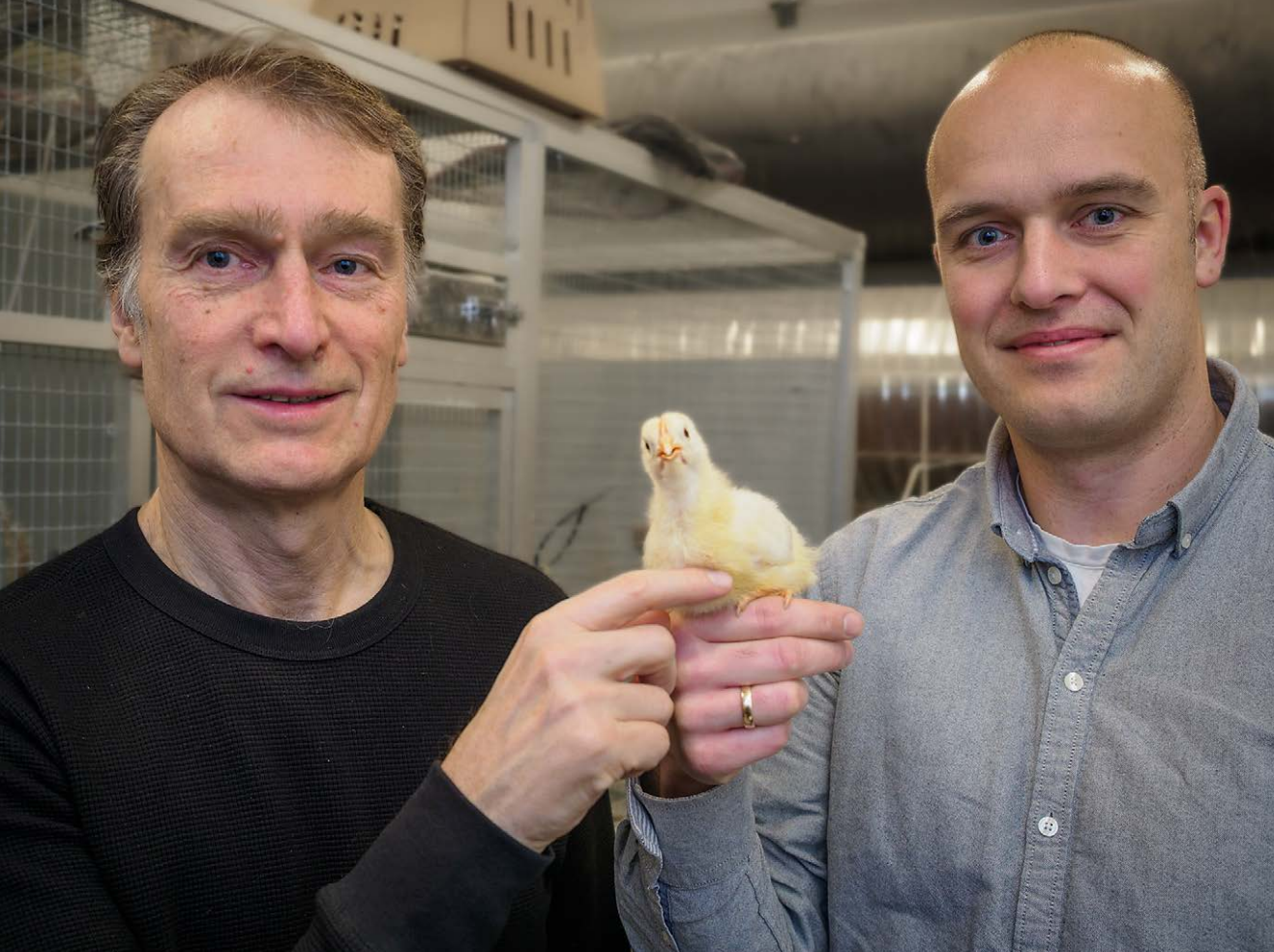




Lektor Christian Damsgaard (til højre) og professor Jens Randel Nyengaard. Flere end 20 andre danske og tyske forskere fra en bred vifte af discipliner har også bidraget til studiet. Kyllingen i midten af billedet var ikke selv involveret i studiet, men nogle af dens artsfæller var – som modelorganismer sammen med zebrafiske, due og grøn anole (en lille øgle). Foto: Peter F. Gammelby, AU

SÅDAN VIRKER FUGLES NETHINDER UDEN ILT

Nervevæv dør normalt hurtigt, hvis det ikke får ilt. Alligevel fungerer fugles nethinder – som hører til blandt de mest energikrævende væv i dyreriget – permanent uden ilt. Otte års forskning har nu løst det mysterium.

Iet studie publiceret for nyligt i *Nature*, viser et internationalt forskerhold ledet fra Aarhus Universitet, hvordan fugle har løst et biologisk paradoks: Hvordan kan fugles nethinder fungere uden blodkar og dermed uden ilt? Forskerne dokumenterer, at de inderste dele af fugles nethinder får energi ved at omdanne glucose med en hidtil uset effektivitet. Samtidig vælter studiet en mangeårig antagelse om funktionen af en mystisk struktur i øjet, som har undret forskere siden 1600-tallet.

Nethinden kræver masser af energi

Hos de fleste dyr forsynes nervevæv med ilt gennem tætte netværk af små blodkar (kapillærer). Det betragtes som helt afgørende, da nerveceller har et usædvanligt højt energiforbrug. Nethinden, som er en højt specialiseret forlængelse af hjernen, er ingen undtagelse – og forbruger faktisk mere energi end noget andet væv i kroppen.

Fugle udgør imidlertid et paradoks. Deres nethinder mangler blodkar

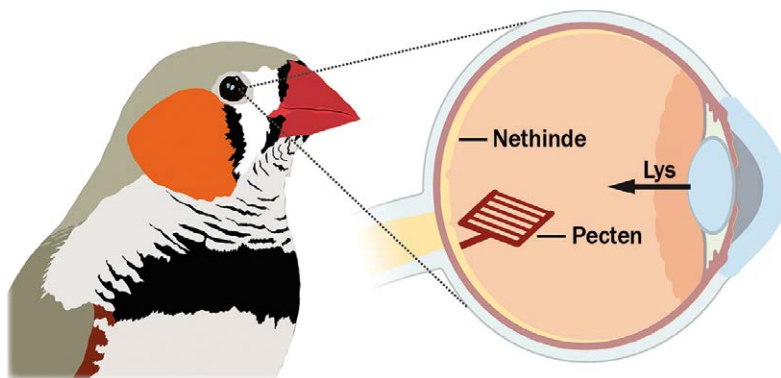
i selve nethindevævet. Denne egenskab menes at forbedre synsskarpheeden, fordi blodkar spreder lyset på vej til sansecellerne. Men hvordan nethinden overlever uden blodforsyning har hidtil været ukendt.

»Vores udgangspunkt var simpelt,« siger Christian Damsgaard, førsteforfatter på studiet og lektor ved Institut for Biologi, Aarhus Universitet. »Ud fra alt, hvad vi ved om fysiologi, burde dette væv ikke kunne fungere.«

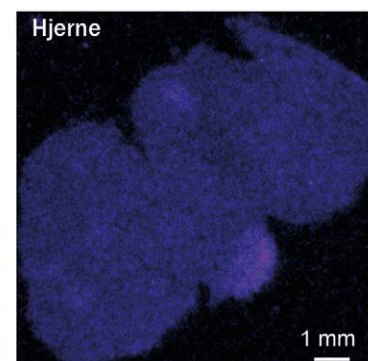
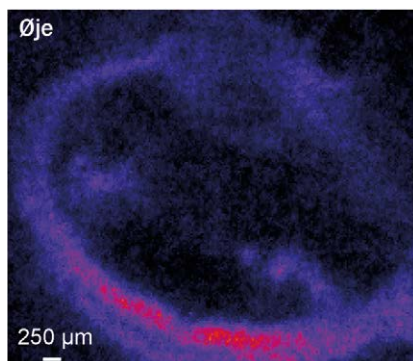
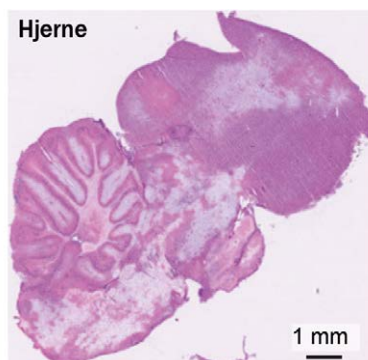
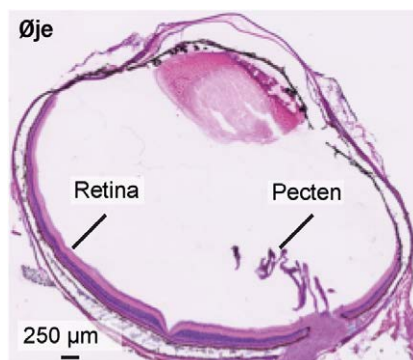
Forfatter
Peter Gammelby,
journalist, Aarhus
Universitet

Forskerne
Christian Damsgaard
er lektor ved Institut for
Biologi, Aarhus Universi-
tet. cd@bio.au.dk

Jens Randel Nyengaard
er professor ved Institut
for Klinisk Medicin,
Aarhus Universitet. jrnnyengaard@clin.au.dk



Pecten oculi er en struktur med blodkar inde i fuglejøjes glaslegeme. Dens funktion har hidtil været ukendt. Illustration: Aleksandrina Mitseva / Nature



Studiet viser, at pecten forsyner nethinden med glukose i en hastighed, der langt overgår glukoseforsyningen til hjernen. Dette er illustreret på på scanningsbillederne med radioaktiv mærket glucose, som viser meget højere glukoseoptag (pink) i nethinden i forhold til hjernen. Fotos: Christian Damsgaard og Morten Busk, Aarhus Universitet / Nature

Vejen til en løsning på mysteriet viste sig at være alt andet end simpel. Det har taget Damsgaard og et stadigt voksende forskerhold – primært fra Aarhus Universitet – otte år at nå frem til de resultater, som nu er offentliggjort.

Ingen ilt dér, hvor man troede

I århundreder har den dominerende forklaring været, at en struktur kaldet pecten oculi – et kamformet organ med masser af blodkar, der rager ind i øjets glaslegeme – leverer ilt til nethinden. Strukturen

har været kendt siden 1600-tallet, men forklaringer på, hvad den præcist laver derinde i øjet, har hidtil været baseret på antagelser. Det skyldes ikke mindst, påpeger forskerne, at ingen tidligere har kunnet måle ilt-niveauerne direkte i fugles nethinder under normale fysiologiske forhold.

»Det er teknisk ekstremt udfordrende,« siger studiets seniorforfatter Jens Randel Nyengaard, der er læge og professor ved Institut for Klinisk Medicin, Aarhus Universitet.

»Man skal holde dyret i stabile, fysiologisk normale tilstande, samtidig med at man udfører meget følsomme målinger.«

I 2020 lykkedes det forskerholdet at gøre netop dette, takket være et samarbejde med dyrlæge og ekspert i anæstesi, lektor Catherine Williams Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab på Aarhus Universitet. Og resultaterne var uventede: Pecten oculi leverer slet ikke ilt til nethinden. Målingerne viste, at de inderste lag af nethinden næsten ikke modtager ilt, og at omtrent halvdelen af nethindevævet slet ikke modtager ilt.

Hvert svar gav nye spørgsmål

Hvis nethinden ikke får ilt, hvordan producerer den så tilstrækkelig energi til at fungere?

For at besvare det spørgsmål iværksatte forskerne et flerårigt studie, der kombinerede fysiologi, molekylærbiologi, billeddannelse og dataanalyse. Fremdriften var langsom, dels fordi datamængderne var uhyre komplekse og dels på grund af COVID-19-pandemien, som begrænsede forskernes adgang til laboratorierne. Ved hjælp af en metode kaldet spatial transcriptomics kortlagde forskerne aktiviteten af tusindvis af gener i tynde snit af nethinden, hvilket gjorde det muligt at se, hvilke metaboliske processer der var aktive hvor.

»Vi kiggede ikke på ét eller to gener, men på 5.000 til 10.000 gener på én gang, hver knyttet til en præcis position,« siger Christian Damsgaard. »Det gav os en slags molekylært GPS-system.«

Dataene afslørede et markant mønster: Gener involveret i forbrænding af glucose uden ilt (anaerob glykolyse) var stærkt aktive i de iltfrie inderste lag af nethinden. Anaerob glykolyse giver dog omkring 15 gange mindre energi per glucosemolekyle, end iltbaseret stofskifte gør.

»Det rejste endnu et spørgsmål,« siger Jens Randel Nyengaard.

»Hvordan kan et af kroppens mest energikrævende væv overleve på så ineffektiv en proces?«

En ny rolle for en gammel struktur

Svaret kom gennem et samarbejde med eksperter i metabolisk billeddannelse – altså scanninger, der visualiserer kroppens stofskifte. Ved hjælp af radioaktiv mærket glucose kunne forskerne vise, at fugles nethinder optager glukose i langt højere grad end resten af hjernen. Det førte forskerne tilbage til pecten oculi, altså det kamformede organ inde i øjets glaslegeme.

Ved at analysere deres spatial transcriptomics-data igen opdagede forskerne, at pecten oculi indeholder en masse transportproteiner for glucose og mælkesyre. Strukturen fungerer altså som en port for stofskiftet: Den leverer store mængder glucose ind i nethinden og fjerner

mælkesyre – som er et affaldsprodukt fra anaerobt stofskifte – tilbage til blodbanen.

»Pecten er ikke en iltforsyning. Det er et transportsystem for brændstof ind og affald ud,« forklarer Jens Randel Nyengaard.

Opdagelsen ændrer grundlæggende forståelsen af en struktur, som har været misfortolket i århundreder.

»Vi vælter i praksis ét korthus og erstatter det med et andet. Jeg kalder det et korthus, fordi videnskabelige resultater ikke er hugget i sten. Nye fund kan føje ny viden til. Sådan udvikler videnskaben sig,« tilføjer Jens Randel Nyengaard.

Evolutionære og medicinske perspektiver

Forskerne peger på, at fraværet af ilt og blodkar i nethinden sand-

synligvis giver en optisk fordel og bidrager til skarpere syn. Genetiske analyser af fuglenes evolution tyder på, at denne egenskab opstod i dinosaurernes slægtslinje, som senere gav ophav til nutidens fugle. Studiet er ren grundforskning, men forskerne fremhæver, at resultaterne kan have bredere perspektiver.

»Når mennesker får blodpropper, bliver vores væv skadet, fordi det får for lidt ilt, og der ophobes affaldsstoffer. I fuglens nethinde ser vi et system, der håndterer iltmangel på en helt anden måde,« siger Jens Randel Nyengaard.

Og tilføjer: »Hos fugle har naturen løst et fysiologisk problem, som gør mennesker syge. Vi håber, at den nye indsigt kan inspirere nye måder at tænke over, hvorfor væv svigter ved iltmangel, og hvordan sådanne sygdomme kan behandles en gang i fremtiden.« ■

Videnskabelig artikel: Damsgaard, C., Skøtt, M.V., Williams, C.J.A. et al. Oxygen-free metabolism in the bird inner retina supported by the pecten. *Nature* (2026). doi.org/10.1038/s41586-025-09978-w

Ulykke gav unikt grise-eksperiment

I kølvandet på ulykken på Fukushima-atomkraftværket i Japan i 2011 slap en masse tamgrise ud i det affolkede landbrugslandskab og de omkringliggende skove. Her parrede de sig med lokale vildsvinepopulationer. Kombinationen af en enkelt samlet introduktion af tamgrise og fraværet af menneskelig aktivitet har skabt en unik mulighed for at undersøge, hvordan hybridisering mellem husdyr og vilde populationer udvikler sig over tid uden menneskelig indblanding.

Og det er netop, hvad japanske forskere fra Fukushima Universitet og Hirosaki Universitet har gjort. I et nyt genetisk studie publiceret i *Journal of Forest Research* viser forskerne, at tamgrisens genetiske aftryk til forskernes overraskelse forsvinder hurtigere end forventet. Forklaringen ligger i den måde, hvorpå tamgrisens reproduktions-egenskaber arves gennem mødre-



Studiets resultater kan være relevant alle steder, hvor tamgrise og vildsvin (som på billedet) overlapper. Foto: Colourbox

ne. I modsætning til vildsvin, som normalt kun reproducerer én gang årligt, kan tamgrise få flere kuld om året. Denne hurtige reproduktionscyklus blev bevaret hos hybriderne og førte til en markant hurtigere generationsudskiftning.

Forskerne analyserede både mitokondrie-DNA (som kun arves fra moderen) og genetiske markører fra cellekernen fra 191 vildsvin og 10 tamgrise indsamlet mellem 2015 og 2018. Resultaterne viste, at indi-

vider med tamgris-mitokondrie-DNA havde en betydelig lavere andel af tamgrise-gener i deres kerne-DNA end hybrider med vildsvin som mor. Mange individer med tamgris i moderlinjen havde allerede fjernet sig mere end fem generationer fra det oprindelige kryds. Det tyder på en usædvanlig hurtig genetisk udskiftning drevet af gentagen tilbagekrydsning med vildsvin.

Selvom Fukushima-situationen var enestående, understreger forskerne, at mekanismen sandsynligvis også spiller en rolle globalt, hvor tamgrise og vildsvin overlapper. Studiet kan derfor få praktisk betydning for naturforvaltning og bekæmpelse af invasive arter – særligt ved at forudsige risikoen for vækst i en population og ved at gøre det muligt mere målrettet at fjerne bestemte hybridtyper.

CRK, Kilde: Eurekalert/Anderson, D. et al. (2026). *Jour. of Forest Research*, 1–6.