteknologirådet er eit frittståande, regjeringsoppnemnd organ, og vart første gong oppnemnd i 1991. Rådet er heimla i lov om humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m. (bioteknologiloven) og lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismar.

Bioteknologirådet gir råd i saker som gjeld bruk av bio- og genteknologi i samband med menneske, dyr, plantar og mikroorganismar. Rådet skal óg tilby informasjon og skape debatt. I vurderingane sine skal rådet særleg leggje vekt på dei etiske og samfunnsmessige konsekvensane ved bruk av moderne bioteknologi.

Bioteknologirådet har 15 medlemmer og fem vararepresentantar som er oppnemnde for perioden 2014-2018. I tillegg inviterast seks departement til møta som observatørar. Bioteknologirådet sitt sekretariat har kontor i Oslo sentrum. For 2018 har Bioteknologirådet eit budsjett på 9,5 millionar kroner.

MILJØMERKET 241 450 Trykksak

Bioteknologirådet

Ny bioteknologilov for en kompleks verden

Loven som regulerer bioteknologi er i endring. Klarer vi å tenke tilstrekkelig nytt?

Bioteknologiloven regulerer medisinsk bruk av bioteknologi på mennesker. Da loven ble vedtatt i 2003, la Stortinget opp til at den skulle evalueres etter fem år. Det har vært vanskelig for flere regjeringer å bli enige om eventuelle lovendringer. Nå har regjeringen lagt fram en stortingsmelding uten å ta stilling til to av de etisk vanskeligste sakene: eggdonasjon og om enslige skal få rett til assistert befruktning. Derfor er selve stortingsbehandlingen av meldingen mer spennende enn stortingsbehandlinger vanligvis er. De nærmeste ukene vil avgjøre hva som får flertall.

De folkevalgte skal ta stilling til endringer i en lov som regulerer blant annet assistert befruktning, forskning på overtallige befruktede egg, kloning, fosterdiagnostikk, genetiske undersøkelser og genterapi.

Nyanserte og fremtidsrettede diskusjoner er krevende. Flere av debattene er velkjente, og få nye argumenter har kommet til siden tidlig på 90-tallet. Spørsmål om eggdonasjon, forskning på befruktede egg og surrogati er eksempler på dette. Dette er spørsmål som handler om verdier, etikk og politikk mer enn nye teknologiske muligheter. Det er dessuten krevende å diskutere mulige konsekvenser av teknologi fordi det forutsetter innsikt i teknologien, forståelse av dagens situasjon og de rammer som teknologien opererer innenfor.

Bioteknologirådet har evaluert bioteknologiloven og kommet med forslag til endringer. Noe av det vi har lagt vekt på, er viktigheten av å utforme et lovverk som i størst mulig grad kan ta høyde for de teknologiske nyvinningene som måtte komme. Legges lovverket opp til å regulere dagens praksis innen bioteknologien, vil loven trolig raskt gå ut på dato.

Ett eksempel på at dagens lovverk ikke treffer, er den rivende utviklingen som har gjort det mulig å kartlegge alle genene i arvestoffet. I dag gjelder loven kun gentester til medisinsk bruk, men allerede i dag er denne DNA-teknologien tilgjengelig for alle. Mer kunnskap, tilgang til teknologi og ikke minst lavere kostnader har gjort at bruken av gentester øker kraftig. Alt tyder på at denne utviklingen vil fortsette i årene framover.

» Legges lovverket opp til å regulere dagens praksis innen bioteknologien, vil loven trolig raskt gå ut på dato.

At det nå er mulig å kartlegge hele arvestoffet til ethvert menneske til en overkommelig pris, gir unike muligheter til å stille diagnoser. Det blir også mulig å si noe om hvilke muligheter et menneske kan ha ut fra gener. Hvor mye som kan leses i genene, vet vi ikke fullt ut i dag. Men at det er mer enn det som er knyttet til alvorlig, arvelig sykdom, er helt sikker. Her må vi gjøre kloke veivalg. Skal vi bare regulere det som foregår på ulike offentlige institusjoner, eller skal vi regulere all bruk av slike tester i Norge – også de som kan bestilles over internett hos et utenlandsk firma?

Bioteknologiloven har tjent oss godt, og er en lov vi har grunn til å være stolte av. På Løvebakken støpes nå formene for lovverket vi vil ha de neste årene. Det som er helt sikkert, er at lovene ikke vil bli stående uendret. Til det utvikler bioteknologien seg for raskt. Derfor er noe av det viktigste at vi fortsetter å holde debatten om bioteknologi og bioetiske dilemmaer levende.

Apar klona
– korleis lykkast dei?

Med Zhong Zhong og Hua Hu er dei første klona primatane i verda ein realitet.
Foto: Qiang Sun and Mu-ming Poo, Chinese Academy of Science.

I Kina har forskarar lukkast med å klona fram to små apeungar. Korleis gjekk forskarane fram? Og kan kloning no óg gjerast på menneske?

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud og Hilde Mellegård

KLONING tyder å laga identiske kopiar. Dei fleste hugsar Dolly. Ho var den første klona sauen som kom til verda i 1996, oppkalla etter den barmfagre artisten Dolly Parton sidan forskarane hadde teke ei celle frå juret for å laga ho. Sidan då har ei rekkje dyr vorte klona. I dag kan ein fylla ein heil dyrehage bestående av klona dyr: grisar, storfe, mus, sauar, kattar, rotter og hund (pluss dei andre 15 artene som er klona). Men ingen har tidlegare klart å klona høgreståande pattedyr, som apar og menneske. Før no.

Manipulerte gen for celledeling

Dei kinesiske forskarane starta kloninga av makakeapane ved å henta ut kjernen frå ei celle og overføra han til ei kjerneløs eggcelle. Men så har dei gjort noko nytt. Ved å manipulera kva for gen som er aktive i det tidlege fosteranlegget, har dei fått cellene til å dela slik seg dei skal, og dermed koma over den første kritiske fasen i utviklinga.

Forskarane tilsette eit enzym som fjernar såkalte metylgrupper i arvematerialen til det vesle fosteranlegget, som på dette stadiet består av éi celle. Metylgruppene får DNA til å pakka seg tett saman, slik at gena vert slått av. Ved å fjerna desse metylgruppene vart viktige gen som er med i embryoutviklinga aktivert.

Enzymet som fjernar metylgruppe, sparkar òg i gang heile celledelingen ved at andre enzym som er med i celledelingen rekrutterast. Forskarane gjorde ein lur ting til: Ved at dei samstundes stoppa eitt anna enzym som slår av gen, vart mange gen i dei små embryoa aktive.

Aktivering og inaktivering av gen er spesielt viktig akkurat dei første dagane etter befruktning. Embryoet består då av umodne stamceller, som skal utvikla seg til alle kroppen sine over 200 celletypar, som nerveceller, hjarteceller og hudceller. For at denne prosessen skal gå korrekt for seg, må dei riktige gena i kvar enkelt celletype slåast av og på i eit bestemt mønster.

Det klona embryoet vart så sett inn i livmora til ei surrogatmor, ein makakeape. Der utvikla embryoet seg til eit foster. Målet var å enda opp med ein levedyktig makakebaby.

Resultat: to eneggede apekattar

Resultatet frå forsøket i Kina vart to klona små apeungar, som har dei same gena. Dei er difor akkurat så like som einegga tvillingar.

Ein filmsnutt med dei to søte apeungane som leikar i eit rom fullt av fargerike leiker, har florert på sosiale medium. Men vegen dit har vore lang. Forskarane har brukt 63 surrogatmødre som resulterte i 28 graviditetar. 24 av graviditetane enda i abort på ulike stadium under graviditeten. Og forskarane lukkast berre delvis. Dei klarte ikkje å laga klona, levedyktige apar ved å ta celler frå ein vaksen ape, men måtte bruka hudceller frå aborterte apefoster. Det er enklare fordi celler frå eit foster framleis er umodne og ikkje ferdige med å spesialisera seg.

> «Kinesiske styresmakter har satsa tungt på forsking på primatar dei siste åra, medan utviklinga i Europa og USA går motsett retning.

Kan menneske klonast?

Kloning er eitt av dei mest kontroversielle områda innan bioteknologi, og vert ofte forbunde med skremmande førestillingar om kunstig menneskekopiar laga i laboratoriet. Forskarane bak studien i Kina seier at dei klona apene kan verta verdifulle i forsking på mellom anna autisme og demenssjukdomar som Parkinson og Alzheimer. I dag er det som oftast mus og rotter som vert brukt for å studera denne typen sjukdomar. Sidan menneske og aper er nært nærskyldt (vi deler jo 99 prosent av gena våre med til dømes sjimpansar), kan det vera lettare å studera sjukdomar som påverkar tenking, intellektuelle og mentale prosessar i primatar. Eitt ankepunkt er likevel at forsking på primatar tek lang tid. Dei får ikkje avkom så ofte, ei heller får dei så mange avkom som gnagarar.

Forskarane i Kina uttalar til tidsskriftet Cell, som publiserte resultata, at dei har ingen planar om å prøva ut teknologien på menneske. Men spørsmålet er aktuelt fordi menneskeceller og apeceller er så like. Teknisk sett er det difor truleg mogeleg å klona menneske på omtrent same måte.

Trass enkelte rykte om at forsøk på å lage klona menneske fann stad rundt årtusenskiftet, er det ikkje noko som tyder på at det faktisk har lukkast. Mange spør seg om dei kinesiske forskarane har opna ei dør for at dette no òg kan gjerast på menneske. Fleire land, mellom anna Noreg, har forbod mot kloning av primatar.

Kontroversiell forsking på primatar

Kinesiske styresmakter har satsa tungt på forsking på primatar dei siste åra, medan utviklinga i Europa og USA går motsett retning. Fleire land, mellom anna Storbritannia og Tyskland, har forbod mot forsking på store apar som sjimpansar, gorillaer og orangutangar. Makakeapar, som vart klona i dette forsøket, har vorte brukt i medisinsk forsking i meir enn 70 år, spesielt innan studium på nevrologiske sjukdomar. Det har likevel vorte stilt spørsmål om makakeapar er ein god modell for å få kunnskap om sjukdomar som råkar menneske. Det vert hevda mellom anna at viss ein samanliknar hjernen til eit menneske og hjernen til ein hypotetisk makakeape med same kroppsvekt, er menneskehjernen nesten fem gonger større.

Kloning er óg kontroversielt fordi det er eit spørsmål om kloning medfører liding for dyra. Surrogatmødrene aborterer ofte dei klona embryoa dei ber på, og ein ser ofte misdanningar hos dei fødde klonane. I spørsmål om ein skal tillata kloning, vil det difor vera ei avveging mellom nytta ein kan ha av dei klona dyra, til dømes for å forske på arvelege sjukdomar hos menneske, og den belastninga ein utset dyra for.

Viss kloning av menneske skal verta ein realitet ein gong i framtida, må fleire titalls kvinner godta å få sett inn klona embryo i si livmor. Av dei som vert gravide, vil dei fleste abortera før fullgått svangerskap. Og dersom eit klona barn skulle sjå dagens lys, vil det vera ein ganske stor risiko for at barnet vil bli født med misdanningar. ◆

Bioteknologi er ikke lenger forbeholdt ekspertmiljøer. Illustrasjon: Sigrid Bratlie/Bioteknologirådet.

Bioteknologi har så langt vært forbeholdt laboratorier på universiteter og store selskaper med teknisk kompetanse. Slik er det ikke lenger. Hvilke muligheter og utfordringer skaper gjør-det-selv-biologi?

Av Sigrid Bratlie

NÅ ER DET MULIG å sekvensere et helt genom (arvestoff) for noen få tusenlapper på postordre. Genteknologier som CRISPR gjør det enkelt og billig å lage målrettede, genetiske endringer i alt fra bakterier til menneskeceller. Den teknologiske utviklingen har ført til en økende interesse for å ta i bruk bioteknologi utenfor de store etablerte laboratoriene. Hva betyr denne utviklingen for samfunnet?

Innovasjonsdriver

Gjør-det-selv-biologi, biohacking, folkevitenskap – det finnes mange navn på denne ferske, raskt voksende bevegelsen (se faktaboks). Heikki Sørum, en av de mest aktive i det relativt lille biohacking-miljøet i Norge, forklarer tanken bak:

– Vi er opptatt av at teknologi og bruken av den skal være fritt tilgjengelig, åpen og kan etterprøves. Dette er en driver for innovasjon, siden fri tilgang på teknologi hindrer at man må finne opp hjulet hver gang.

Han mener det er en bonus at også kostnadene drives ned.

– Har noen bygget et mikroskop og gjort «oppskriften» tilgjengelig, tar det kun noen måneder før framgangsmåten er forbedret og tusenvis av litt bedre mikroskoper dukker opp. Alle spytter derfor inn i en felles kasse.

Sørum, som selv har en master i Innovasjon og entreprenørskap, mener biohacking bidrar til å utnytte den kunnskapen og nysgjerrigheten som finnes i samfunnet.

Typiske prosjekter kan være å gjøre biokjemiske og genetiske undersøkelser av celler og organismer, design og konstruksjon av lab-utstyr eller metoder, eller enkle dyrkningsforsøk med mikroorganismer og planter. De som er aktive i slike miljøer sier selv at de er opptatt av sikkerhet. Som oftest

«Zayner drømmer om en verden der biohacking er et like vanlig tidsfordriv som å lage syltetøy.

Heikki Sørum mener biohacking-miljøer kan bidra til innovasjon og lavere kostnader. Foto: Privat.

drives laboratoriene av folk med sikkerhetstrening, som blant annet vet hvordan man håndterer biologisk avfall på en forsvarlig måte.

Men kan demokratiseringen av bioteknologien gå for langt? Hva skjer når du ikke engang trenger å oppsøke et hobbylaboratorium for å prøve det selv?

Gjør-det-selv-GMO

Er du på jakt etter en ny hobby og har noen tusenlapper å avse, kan du nå kjøpe deg utstyr til å kunne drive relativt avansert genteknologi på kjøkkenbenken hjemme. For eksempel kan du genmodifisere gjærceller så de blir selvlysende. Kanskje blir du festens midtpunkt med selvlysende, hjemmebrygget øl? Det er i hvert fall idéen bak det amerikanske nettstedet The Odin, som gjør gode penger på å selge «genteknologiske hjemmesett» til Hvermansen. Det er den noe eksentriske Josiah Zayner, tidligere forsker i biofysikk og selverklært biohacker, som står bak. Zayner drømmer om en verden der biohacking er et like vanlig tidsfordriv som å lage syltetøy.

Morsom hobby eller risikabel tukling?

Etter hvert som gjør-det-selv-biologi øker i popularitet, blir imidlertid både myndigheter og forskere stadig mer bekymret for hva de sikkerhetsmessige og etiske konsekvensene kan bli. Blant annet kan man enkelt bestille et CRISPR-sett for å lage antibiotikaresistente bakterier hjemme.

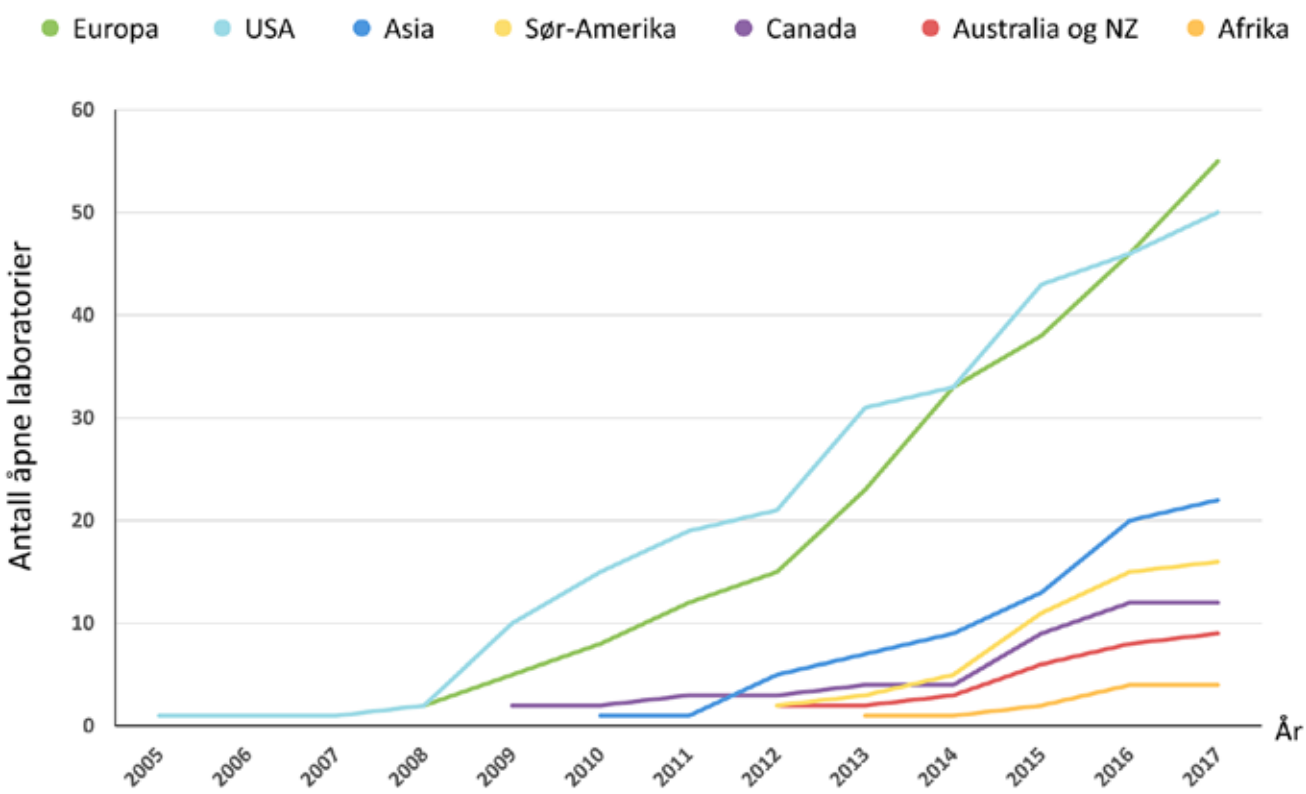
– Det er vesensforskjell på å lage selvlysende gjær, som etter all sannsynlighet ikke medfører noen åpenbar risiko for miljøet, og antibiotikaresistente bakterier som faktisk kan utgjøre en reell trussel. Og det er forskjell på å gjøre det i kontrollerte omgivelser på et laboratorium, slik vi gjør i vårt biohackingmiljø, og på kjøkkenbenken hjemme, forklarer Sørum.

I tillegg til at selve antibiotikaresistensen potensielt kan spres til andre bakterier, ble

En folkebevegelse i vekst

Det har blitt etablert en rekke åpne laboratorier, der alle som måtte ønske kan prøve seg som hobbybioteknologer. De første poppet opp i Europa, USA og Canada for rundt ti år siden. I 2017 finnes mer enn 150 av dem, fordelt på alle kontinenter (se figur).
Bevegelsen bygger på samme ideologi som såkalt «åpen kildekode» (Open source), der dataprogrammerere legger ut fritt tilgjengelig programvare.

Saken fortsetter >>



The Bookings Institution, omarbeidet.

«Vi vet at folk er villige til å gå langt når de er alvorlig syke.

det i mars 2017 avdekket at noen av disse settene var forurenset med sykdomsfremkallende, multiresistente bakterier. Selv om risikoen for å bli smittet og syk ble ansett å være relativt lav, påpekte Det europeiske senter for forebygging av og kontroll med sykdommer (ECDC) at det kunne skjedd dersom bakteriene for eksempel kom i kontakt med et åpent sår. Funnet førte til at tyske myndigheter har forbudt import av slike hjemmesett. ECDC oppfordret også alle forbrukere av slike sett til å kjøpe dem fra kvalitetssikrede kilder. Hvorvidt folk kommer til å høre på dette rådet, er imidlertid usikkert.

Manglende kontroll

I Norge er all genmodifisering utenfor godkjente laboratorier regnet som utsetting av GMO, og skal godkjennes etter genteknologiloven. Det er imidlertid usikkert om det er mulig å håndheve disse bestemmelsene når hvem som helst enkelt kan få tilgang på teknologien.

En bekymring er at genmodifisering av bakterier og andre potensielt farlige mikroorganismer kan gå skikkelig galt, enten ved uhell, eller ved at teknologien havner i gale hender. Kan man for eksempel lage sykdomsfremkallende virus og bruke som biologiske våpen? (Se egen sak på side 9).

Det er imidlertid ikke bare hjemmemodifiserte bakterier som skaper hodebry. En helt annen gren av biohackingen som blir mer populær, har sine helt egne utfordringer: Bruk av bioteknologi på seg selv.

Gjør-det-selv-medisin

For pollenallergikere er kløende øyne, tett nese og søvnighet det første sikre vårtegnet, og kilde til mye irritasjon. For enkelte, for eksempel dem med peanøttallergi, kan imidlertid en allergisk reaksjon bli vesentlig mer alvorlig enn som så. For dem kan en Epipenn – en liten adrenalinsprøyte i veska – bety forskjellen på liv og død. Det ble derfor stor fortvilelse da legemiddelfirmaet Mylan, produsenten av Epipennen, skrudde opp prisen fra under 100 dollar til mer enn 600 dollar i starten av 2017. Da tok biohackergruppen Four Thieves Vinegar saken i egne hender. I protest mot det de mente var uetisk prising av livreddende medisin, la de ut en oppskrift på nett for hvordan man enkelt kunne lage sin egen epipenn (the Epipencil) for rundt 35 dollar. Stuntet har av mange blitt hyllet som en av biohackingens store suksesser.

En ganske annen reaksjon møtte Tristan Roberts da han i oktober i fjor satte en sprøyte med eksperimentell HIV-behandling rett i mageskinnet, live på YouTube. Sprøyten inneholdt et stoff som skal stimulere immunforsvaret til å bekjempe HIV-viruset som har infisert blodcellene hans. Behandlingen har aldri tidligere blitt forsøkt på mennesker. Forskere og bioetikere reagerte med vantro, og advarte andre på det sterkeste fra å prøve noe lignende.

Fare for bivirkninger

– I de fleste tilfeller vil antagelig virkningen av slik egenbehandling være minimal. Men det kan også forårsake alvorlige bivirkninger, sier Steinar Madsen i Statens Legemiddelverk.

Han mener trenden med hjemmebehandling er bekymringsfull.

– Blant annet kan man få en overaktivering av immunforsvaret, som kan føre til skader på kroppens vev, forklarer han.

Det har forekommet dødsfall i utprøvinger av genterapi grunnet slike immunreaksjoner.

Bekymret er også de amerikanske legemiddelmyndighetene US Food & Drug Administration (FDA). Etter episoden med Roberts publiserte de en advarsel. Der presiserte FDA at det er ulovlig å selge gjør-det-selv-genterapi og andre behandlinger som ikke er godkjent, og frarådet alle å prøve dem. Likevel har det ved flere anledninger blitt gjort lignende stunt, live på nett, som det Roberts gjorde etter advarselen. Det har også versert historier på nett om at gjør-det-selv-behandling har blitt forsøkt i Norge, særlig av alvorlig syke kreftpasienter.

Steinar Madsen i Statens Legemiddelverk er bekymret over trenden med hjemme-behandling. Foto: Statens Legemiddelverk.

Uklar regulering

Steinar Madsen mener god informasjon er nøkkelen.

– Dette er et felt der det ikke er klar regulering, og hvor myndighetene har begrenset kontroll. Vi vet at folk er villige til å gå langt når de er alvorlig syke, og det er fullt forståelig. Det er ikke forbudt å eksperimentere på seg selv, men vi må være flinke til å informere folk om begrensninger og risiko. Det ville også vært nyttig å følge opp folk som har forsøkt slik eksperimentell behandling for å se hvordan det går med dem, sier han.

Et viktig spørsmål er hvem som har ansvaret dersom det går galt.

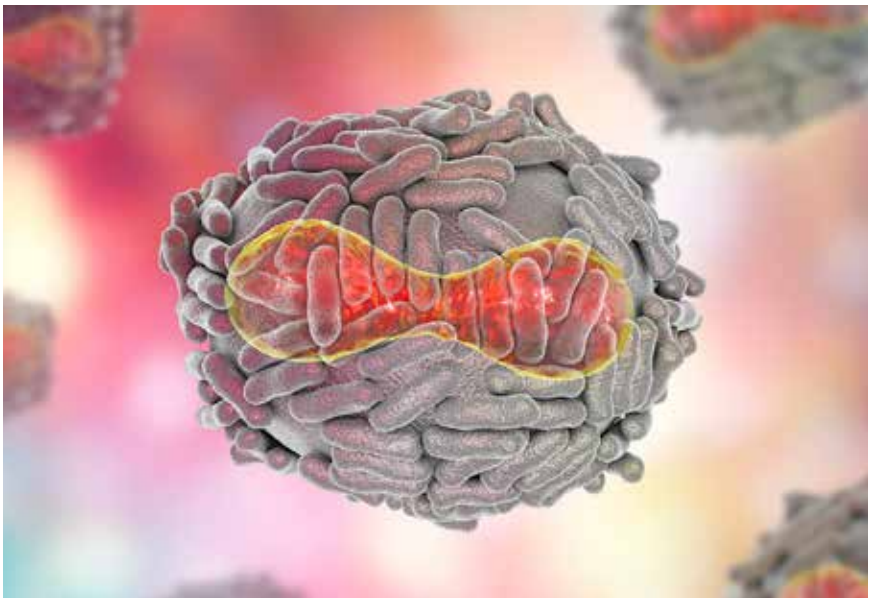
– Dersom man skulle være uheldig og få bivirkninger av en slik behandling, vil man få hjelp av helsevesenet. I andre land kan det imidlertid oppstå noen problemer. Det er for eksempel uklart hvilket ansvar forsikringsselskapene har dersom du bevisst har påført deg selv skade gjennom en ikke-godkjent eksperimentell behandling, sier Madsen.

For mange koker det hele ned til ett essensielt spørsmål: Bør vi selv kunne bestemme hva vi ønsker å gjøre med egen kropp, eller bør hensynet til risiko og samfunnets holdninger veie tyngst? Slike spørsmål vil utvilsomt bli stadig mer aktuelle med den økende hverdagsliggjøringen av bioteknologien. ◆

Syntetisk koppevirus
laget fra DNA-biter sendt i posten

Forskere har laget syntetisk hestekoppevirus, som er en slektning av koppe-viruset som smitter mennesker. Viruset ble satt sammen av kjemisk fremstilte DNA-biter som ble bestilt fra et bioteknologisk firma. Men hvorfor gjorde forskerne dette? Og burde de holdt resultatet for seg selv?

Av Hilde Mellegård



Grafisk fremstilling av koppevirus. Foto: iStock.

I SYNTETISK BIOLOGI brukes verktøy som genteknologi, molekylærbiologi og IT-teknologi for å lage helt eller nesten helt kunstige biologiske systemer. Eksempler på bruksområder er til forskning og legemiddelproduksjon, i produksjon av industrielle enzymer og som biodrivstoff. Flere virus, som poliovirus, og nå også hestekoppevirus, er blitt laget på laboratoriet. Det er også mulig å lage DNA fra bunnen av. De kjemiske basene A, T, G og C kan da settes sammen slik man ønsker for å få produsert molekyler med ulike funksjoner.

Til nytte og besvær

Forskning kan gi oss ny kunnskap, teknologier og produkter, men kan også misbrukes. Arbeidet til forskerne som laget hestekoppeviruset ble offentliggjort i det vitenskapelige tidsskriftet PLOS ONE i januar 2018. Både i forkant og i etterkant av publiseringen har det vært mye diskusjon rundt hvorfor forskningen ble satt i gang og om det var riktig å offentliggjøre resultatene. Kritikere mener nemlig at artikkelen kan brukes som en oppskrift på koppevirus på mennesker, som igjen kan misbrukes til biologisk terror og krigføring.

Bestilte på nett

Et amerikansk legemiddelfirma og canadiske forskere står bak arbeidet med å lage syntetisk hestekoppevirus. DNA-sekvensen til dette viruset er tidligere kartlagt, så forskerne bestilte ti syntetisk fremstilte DNA-fragmenter fra et kommersielt firma i Tyskland. Forskerne satte så bitene sammen. Etterpå pakket de DNA-et inn i viruspartikler som kan infisere celler og formere seg. Virus kan nemlig ikke formere seg på egen hånd, men er avhengig av celler fra andre organismer.

Koppevirus på mennesker – en fryktet sykdom

Hestekoppevirus er ikke farlig for mennesker, og regnes for å være på grensen til utryddet. Menneskekoppevirus er derimot omtalt som én av menneskehetens mest dødelige sykdommer. Effektiv vaksinering satte en stopper for virusets herjinger. Verdens helseorganisasjon erklærte sykdommen for utryddet i 1980, og det er derfor ikke lenger massevaksinering av befolkningen i Norge eller andre land.

Hvorfor og hvorfor ikke?

Hvorfor gjorde så forskerne dette? Det syntetiske viruset eies av det amerikanske farmasøytiske selskapet bak studien, og selskapet ønsker å utvikle en ny vaksine for koppevirus hos mennesker. Forskerne argumenterer med at deres arbeid vil kunne bidra til tryggere og mer effektive vaksiner. Vaksinering kan igjen bli aktuelt dersom det skulle komme et terrorangrep med enten naturlig eller syntetisk virus. En annen begrunnelse var ifølge forskerne å vise at det går an å lage viruset syntetisk, samt få mer kunnskap om biologien til koppevirus. Én av forskerne mener også at forskningsarbeidet deres kan bidra til å utvikle virus som dreper kreftsvulster.

> «Menneskekoppvirus er omtalt som én av menneskehetens mest dødelige sykdommer.

Kritikere mener på sin side at en oppskrift på å lage hestekoppevirus kan brukes som mal for å lage koppevirus på mennesker. Dersom dette gjøres av terrorister eller ustabile stater, kan det få store følger. Noen av kritikerne mener at argumentet med å utvikle nye vaksiner til mennesker ikke holder mål. De sier at eksisterende vaksiner mot kopper er trygge, at det i tillegg allerede er utviklet to nye vaksiner, og at det derfor ikke er noe marked for en ny vaksine basert på hestekoppevirus. ◆

Kompensasjonen for å donere egg varierer fra 500 til 12000 kroner. Foto: iStock.

Eggdonasjon – hva velger Norge?

Eggdonasjon er ett av vårens store diskusjonstemaer på Stortinget.

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud

PÅ STORTINGET diskuteres det nå endringer i bioteknologiloven; loven som regulerer hva slags assistert befruktning som skal være tillatt her i Norge. Ett av de vanskeligste temaene blir eggdonasjon. Eggdonasjon er lovlig i de fleste europeiske land, men i ikke Norge, Tyskland, Sveits og Italia. Hvert år reiser derfor stadig flere norske kvinner til andre land i Europa for å bli gravide med donoregg. Det kan være mange årsaker til at en kvinne ønsker å bli gravide med andres egg. Noen kvinner er født med få eller ingen egg, andre kommer tidlig i overgangsalderen, eller venter for lenge med å bli gravide.

Et flertall i Bioteknologirådet har anbefalt norske myndigheter å endre lovverket for å gjøre eggdonasjon lovlig ved at kvinner som gjennomgår assistert befruktning donerer overskuddsegg. Helsedirektoratet har anbefalt at eggdonasjon blir lovlig på lik linje med sæddonasjon, men de politiske partiene i Norge er uenige, også innad.

Drømmen om et barn

Tina Avantis Johnsen har reist utenlands for å oppfylle drømmen om å bli mamma. Resultatet er en ni måneder gamle datter.

– Jeg har alltid ønsket meg en stor familie med mann og flere barn, men den rette lot vente på seg. Da jeg fylte 40 år og var singel, innså jeg at måtte ta grep selv. Legen ga meg etter en fertilitetsutredning tre måneder på å bli gravid fordi eggreservene mine nesten var tomme. Da begynner du ikke å lete etter drømmemannen.

Johnsen reiste til Danmark, startet hormonbehandlinger og prøvde å bli gravid med donorsæd og egne egg. Hun ble gravid, men aborterte to ganger. Til slutt sa legen at hvis hun virkelig ønsker et barn, var donoregg veien å gå. Hun opplevde valget som etisk vanskelig, men tok til slutt beslutningen om å prøve. I Danmark var det inntil nylig ikke lov med dobbeltdonasjon, hvor både egg og sæd er donert. Valget falt derfor på en klinikk i Tsjekkia.

Ukjent eggdonor

De fleste land i Europa som tillater eggdonasjon, krever at eggdonor er anonym. Johnsen vet derfor ikke hvem som er genetisk opphav til datteren. Hun har dog valgt en åpen sæddonor, slik at datteren senere kan få vite hvem donor er.

– Som psykolog vet jeg mye om identitet og identitetsutvikling. Jeg fikk heller ikke

selv vite hvem min egen far var før jeg var 20 år, og har kjent på kroppen hvordan det kan være å lure på hvor man kommer fra. Jeg skulle ønske at både sæddonor og eggdonor var kjent, slik at datteren min kan få vite hvem som er hennes genetiske opphav hvis hun har behov for det. Dessverre er det bare få klinikker, som finske, som tillater eggdonorer med kjent identitet.

Det finnes fortsatt kun et begrenset antall studier som har tatt for seg den psykososiale utviklingen blant barn som er unnfanget med eggdonasjon. Studiene som finnes antyder at det er få eller ingen forskjeller mellom barn født ved eggdonasjon og andre barn når det gjelder psykososial utvikling og forhold mellom mor og barn.

Er det noen risiko ved eggdonasjon?

Egguthenting er en mer omfattende prosess enn sæddonasjon, selv om forskjellen har minket med nyere metoder. Eggceller hentes ut fra en kvinne (donor) som har gått gjennom to til fire uker med hormonbehandlinger, slik at flere egg modnes. Under lokalbedøvelse føres en nål inn i skjeden og eggcellene hentes ut. Den medisinske risikoen er hovedsakelig forbundet med blødninger eller infeksjoner som følge av at eggene hentes ut. I sjeldne tilfeller kan kvinnen respondere sterkere enn forventet på hormonstimuleringen, såkalt hyperstimulering.

En vitenskapelig studie fra 2009, basert på 64 publiserte studier av eggdonorer, konkluderer med at flertallet av donorene opplevde donasjonen som positiv.

Mottakere av eggdonasjon har en noe høyere forekomst av komplikasjoner hos mor og barn, i likhet med andre pasienter med fertilitetsproblemer. Enkelte kvinner får litt hyppigere svangerskapskomplikasjoner som høyt blodtrykk og blødninger. Når det befruktede egget er satt inn i livmoren, er det ca. 30-40 prosent sjanse for å lykkes. Det er samme odds som ved vanlig assistert befruktning. Hvis en kvinne blir gravid ved eggdonasjon, er det ikke økt risiko for abort etter uke 12 eller misdannelser hos fosteret.

Hvorfor velger noen kvinner å donere egg?

Det er ikke så mye som er kjent om kvinner som velger å donere egg, men i en studie fra 2011 ble 1423 eggdonorer ved 60 klinikker i 11 europeiske land intervjuet. Gjennomsnittsalderen på eggdonorene var 27 år, og hovedårsaken til at de donerte egg var idealistisk: De ønsket å hjelpe barnløse par.

Tina Avantis Johnsen har reist utenlands for å oppfylle drømmen om å bli mamma. Det var et utfordrende valg å ta. Foto: www.hildefotograf.no

Økonomiske motiver kom på andreplass, og var også avhengig av hvilket land donorene kom fra. For eksempel oppga 40 prosent av donorer i Hellas at motivasjonen var kun økonomisk. Rundt en tredjedel av kvinnene var høyt utdannet, og over halvparten hadde egne barn. I de fleste land der eggdonasjon er mulig, må donor være mellom 18 og 35 år.

> «Hun kommer til å vite at hun er utrolig sterkt ønsket, og jeg håper hun blir glad i livet sitt.

Er det godt betalt?

Mange steder er det bare snakk om en liten sum som skal dekke utgifter og tapt arbeidsfortjeneste. I England får donoren drøyt 8000 kroner. Danske myndigheter opplyser til Aftenposten at eggdonor ikke får høyere kompensasjon enn ved sæddonasjon: cirka 500 kroner. I Sverige er snitt for eggdonasjon mellom 4000 til 6000 kroner. I Skåne ble satsene økt til 11 100 kroner. Det gjorde at antall donatorer ble firedoblet og køene forsvant.

I Europa er det spanske kvinner som donerer flest egg, og eggdonasjon er en voksende industri verdt i overkant av 680 millioner kroner årlig, ifølge New York Times. Ifølge Aftenposten ligger utbetalingen til den spanske donorkvinnen vanligvis på 9500 kroner pr. uttaksrunde. Enkelte sykehus kjøper egg for 12 000 kroner. De har lange ventelister med kvinner som ønsker å donere.

Etisk vanskelig

Johnson følger diskusjonen om eggdonasjon, og forstår uenigheten.

– Dette er vanskelige etiske spørsmål, som setter i gang mange følelser. Selv opplevde jeg valget som utfordrende, men endte til slutt med å forsøke – med tanken om at livet har stor egenverdi. Jeg forventer at datteren min kan bli både sint og lei seg når hun kommer i puberteten og skal finne ut hvem hun er, men jeg skal gjøre mitt beste for å hjelpe henne med å leve med sin egen historie. Hun kommer til å vite at hun er utrolig sterkt ønsket, og jeg håper hun blir glad i livet sitt. Jeg skal i alle fall gjøre alt jeg kan for at hun skal få en god, trygg og morsom oppvekst med mange gode mennesker rundt seg. ◆

Splittet Høyre

I 2013 sa Høyre nei til eggdonasjon.
I april skal partiet ta diskusjonen på nytt.

Av Truls Petersen

Lene Westgaard-Halle.

Marianne Synnes.

PÅ STORTINGET FOR HØYRE sitter Lene Westgaard-Halle og Marianne Synnes. De har ulike syn på om bioteknologiloven bør endres når det gjelder eggdonasjon.

Likebehandling

– Jeg mener kvinner og menn bør likebehandles når det gjelder assistert befruktning. Derfor ønsker jeg at vi skal tillate eggdonasjon til par med den betingelsen at egget befruktes med partnerens sæd. Jeg ønsker altså ikke å tillate donoregg og donorsæd i samme behandling. Derimot mener jeg vi bør tilby assistert befruktning til enslige, hvor kvinnens eget egg befruktes med donorsæd, sier Synnes.

– Jeg forutsetter at reglene for eggdonasjon blir de samme som for sæddonasjon, nemlig at donor ikke kan være anonym, og at foreldrene, som regjeringen nå har foreslått, får en plikt til å informere barnet om dets genetiske opphav, sier Synnes.

Belastende for kvinnen

– Jeg har stor forståelse for argumentene på begge sider i denne debatten, men har landet på at jeg er imot eggdonasjon. Først og fremst mener jeg likestillingsargumentet ikke holder når man sammenligner prosessen for å donere sæd og donere egg. En kvinne må gjennom en svært belastende hormonkur, som innebærer medisinsk kontrollert stans og start av kvinnens syklus, at kvinnen kommer i kunstig overgangsalder, og at hun i flere uker må stikke seg selv i magen med sprøyter, sier Westgaard-Halle.

– I en syklus vil man normalt produsere ett egg, mens i en kunstig egghøstingsprosess kan kvinnen produsere 10–15 egg. Disse hentes ved at en lang nål gjentatte ganger blir stukket inn i livmoren for å suge eggene ut. Denne prosessen er ikke risikofri.

Respekt for både ja og nei

Til tross for ulike syn i spørsmålet om eggdonasjon, er de to enige om at debatten i Høyre har vært god.

– Det er godt å oppleve at det er takhøyde for å mene begge deler, sier Westgaard-Halle.

– Uenigheten har ført til at vi har diskutert disse problemstillingen åpent. Vi har respekt for hverandres syn. Jeg tror vi får en bra debatt på landsmøtet, sier Synnes.

Ja hos søta bror

Mens debatten går her hjemme, har eggdonasjon vært tillatt i Sverige siden 2003. Synnes tror hovedårsaken er at Sverige var tidligere ute med å starte debatten:

– Spørsmålet om eggdonasjon har lenge vært knyttet til alvorlighetsgraden av det medisinske inngrepet. Etter hvert som metodene utvikles og inngrepet blir mindre omfattende, er det ikke like enkelt å forby eggdonasjon av medisinske årsaker. Da blir standpunktene i større grad en etisk betraktning. Jo mer man diskuterer det i det åpne rom, jo enklere blir det for den enkelte å ta et standpunkt. Grunnen til at Sverige er kommet lenger, er at de startet diskusjonen tidligere enn oss. ◆

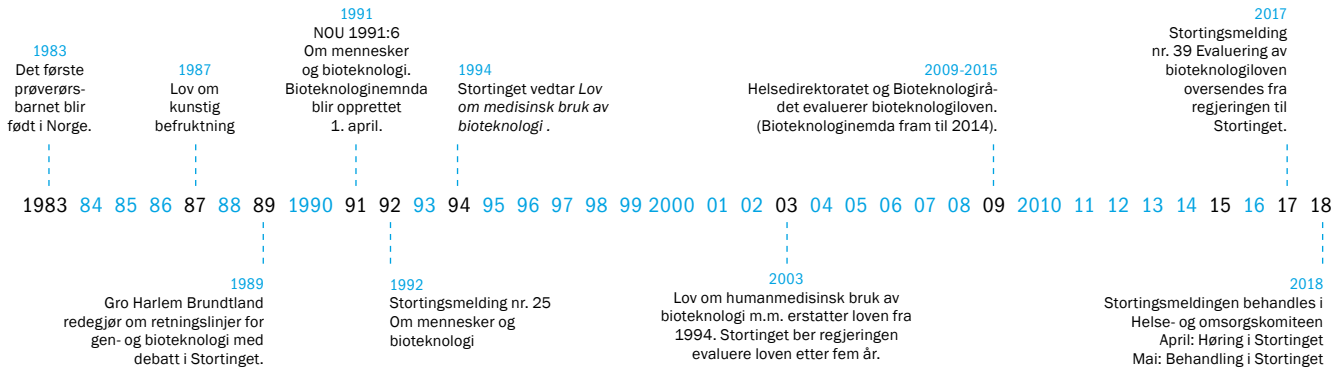
Vil Stortinget si ja?

I februar i år sa Høyres programkomite ja til assistert befruktning til enslige, men fortsatt nei til eggdonasjon. Saken avgjøres på landsmøtet i 6.–8. april. Da Høyres landsmøtet sist behandlet saken i 2013, landet partiet på nei. Denne gangen ser det ut til å bli ja.

8. mai avgir Stortingets helse- og omsorgskomité sin innstilling om saken. 15. mai faller avgjørelsen i Stortinget. Da kan Venstre og FrP sikre flertall med opposisjonen, mot Høyre.

Om det skulle bli et flertall for eggdonasjon nå, vil bioteknologiloven måtte endres. Dette vil trolig ikke kunne skje før i 2019.

Tidslinje bioteknologiloven



CRISPR-behandling og immunitet:
Bråstopp eller nye muligheter?

2018 startet med negative oppslag om CRISPR-teknologien. Men høyst sannsynlig knuser ikke nyheten om immunitet det genteknologiske håpet.

Av Sigrid Bratlie

2018 ble året da CRISPR-teknologien for alvor skulle vise hva den var god for i sykdomsbehandling. Trolig finnes det mange mulige løsninger på nyheten om immunitet. Foto: iStock.

CRISPR ER NOE AV DET største som har skjedd innen bioteknologi, og har dominert det vitenskapelige nyhetsbildet siden teknologien ble utviklet for seks år siden. 2018 skulle bli året da CRISPR-teknologien for alvor skulle vise hva den var god for i sykdomsbehandling. De første kliniske studiene i både USA og Europa er planlagt å starte opp i løpet av våren.

På nyåret spredte den første store, men denne gangen pessimistiske, CRISPR-overskriften seg som ild i tørt gress: «Immunforsvaret kan knuse verdens store genteknologiske håp», skrev for eksempel Videnskap.dk.

Immunitet mot Cas9

Nyheten stammer fra en studie som er lagt ut på BioRxiv. Dette er en såkalt preprint-database, der artikler kan publiseres før de trykkes i et tidsskrift og uten at de har vært gjennom fagfellevurdering. En forskergruppe fra Stanford University i USA har funnet ut at de fleste av oss kan være immune mot Cas9, enzymet som kutter DNA når CRISPR brukes til å lage genetiske endringer. Årsaken er at Cas9 stammer fra bakterier som kan leve i og infisere mennesker, som Stafylokokker og Streptokokker. Når immunforsvaret vårt eksponeres for fremmede molekyler og organismer, lærer det seg å gjenkjenne dem og aktivere en immunrespons for å eliminere dem. Denne reaksjonen kan potensielt stikke kjepper i hjulene for sykdomsbehandling med CRISPR/Cas9, enten fordi behandlingen ikke vil virke, eller fordi man kan få bivirkninger ved at immunforsvaret blir overaktivert.

Flere mulige løsninger

Mange av de planlagte forsøkene med sykdomsbehandling med CRISPR vil ikke påvirkes nevneverdig av funnene i artikkelen. Europas første kliniske studie tar sikte på å behandle en genetisk blodsykdom ved å hente blodcellene ut av kroppen, og endre dem i laboratoriet før de gis tilbake til pasienten. Da vil ikke pasientens immunforsvar kunne reagere på CRISPR-molekylene. Samme prinsipp gjelder for mange av kreftbehandlingene som utvikles. I USA er det antagelig genetiske øyesykdommer som først blir forsøkt behandlet med CRISPR. Øyet holdes delvis skjermet fra immunforsvaret. Det er derfor å forvente at heller ikke denne behandlingen med CRISPR vil skape problematiske immunreaksjoner.

> «Omtrent 35 prosent av oss vil ikke være immune mot Cas9

Ved bruk inni en menneskekropp er imidlertid immunitet og bivirkninger viktige aspekter å undersøke og ta hensyn til når man skal bruke CRISPR til å behandle sykdom. Men det finnes flere mulige løsninger på problemet.

For det første kan man i stor grad teste hvilke pasienter problemet vil gjelde. Dersom tallene fra artikkelen stemmer, vil omtrent 35 prosent av oss *ikke* være immune mot Cas9, og derfor ikke være utsatt.

I tillegg er det håp om at Cas9 kan endres, slik at enzymet blir «usynlig» for immunforsvaret. En annen mulighet er å gjøre tilpasninger, slik at enzymet ikke varer lenge nok inne i kroppen til at det rekker å utløse en immunreaksjon.

Det største potensialet ligger likevel i den raske utviklingen av en rekke andre CRISPR-enzymer fra andre bakterier som ikke finnes naturlig i mennesker, og som vi derfor ikke har immunitet mot. Disse vil etter hvert kunne erstatte Cas9.

Trolig erstattes derfor de negative oppslagene ved starten av 2018 med godt nytt fra CRISPR-fronten. ◆

Gendoping
– ny trend hos løpshester?

Gendoping er spådd å være neste fase for juks innen idrett. Også når det gjelder hester.

Av Hilde Mellegård

– GENDOPING er antakelig den neste dopingtrenden innen hestesport, sier forsker Tessa Wilkin ved Universitetet i Sydney.

I 2017 så hun og australske kolleger nærmere på fenomenet gendoping hos veddeløpshester. Også her hjemme er gendoping noe miljøet rundt hestesporten er opptatt av.

– Vi har fokus på dette. Samtidig er det utfordrende å kunne avdekke denne formen for juks, sier Birgit Ranheim, som er forsker ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).

Hun leder også hestesportens utvalg for utredning av dopingsaker, og forteller at dersom gendoping blir avslørt, er konsekvensene alvorlige.

– Gendoping av travhester vil medføre utestengelse av hesten på livstid.

Store gevinster og fristelser

«Hest er ikke den raskeste måten å bli fattig på, men definitivt den sikreste», er et uttrykk innen hestesporten. Det kan imidlertid være mye penger å hente ved å satse på hest. I trav- og galoppsporten er det ofte store premiepenger. Hester som gjør det bra i konkurranser, øker også sin egen og eventuelle avkoms verdi. Prisen på et føll etter gode hester kan være flere millioner kroner. Derfor kan det være fristende å jukse for å gjøre det bra. En av de siste skandalene i Norge var i 2016 i Oslo Grand Prix, et storløp innen travsporten. Her testet flere av hestene positivt på et stoff som kan gi økt oksygenopptak.

Gentester

Hestens arvestoff ble kartlagt i 2006. Dermed ble det mulig å finne ut mer om hvilke gener som styrer ulike egenskaper. Og ulike gentester på markedet kan muligens fortelle en hesteeier om deres håpefulle vil gi klingende mynt i kassa. For 380 engelske pund kan du bestille en DNA-test av hesten din for å vurdere løpspotensialet. Du kan også få informasjon om hvor bra avkom denne hesten vil gi sammen med en spesifikk hest av motsatt kjønn. Og ønsker du å forutsi høyden på føllet ditt som

Veddeløpshester må ha fart og utholdenhet for å gjøre det bra. Foto: iStock.

Gendoping kan bli en utfordring også i travsporten. Foto: iStock.

Veterinær Birgit Ranheim leder hestesportens arbeid med dopingsaker. Foto: privat.

voksen hest, så finnes det en gentest også for dette. For travsportinteresserte har svenske forskere funnet ut at bestemte genvarianter kan henge sammen med en travhest sin evne til å holde seg til gangarten trav under løp. Går hesten over i galopp, blir den diskvalifisert. Et amerikansk firma tilbyr nå gentesting for dette.

Men selv om en gentest kan si noe om muligheten for at en hest kan løpe fort og langt, så betyr ikke det at én gentest gir alle svar. Det er flere egenskaper som påvirker kapasiteten til en hest, og disse kan igjen styres av flere gener. Antagelig er det også gener som vi i dag ikke kjenner til som virker inn på prestasjonsnivået. Dessuten kan miljøet påvirke om og i hvilken grad gener slås av eller på. Dette kalles epigenetikk. En test for å bestemme varianten av ett eller et fåtall gener vil derfor kun gi oss en mindre del av fasiten.

Endre gener ved genterapi

Gentester er ikke doping. Men teknologien bak, genteknologi, kan bli misbrukt for å skaffe seg fortrinn i konkurranser. I de fleste tilfeller er det imidlertid nyttige formål som ligger bak. Eksempler er forskning og utvikling av behandling mot sykdom og skade. Ved hjelp av genterapi er det mulig å endre eller påvirke arvestoffet hos en pasient for å behandle sykdom. For noen sykdommer hos mennesket er derfor genterapi godkjent som behandlingsform, også i EU, og flere kliniske forsøk pågår.

Genterapi er aktuelt også for hester. Skader på muskler og skjelett på grunn av belastning under trening og løp er ikke uvanlig hos løpshester, og er en utbredt årsak til at flere av hestene pensjoneres tidlig. Forskere har derfor gjort forsøk med blant annet å injisere DNA som koder for proteiner som er med på å bygge opp skadet vev. Men hvor går grensa mellom behandling eller forebygging av skade og juksing? Dersom genterapi brukes innen idrett for andre formål enn medisinsk behandling av sykdom, kalles det gendoping – enten det gjelder mennesker eller dyr.

Vanskelig å avsløre

Antidopingorganer verden over, hestesporten inkludert, er opptatt av gendoping. Denne formen for juks kan imidlertid være særs vanskelig å oppdage. Det kan nemlig dreie seg om svært små endringer, som også kan opptre naturlig. Proteiner produsert ved gendoping, og de som er naturlig produsert, kan være svært eller helt like. Og når man i tillegg kan endre hvordan gener uttrykkes uten å endre på selve DNA-et, da sier det seg selv at det kan være utfordrende å oppdage denne formen for juks.

» Det er foreløpig ikke utviklet noen metoder for å avsløre gendoping hos løpshester.

Forskere arbeider imidlertid med å finne gode metoder for å avsløre slikt juks. Rett før OL i 2016 kom det en test for erytropoietin (EPO)-gendoping hos mennesker.

– Det er foreløpig ikke utviklet noen metoder for å avsløre gendoping hos løpshester, forteller Wilkin.

– For å utvikle slike tester må man først identifisere gener som kan være mål for gendoping.

Mange mulige juksegener

Hvilke gener er utsatt for juks? Flere egenskaper styrt av ulike gener kan være kandidater, mener de australske forskerne. Gener som regulerer muskelmassen og styrke er kanskje de mest åpenbare. Myostatin-genet, som regulerer antall og vekst av muskelfibre, blir av Wilkin og hennes kolleger trukket frem som et mulig mål for gendoping hos veddeløpshester. Gener som regulerer oksygentilførsel til musklene vil antagelig også være attraktive mål for gendoping, som for eksempel genet som koder for EPO. Dette proteinet regulerer produksjonen av røde blodceller, og dermed tilgangen til oksygen. I tillegg er gener som er involvert i dannelsen av nye blodårer og i energiomsetningen i kroppen mulige kandidater. En annen kategori kandidat-gener er de som har betydning for hestens evne til å tåle smerte, slik at hestene kan løpe lenger og komme seg raskere etter anstrengelser eller skader.

Kan gå på helsa løs

Foruten å være uetisk kan gendoping også gi helseproblemer, og dermed dårlig dyrevelferd. Ved genterapi er det viktig at det gis akkurat nok av et genprodukt, og det kan være vanskelig å ha kontroll på varigheten av behandlingen. Gendoping kan gi alvorlige bivirkninger. For eksempel kan for mye EPO gi tykt blod og høyt blodtrykk. Og dersom myostatin-genet settes helt eller delvis ut av spill, kan resultatet bli overbelastning av ledd og skjelett grunnet økt muskelmasse.

Første gang

Bruk av teknologi og kunnskap på en feilaktig måte og med kortsiktig profitt for øyet er ikke noe nytt, heller ikke innen hestesporten. Men når dukker den første saken med gendoping av en løpshest opp?

– Jeg tipper at det første tilfellet kommer på en galopphest i utlandet, mener Ranheim, før hun legger til:

– Og hvem vet, kanskje det allerede har forekommet? ◆

Sterk vekst i antall nordmenn som er sekvensert

Antallet personer som har fått sine gener sekvensert, øker kraftig. Men akkurat hvor mange, er det ingen som vet.

Av Truls Petersen, Ole Johan Borge og Elisabeth Gråbøl-Undersrud

I 2003, SAMME ÅR SOM dagens bioteknologilov trådte i kraft, ble den første sekvensen av det humane genom publisert. Det USA-ledede arbeidet inkluderte forskere fra mange land, hadde tatt ti år, og kostet over ti milliarder kroner. I dag kan arvestoffet til et menneske bli sekvensert i løpet av et par dager til en kostnad under 10 000 kroner. Prisfallet har ført til mer sekvensering.

– Vi ser at veksten er nærmest eksponentiell, sier Ola Johnsborg, seniorrådgiver i Helsedirektoratet.

Helsedirektoratet mottar årlig tall fra de fem sykehusene som har godkjenning for å gjøre gentester. Johnsborg kan ikke svare på hvor mange som er sekvensert totalt i Norge fordi det bare finnes tall fra sykehusene. Sekvensering som gjøres i forskning, rapporteres ikke.

Årlig dobling fra 2012

Med sekvensering kan du for eksempel finne ut om du er disponert for hjertelidelser eller om du har gener som gir økt risiko for kreft. Mange kan få medisin spesialtilpasset seg selv. Da sekvensering var i sin spede begynnelse på norske sykehus, ble 118 personer sekvensert (2012). Siden har det vært en dobling hvert år. Totalt ble 3531 personer sekvensert på norske sykehus fra 2012 og til 2016.

Gunnar Houge, seksjonsoverlege ved avdeling for medisinsk genetikk på Haukeland universitetssykehus, uttalte nylig på Bioteknologidagen at denne utviklingen vil fortsette.

Dermed kan vi vente at hele 7000 nordmenn vil bli sekvensert på norske sykehus i 2018. Fortsetter trenden like raskt de neste årene, vil over en halv million nordmenn være sekvensert i 2025. Da er vi nærme det framtidsscenariet som Torunn Fiskerstrand, overlege ved avdeling for medisinsk genetikk på Haukeland Universitetssykehus, beskrev i Aftenposten i 2014. Hun mente at det innen ti til femten år vil være standard prosedyre i norsk helsevesen at pasienter som kommer inn på sykehus, får alle genene sine undersøkt med genomsekvensering.

> «Hvis trenden går like raskt de neste årene, vil over en halv million nordmenn være sekvensert i 2025.

Prisen går ned

Med sekvensering leser man av rekkefølgen på byggesteinene i arvestoffet, DNA. Sekvensering gjør det mulig å få detaljert informasjon om hele arvestoffet (genomsekvensering) eller alle genene (eksomsekvensering).

Tidligere gjorde man bare målrettede gentester for å se spesifikt på noen få aktuelle gener det var mistanke om er involvert i sykdom. I tillegg ble det særlig i forskningsprosjekter gjort såkalte SNP-analyser for å se etter en rekke ulike genvarianter, uten at arvestoffet ble sekvensert. SNP-analyser (single nucleotide polymorphisms) er variasjoner i enkeltbaser i DNA. Enkelte av disse variasjonene forårsaker sykdom. SNP-analyser brukes ofte ved utredning av barn og familier med sjeldne sykdommer.

I dag har eksom- og helgenomsekvensering i stor grad tatt over for SNP-analyser, og i stadig større grad også for de målrettede gentestene. Det er fordi det er enklere og billigere å sekvensere alle genene på en gang, enn å undersøke ett og ett gen om gangen.

Kartlegging av hele arvestoffet gir veldig mye informasjon. Derfor brukes ofte dataprogrammer for å se på kun de genene man vet kan være involvert i utvikling av en gitt sykdom. Dette gjør jobben mye enklere for dem som skal tolke resultatene, og reduserer muligheten for å oppdage noe helt annet enn det pasienten faktisk kom for å bli undersøkt for.

Fagfolk Bioteknologirådet har snakket med, gir uttrykk for at sekvensering fortsatt koster såpass mye at det begrenser bruken, men at prisen trolig vil fortsette å falle. Helsedirektoratet har pekt på at det ikke er sekvenseringen, men det å tolke dataene, som vil koste. I tillegg kommer økte personellkostnader fordi det tar tid å analysere dataene. Med den raske utviklingen innen programvarer vil prisen trolig gå ned.

Sekvensering i forskning

For å få et mer komplett bilde har Bioteknologirådet kontaktet forskningsmiljøer og spurt om de gjør sekvensering, og eventuelt hvor mange de har sekvensert.

Tallene vi har samlet inn er langt fra komplette. Så langt viser de at minst 4000 personer er genom- eller eksomsekvensert i ulike forskningsprosjekter. Det er særlig de store befolkningsundersøkelsene (som HUNT i Nord-Trøndelag og Mor-Barn-undersøkelsen i regi av Folkehelseinstituttet) som har tatt i bruk sekvensering.

Vi har også spurt forskerne hva de tror om bruken av sekvensering fremover, og

«Sekvensering har åpenbare fordeler for leger, forskere – og ikke minst pasienter.

Med sekvensering kan mange få spesialtilpasset medisin. Foto: iStock.

alle forventer at bruken vil øke. Når vi legger sammen antall vi forventer blir sekvensert på norske sykehus med det forskerne har gjort og regner med å gjøre i løpet av 2018, så estimerer vi at omkring 31 000 personer vil være sekvensert ved utgangen av 2018. Det tilsvarer om lag 0,5 prosent av den norske befolkningen. Tallene fordeler seg omtrent jevnt på eksom- og helgenomsekvensering, og mellom bruk på sykehus og i forskning.

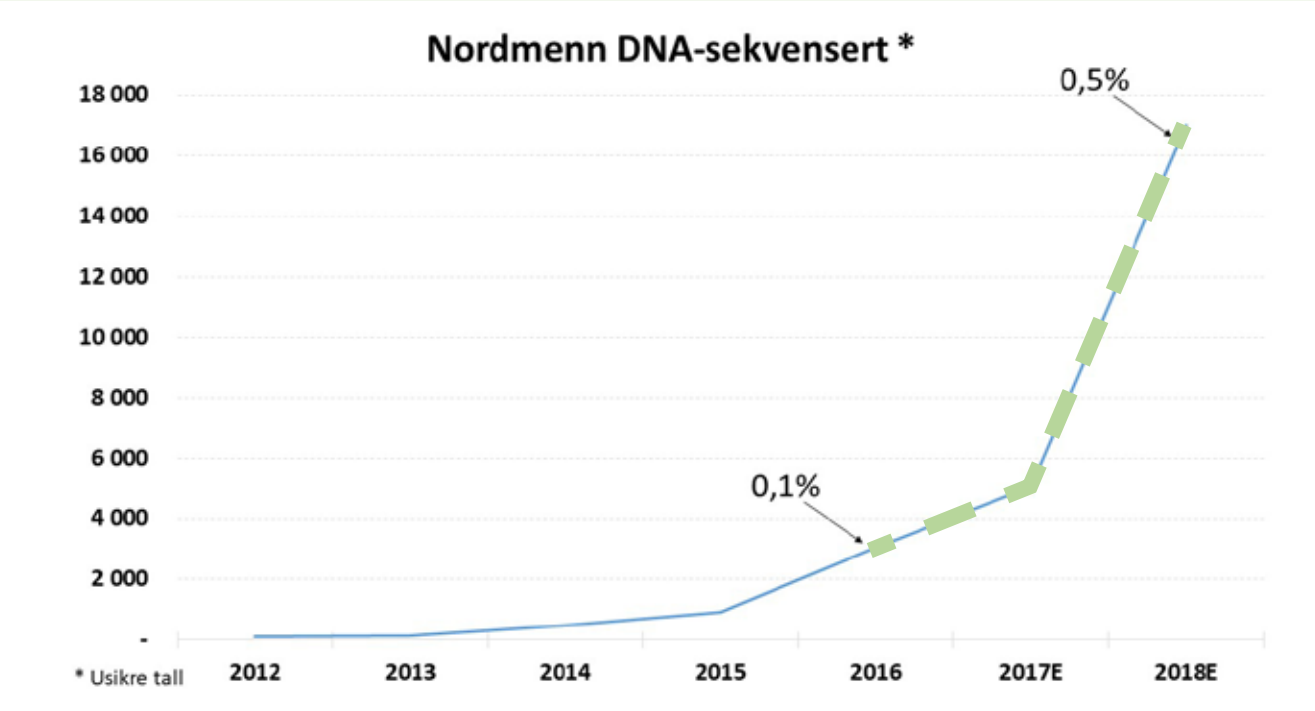
Knut Ruyter er avdelingsdirektør for Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst), som er en av komitéene som vurderer etikken i forskningsprosjekter før forskerne kan sette i gang. Ruyter forteller at de stadig oftere får søknader på prosjekter hvor det er planlagt sekvensering.

Men også våre tall har huller. Blant annet finnes det en rekke mindre forskningsprosjekter som vi ikke har tall fra. I tillegg kommer de enkeltpersonene som selv har bestilt sekvensering fra ett av de utenlandske firmaene som tilbyr dette. Derfor kan vi med sikkerhet si at de reelle tallene er høyere enn vi har funnet ut så langt.

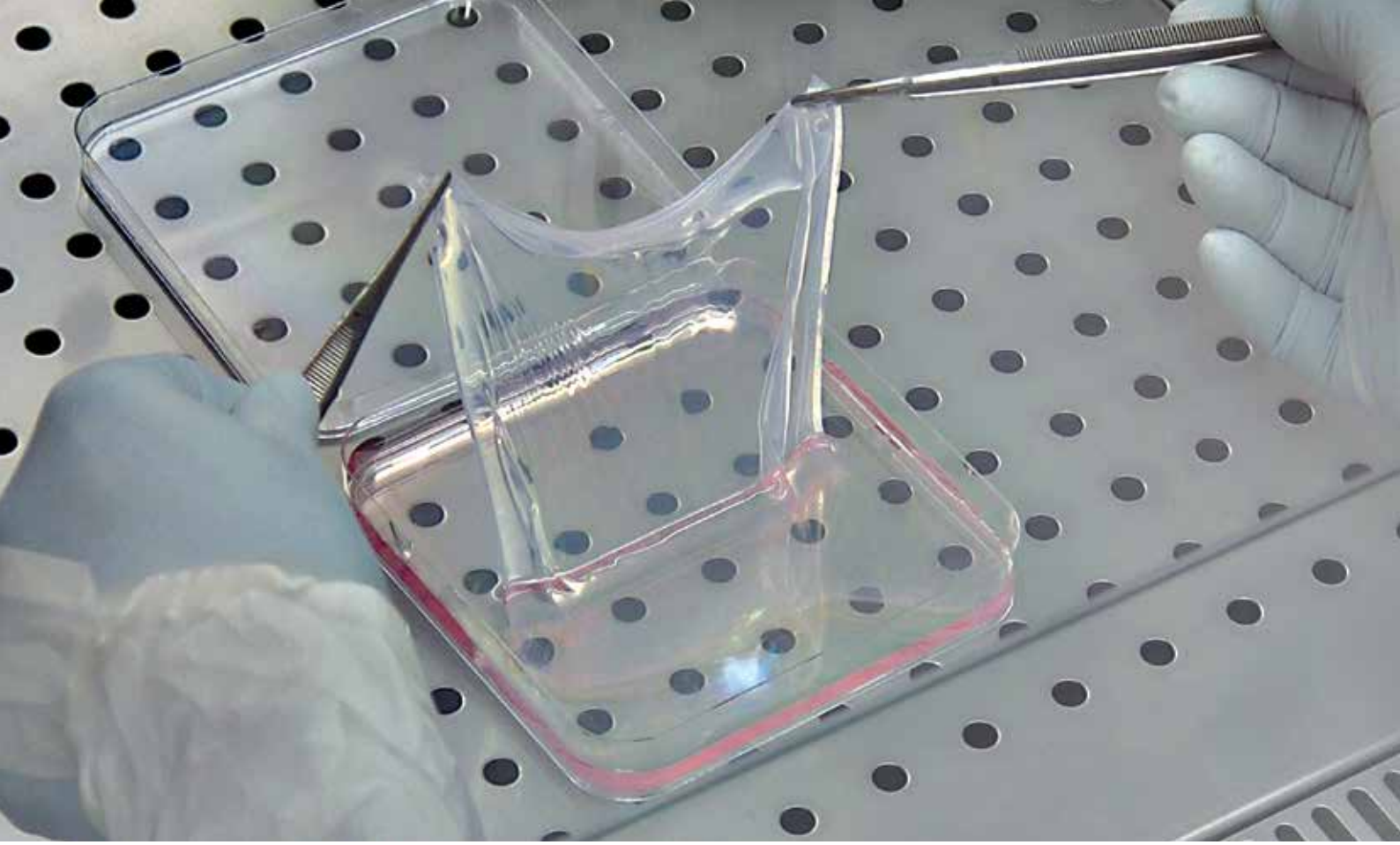
Nytte og unytte

Sekvensering har åpenbare fordeler for leger, forskere – og ikke minst pasienter. Metoden gjør det mulig å undersøke en rekke gener uten å gjenta analysene flere ganger. Framgansmåten er derfor særlig nyttig der legen står uten noen klar idé om hva som feiler pasienten, eller for forskere som vil studere sammenhenger mellom mange gener.

Men teknologien skaper også utfordringer. Man kan gjøre funn man ikke er forberedt på, finne genvarianter vi ennå ikke kjenner funksjonen til, eller der sammenhengen med sykdomsrisiko er svak. I slike tilfeller er det ikke like opplagt hvordan resultatet fra sekvensering kan bli brukt for å velge videre behandling. Studier har vist at usikkerhet ofte genererer behov for flere undersøkelser. Dette er grunner til at blant annet Helsedirektoratet har pekt på at såkalt overdiagnostikk og overbehandling kan være utfordringer ved bruk av sekvensering. Det er også personvernutfordringer knyttet til å lagre store gensekvenser. ◆



Stadig flere nordmenn ønsker å få genene sine sekvensert. Illustrasjon: Bioteknologirådet.



Hud laget av genmodifiserte stamceller. Foto: Stefania Bettinelli.

Sommerfulgbarna – nytt håp med genterapi

En sju år gammel gutt med en dødelig hudsykdom har fått et nytt liv. Forskere erstattet 80 prosent av kroppen hans med hud laget av genmodifiserte stamceller.

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud

SOMMERFUGLBARN kalles barn med en hudsykdom som gjør huden deres like skjør som en sommerfuglvinge. Barna kan få store, smertefulle sår over hele kroppen, og det finnes i dag ingen helbredende behandling for sykdommen. Nå har imidlertid Hassan, en syv år gammel gutt i Tyskland, fått et annet liv takket være eksperimentell genterapi. For to år siden var han dødssyk. I dag går han på skole og løper rundt på fotballbanen sammen med vennene sine.

Genfeil gir skjør hud

Overlege Jan Cezary Sitek ved Seksjon for hudsykdommer ved Oslo universitetssykehus behandler norske pasienter med samme sykdom.

Resultatene i tidsskriftet Nature er på mange vis imponerende, forteller Sitek.

– For det første er det fantastisk å se at den livstruende syke gutten er blitt så frisk etter behandlingen han har fått. Studien kombinerer to av de mest spennende forskningsområdene akkurat nå, stamcellebehandling og genterapi. Det er ikke ofte Nature publiserer studier som omhandler bare én pasient. Men jeg skjønner hvorfor de har gjort et unntak i dette tilfellet. Studien viser at det er mulig å dyrke store mengder ny hud fra pasientens egne hudstamceller. Disse hudstamcellene har først fått korrigert genfeilen som forårsaker hudsykdommen. I tillegg har forskerne oppdaget ny kunnskap om biologien til hudstamcellene.

– Hva slags sykdom har gutten?

– Gutten har en svært alvorlig form for hudsykdommen Epidermolysis Bullosa (EB), som gjør at overhuden ikke fester seg godt til den underliggende lærhuden. Huden vår består av flere lag, og årsaken til EB er feil i gener som lager proteiner som holder lagene sammen. Sykdommen er livslang, og varierer i alvorlighetsgrad fra milde plager til meget alvorlig sykdom i huden og i slimhinner, sier Sitek.

En smertefull og krevende lidelse

I Norge blir det årlig født ett til to barn med EB. I 2011 hadde Senter for sjeldne diagnoser registrert om lag 120 personer med EB. Dr. Sitek og kolleger ved Rikshospitalet

«‘Sommerfuglbarn’ høres vakkert ut, men gjenspeiler egentlig en uhyre krevende sykdom å leve med.

møter mange av disse. Han forteller at for de alvorligste formene for EB, har barnet sår allerede ved fødsel.

– «Sommerfuglbarn» høres vakkert ut, men gjenspeiler egentlig en uhyre krevende syk-dom å leve med. Pasientene kan utvikle sår av dagligdags berøring, og må kanskje daglig gjennomføre bandasjeskift som kan være smertefulle. For noen av pasientene våre er utgiftene til bandasjer over én million kroner årlig, sier Sitek.

Nytt håp med hud laget fra stamceller

I 2015 ble Hassan lagt inn på sykehus i Tyskland. Dr. Rothoefs, som var legen som

«Hudcellene fikk korrigert det syke genet, og store mengder hud ble dyrket opp.

hadde hovedansvaret for behandlingen, forteller til New York Times at de trodde den lille gutten kom til å dø. Nesten 70 prosent av huden var borte. Legene årlig prøvde forskjellig type antibiotika og hudtransplantasjon fra faren, men ingenting virket. Som et siste halmstrå kontaktet de en forskningsgruppe i Italia som i flere år behandlet mennesker som har fått ødelagt huden i brann. Ved å få stamceller i laboratoriet til å dele seg raskt og spesialisere seg til alle de ulike celletypene huden vår består av, har forskerne klart å lage store biter ny hud som kan brukes i transplantasjon. Forskerteamet har også tatt små hudbiter fra pasienter med EB, og brukt virus for å korrigere genet som er sykt.

For Hassan var dette redningen. De tyske legene skar en liten hudbit fra et område som ikke hadde sår, og sendte hudbiten til Italia. Hudcellene fikk korrigert det syke genet, og store mengder hud ble dyrket opp. Hassan ble lagt i koma i fire måneder. Legene transplanterte ny, genmodifisert hud på over 80 prosent av kroppen hans. Forskerne observerte at de fleste av de nye hudcellene overlevde en stund før de døde. Én spesiell type stamcelle overlevde imidlertid, og ga opphav til nye hudceller som spredde seg over nesten hele kroppen til gutten. Ved fremtidig behandling kan det derfor være aktuelt å transplantere kun disse cellene.

21 måneder etter operasjonen, hadde overhuden festet seg godt til underhuden. Huden var uten sår og blemmer, og Hassan kunne reise hjem sammen med foreldrene sine.

Virus får nye gener inn i cellene

En utfordring med genterapi er å få det nye genet inn i celler. Virus er flinke til å infisere menneskeceller, noe vi kjenner når vi er forkjølet. Hittil har derfor virus vært det vanligste hjelpemiddelet for å få de nye genene inn i cellene. De har nemlig spesialisert seg på å levere gener til cellene våre. Men teknikken har flere ulemper, blant annet fordi kroppen kan oppfatte virus som fremmed og danne antistoffer mot viruset. I tillegg kan viruset plassere det nye genet på et tilfeldig sted i arvematerialet, slik at det kan påvirke andre gener. For Hassan ser denne prosessen ut til å ha gått fint. Legeteamet som behandlet han følger han tett opp, og så langt er det ikke noen bivirkninger. I fremtiden håper forskerne å bruke genredigeringsverktøyet CRISPR for å korrigere feilen som forårsaker sykdom i hudcellene.

Nytt framtidshåp også for norske pasienter?

Sitek tror at norske EB-pasienter som har denne type genfeil i framtiden vil kunne sendes til utlandet til behandling.

– Dette er svært avansert behandling som krever sterke og dedikerte fagmiljøer innen stamcellebehandling, genterapi og hudsykdommer. Siden vi har så få pasienter, tror jeg ikke at norske miljøer kan bygge opp tilsvarende kompetanse. Men hvis behand-

Overlege Jan Cezary Sitek behandler norske pasienter med EB. Foto: Privat.

lingen viser seg å være effektiv og trygg og blir tilbudt i fremtiden, bør vi kunne sende norske pasienter utenlands, sier Sitek.

Han forteller at det foregår mye annen lovende eksperimentell behandling for EB, blant annet i USA og Nederland, hvor EB-pasienter får beinmargstransplantasjon med stamceller.

– Til nå har dødeligheten vært for høy ved beinmargstransplantasjon, og det har vært en diskusjon om transplantasjonen gir gode resultater på lang sikt. Men de siste par årene har det skjedd forbedringer. Hvis det viser seg at behandlingen har effekt og betydelig lavere dødelighet, bør dette kunne være et behandlingsalternativ for norske pasienter. ◆

Referanse til artikkelen: T. Hirsch et al. Nature http://dx.doi.org/10.1038/nature24487; 2017

Fakta om Epidermolysis Bullosa

- EB er en fellesbetegnelse på flere medfødte, genetisk overførbare og svært sjeldne hudsykdommer.
- Mennesker med EB har en hud som er svært skjør, og det oppstår lett blemmedannelser i huden.
- Sykdommen kan variere fra milde symptomer til funksjonshemmende og livstruende skader.
- Arr som oppstår kan gi alvorlige deformasjoner og innskrenket bevegelighet i ledd.
- EB kan ikke kureres, men kan lindres og forebygges med riktig behandling.

Kilde: Store medisinske leksikon

Trenger du et laboratorium for å utvikle en god ide?

ShareLab gjør det mulig

ShareLab jakter på forskere som ønsker å starte egne bedrifter innen bioteknologi.

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud

– VI ØNSKER Å HJELPE unge med en doktorgrad innen livsvitenskap til å starte noe eget, forteller Esben A. Nilssen, daglig leder i ShareLab.

ShareLab, som eies av Forskningsparken, er et nyoppstartet selskap som skal hjelpe unge gründere å etablere egne bedrifter. Innovasjonsparken i Oslo mellom Blindern og Rikshospitalet ble etablert for over 30 år siden. Én av målsetningene er å hjelpe små, nyoppstartede bioteknologiselskaper å utvikle seg. I dag har over 250 selskaper og nærmere 2500 personer sin daglige arbeidsplass i Forskningsparken, og forskningsgrupper, gründere og vekstbedrifter preger miljøet.

Labåpning med Erna Solberg

– For gründerspirer som ønsker å starte egen bedrift, ser vi at det er vanskelig hvis de ikke har tilgang til et laboratorium. Det er her vi ønsker å komme inn. Vi ønsker oss kloke hoder som trenger et laboratorium for å utvikle en idé som kan ende opp som en gründerbedrift, sier Nilssen

Han forbereder kick-off 21. mars, som sparker det hele ordentlig i gang.

– Vi gleder oss. Da kommer statsminister Erna Solberg til åpningen, forteller Nilssen begeistret.

Prislapp: 300 000 per år

ShareLab har store, nyoppussede lokaler som inkluderer et stort laboratorium med plass til 24 forskere og et stort kontorlokale. I tillegg kommer små spesiallaboratorier til for eksempel dyrking av celler. Laboratoriene

Hos ShareLab er alt klart til offisiell åpning av statsminister Erna Solberg 21. mars. Foto: Elisabeth Gråbøl-Undersrud.

Ved å dyrke planter uten jord, elimineres nesten alle skadedyr, virus og bakterier. Dyrkingsmetoden testes nå ut hos ShareLab. Foto: Elisabeth Gråbøl-Undersrud.

Zeno Albisser i Hemispherian tilbyr IT-løsninger til bedrifter og forskere. Foto: Privat.

inneholder nødvendig utstyr, og kan tilpasse seg de enkelte brukerne hvis de har behov for tilleggsmateriell. Leie av en plass på laboratoriet til ShareLab koster 16 000 kroner i måneden. Med driftskostnader er det beregnet at kostnadene blir på rundt 300 000 kroner i året. Målet er at oppstartsfirmaer skal leie plass hos ShareLab i ett eller to år for å teste ut om ideen er god nok til å resultere i en levedyktig bedrift.

Nilssen forteller at de per i dag har ni bedrifter som er i startfasen.

– Vi har som mål å fylle opp laboratoriet med ulike bedrifter i løpet av 2018. Ved å skape et kreativt miljø hvor vi samler gründerspirer innen livsvitenskap, håper vi at laboratorieplassen de kan leie hos oss, gjør det mulig å samle nok data til å få investorer interessert. Da kan ballen begynne å rulle.

– Er det vanskelig for unge gründere å skaffe nok kapital til å leie plass hos dere et år?

– Ja, det hjelper å ha en velvillig ektefelle som kan dra lasset på hjemmebane. Som gründerspire må man ta noen valg, kanskje droppe familiens sommerferie og jobbe gratis i noen måneder. Men den potensielle gevinsten er jo stor. Vi tenker at hvis mulighetene legges til rette, vil det være flere som ønsker å prøve.

> «Vi ønsker oss kloke hoder som trenger et laboratorium for å utvikle en idé som kan ende opp som en gründerbedrift

Kombinerer forskning og business

Én av gründerbedriftene som leier laboratorieplass hos ShareLab, er Hemispherian. Selskapet tilbyr IT-løsninger til bedrifter og forskere, og har i dag fire ansatte, to heltidsansatte innen bioinformatikk og to biologer som jobber deltid. Ett av tilbudene de har lansert, er GenomeStream for lagring og analyse av data fra DNA-sekvensering.

Lagring av store datamengder er ressurskrevende, og det kan være utfordrende å dele datamengder mellom forskningsgrupper. Daglig leder i Hemispherian er Zeno Albisser, som også er én av grunnleggerne av firmaet. Albisser har en master i informatikk, og har mange års fartstid i ulike teknologibedrifter. Han forklarer at Sharelab har gjort det mulig å starte en egen bedrift, der biologer og informatikere slår sin kunnskap sammen.

– Laboratoriene her er flotte, og de som jobber her har mye kunnskap om hvordan det er å starte egen bedrift. Vi får mange gode råd på veien. I tillegg er miljøet her hyggelig med mye kreativ energi, og det gjør det motiverende å prøve å starte noe eget.

– Hvor lenge planlegger dere å leie plass hos ShareLab?

– Vi skulle gjerne ha vært her for alltid fordi miljøet er så bra. Men ShareLab er jo for gründerbedrifter i startfasen, og vi har leid laboratorieplass i seks måneder. Vi håper at vi i løpet av den tiden har fått nok kunder at vi kan leie et annet lokale i Oslo, hvor vi kan ekspandere og ansette flere, sier Albisser.

Lyse framtidsutsikter

Hemispherian ønsker å tilby tjenester innen syntetisk DNA, hvor de tror markedet kan være stort.

Esben A. Nilssen tenker at det er flere som i Norge som har kompetanse og interesse for å starte noe eget.

– Bare i Oslo er det 14 000 studenter innen naturvitenskapene og 3000 livsvitenskapsforskere. Mange har midlertidige stillinger, og det er vanskelig for alle å gjøre en akademisk karriere og ende opp som professorer til slutt. Da Forskningsparken ble grunnlagt for mer enn 30 år siden, var det for å hjelpe unge norske bioteknologifirmaer å etablere seg. I dag er teknologien og kunnskapen på plass, og det er større muligheter til å lykkes som ung gründer. At statsministeren kommer hit til åpningen, sier jo sitt om hvor stort dette kan bli. ◆

Hva er egentlig kloning?

På film skjer kloning ofte ved at en person går inn i en maskin, og så kommer to helt like personer ut igjen. Eller som i Jurassic Park, hvor forskere gjenopplivet dinosaurene ved hjelp av kloning. Men hvordan brukes kloning i virkeligheten?

Av Randi Kvale Svenbalrud og Elisabeth Gråbøl-Undersrud

> «Tenk om det var mulig å lage en klon som kan gjøre lekser og rydde rommet mitt.

Vi har besøkt Mette Haug Stensen på Fertilitetssenteret i Oslo. Hun jobber med å hjelpe folk å bli gravide, men kan også masse om kloning.

Mette forteller at kloning ikke bare er noe forskere gjør, men at det også skjer i naturen. Eneggede tvillinger er faktisk kloner av hverandre.

– Men er de helt like på alle måter?
– Altså, nei. Marcus og Martinus for eksempel er eneggede tvillinger, men man ser fortsatt forskjell på dem. Selv om de vokser opp ganske likt, lever de ikke nøyaktig det samme livet, og derfor blir de litt forskjellige, sier hun.

Ikke lov å klone mennesker

– Er det lov å klone mennesker?
– Nei, og som vi vet er det ingen som har prøvd det, selv om vi har hørt rykter. Men det er blitt klonet dyr før, som sauen Dolly.

Dolly er det første dyret som er blitt klonet, og hun ble født i 1996. Etter det har forskere klart å klone flere dyr. I land som USA og Sør-Korea er det til og med mulig å lage en klone av kjæledyret sitt, men det kan koste flere hundre tusen kroner.

På Fertilitetssenteret lærte jeg at kloning ikke bare er noe forskere gjør. Eneggede tvillinger er faktisk kloner av hverandre! Foto: Elisabeth Gråbøl-Undersrud.

Variasjon er smart!

– Hvordan skiller kloning seg fra hvordan naturen vanligvis fungerer?
– I naturen er det viktig at barn blir forskjellige fra foreldrene sine. Menneskene stammer jo fra aper, og hvis vi ikke hadde forandret oss litt etter litt, hadde vi fortsatt vært aper. Det at vi er forskjellige, gjør også at arten vår tåler mer. Hvis det for eksempel kommer en farlig sykdom, så vil sannsynligvis noen overleve fordi de tåler den sykdommen bedre enn andre. Men hvis vi hadde vært helt like, som kloner, kunne alle blitt utryddet av samme sykdom.

Drømmer du om en klon som kan rydde rommet ditt? Forskere har ikke lov å klone mennesker. Foto: iStock.

Kloning

Kloner er planter, mennesker eller dyr med samme DNA. Hvis flere poteter vokser fra samme plante, er de kloner. Eneggede tvillinger er også kloner.
Det er vanskelig å klone dyr. Mange kloner blir derfor født med sykdommer og dør. Det gjør at det er etisk problematisk å klone dyr.
Å klone mennesker er ulovlig. Det er også forbudt å klone aper i Norge, men forskere kan søke om å få lov til å klone andre typer dyr. Det er strenge regler for slik forskning fordi man skal ta hensyn til dyra.

Mette Haug Stensen hjelper folk med å bli gravide, men vet også en hel del om kloning. Foto: Elisabeth Gråbøl-Undersrud.

Visste du at poteter som vokser fra samme plante er kloninger? Foto: Hilda Weges, iStock.

Ett eksempel er en type hvite møll som fantes i England. De bodde på hvite trær, så de var vanskelige å se for fugler som ville spise dem. Etter hvert ble det bygd fabrikker der de bodde, og trærne ble farget svart av forurensing.

– De hvite møllene var nå lett å se, og ble spist av fugler, mens noen som var mørkere, overlevde. Dersom alle hadde vært hvite, ville de vært utdødd i dag. Det er noe av det som kan være farlig med kloning.

Returadresse:
Bioteknologirådet
Stortingsgata 10
0161 Oslo

DISTRIBUERT AV POSTEN NORGE
posten
NORGE P.P. PORTO BETALT

Har du meiningar om genteknologilova?

Gje oss innspel innan 15. mai!

Den 5. desember 2017 lanserte Bioteknologirådet ei utsegn om framtidas genteknologilov. Samtidig inviterte vi til ei runde med innspel, der alle kan fremje si meining før rådet si endelege tilråding blir overlevert styresmaktene.

Frist for å sende inn innspel er 15. mai 2018. Send det du har på hjartet til: post@bioteknologirådet.no og merk eposten «Genteknologilova».
Les meir om genteknologilova på www.bion.no

bioteknologiradet.no

Biotekquiz

Spørsmål

1. Kor mange av oss menneske er ikkje immune mot Cas9?
2. Kvar bur dei kvinnene i Europa som donerar flest egg?
3. Er det lov å klone primatar i Noreg?
4. Kva er namnet på viruset som forskarar no har laga av kjemisk framstilde DNA-bitar?
5. Når skal Stortinget behandle stortingsmeldinga om bioteknologiloven?

Svar 1. Om lag 35 prosent. 2. Spania. 3. Nei. 4. Hestekoppevirus 5. 15. mai 2018

Bioteknologirådet