



Fra lys til nys: Et korttids observationelt citizen science-studie af den fotiske nyserefleks

Projekt Forskerspirer 2025	
Titel	Fra lys til nys: Et korttids observationelt citizen science-studie af den fotiske nyserefleks
Identifikationskode	DS095
Navn	Anton Thorndahl
Gymnasium	Rosborg Gymnasium & HF
Fagområde	SUND

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	1
Formål og afgrænsning.....	1
Teori.....	1
PSR.....	1
Øjets opbygning.....	2
Nethinden og fotoreceptorer.....	2
Nys.....	4
Metode og forsøgsdesign.....	4
Forsøgsdesign.....	4
Kohortestudier og kvalitetsgrad.....	5
Citizen science og rekruttering.....	6
Spektrometer og måleudstyr.....	6
Lysintensitet og spektral sammensætning.....	7
Ethiske overvejelser.....	7
Udførelse.....	8
Tidsramme.....	8
Budget.....	9
Konklusion og perspektiver.....	10
Projektets forventede resultat.....	10
Perspektivering.....	10
Anerkendelser.....	10
Litteraturliste.....	11
Bilag 1 - Billede på forsiden.....	14
Bilag 2 - Beskrivelse af nethindens 10 lag.....	15
Bilag 3 - Retinal summering.....	17
Bilag 4 - Nyserefleksen.....	18
Bilag 5 - Samtykkeerklæring.....	19

Indledning

Hos en del af befolkningen kan sollys være nok til at udløse et nys. Dette fænomen er kendt som fotisk nyserefleks (PSR), fotisk nysesyndrom eller ACHOO-syndrom.^[1]

Når lys rammer øjet, påvirker det kroppen på en række veldokumenterede måder: Tap- og stavceller i nethinden omdanner lys til elektriske signaler, som i hjernen oversættes til billeder.^[2] Pupillerne trækker sig sammen eller udvider sig i forhold til lysintensitet.^[3] Og intrinsisk lysfølsomme retinale ganglieceller (ipRGC'er) varetager andre lysregulerede funktioner såsom døgnrytme, hormondannelse og humør.^[4]

Men det er fortsat uklart, hvilke visuelle stimuli der medfører et faktisk nys i individer med PSR, og hvad den neurofysiologiske baggrund for refleksen er.^[5]

Dette hul i forskningen har skabt min fascination og motivation for projektet: at nogle mennesker nyser i kraftigt lys, mens andre ikke gør, og at årsagen er et mysterium, selvom fænomenet er veldokumenteret, og har været beskrevet i århundreder.

Formål og afgrænsning

Jeg formulerer formålet med forskningsprojektet således:

At undersøge, hvordan variation i lysintensitet og spektral sammensætning påvirker hyppigheden af nysereflekser hos individer med PSR.

Da man ikke ved, hvilke stimuli der kan fremkalde et fotisk nys, kan PSR ikke studeres pålideligt i et klinisk miljø. Derfor indgår det ikke i min problemformulering at undersøge den neurofysiologiske baggrund for PSR.

Jeg har i stedet valgt at afgrænse mit projekt til at undersøge, hvilke stimuli der kan fremkalde et nys i individer med PSR. Den ene parameter, jeg vil undersøge, er lysintensitet, da den direkte påvirker, hvor stor en aktivering der sker i både tappe, stave og ipRGC'er.^[6] Derudover vil jeg også undersøge, hvorvidt den spektrale sammensætning af lyset har en betydning for PSR, fordi tappe, stave og ipRGC'er viser maksimal stimulering ved forskellige bølgelængder.^[7]

Teori

I de følgende afsnit gennemgås den teoretiske baggrund for mit metodevalg. Fokus er på de fysiologiske forhold, der er relevante for at forstå PSR, herunder hvordan lysintensitet og spektral sammensætning påvirker øjets fotoreceptorer.

PSR

Den fotiske nyserefleks (PSR) er et biologisk fænomen, hvor lysstimuli udløser nys eller kildrende sensationer i næsen. Arvegangen menes at være autosomal dominant, vist i familiestudier fra 1960'erne.^{[8],[9]} Observationer peger på en forekomst i befolkningen på ca. 25-30%.^{[10],[11]}

Den neurofysiologiske årsag til PSR er ukendt, men der er flere forskellige hypoteser om årsagen.^[12]

[1] (Trinkl et al., 2025)

[2] (Artal, 2015)

[3] (Maqsood, 2017)

[4] (Meng et al., 2025)

[5] (Trinkl et al., 2025)

[6] (Lucas et al., 2014)

[7] (Lucas et al., 2014)

[8] (Forrester, 2008)

[9] (Peroutka & Peroutka, 1984)

[10] (Forrester, 2008)

[11] (Wang et al., 2019)

[12] (Trinkl et al., 2025)

En hypotese foreslår såkaldt optical-trigeminal summation, hvor der sker krydsaktivering mellem synsnerven og trigeminusnerven i midthjernen (mesencephalon), som er en del af hjernestammen, hvor sensoriske indtryk og reflekser bearbejdes.^[13] En stimulering af synsnerven (n. opticus) kan dermed også føre til en stimulering af trigeminusnerven (n. trigeminus) og medføre nys.^[14]

En anden hypotese bygger på parasympatisk generalisering. Hypotesen beskriver, at en aktivering af én gren af det parasympatiske nervesystem samtidig aktiverer en anden gren. I dette tilfælde, at stimulering af nervus oculomotorius (CN III) ved sammentrækning af pupillerne kan føre til aktivering af nervus facialis (CN VII), hvilket øger sekretion fra tåre- og næsekirtler, og fører til nys.^[15] Hydén & Arlinger (2009) fandt dog ingen signifikant elektrisk aktivitet i næsen efter lysudløst nys eller kildren.^[16]

En tredje hypotese antager, at individer med PSR har en generel hypersensitivitet i det parasympatiske nervesystem, og altså en øget følsomhed over for parasympatiske stimuli.^[17] Dette alene forklarer ikke PSR, men kombineret med en af de to forrige hypoteser, er det teknisk set plausibelt.

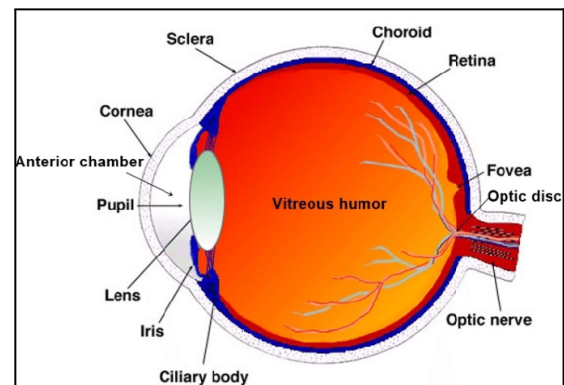
Som det også fremhæves i et review af Trinkl et al. (2025), er alle tre hypoteser rimelige forklaringer af PSR's årsag. Men med den nuværende viden er ingen af hypoteserne entydigt bekræftet.^[18]

Det kan dog med stor sikkerhed siges, at stimulering af synsnerven er relevant for PSR, da det kun er igennem den, at lys videreformidles til hjernen.^[19]

Øjets opbygning

For at forstå, hvordan lys påvirker hjernen, er det nødvendigt at forstå synssansen og øjets opbygning. Det menneskelige øje består af flere dele, der i fællesskab omdanner lys til billeder.

Når lys rammer øjet, passerer det først gennem hornhinden, pupillen og linsen. Tilsammen står disse strukturer for at bryde lyset, samt at regulere og fokusere mængden af lys, der når frem til nethinden.^[20]



Figur 1 - Illustration der viser et tværsnit af øjet, med bestanddele markeret. Gengivet fra Barbosa et al., (2014)

Nethinden og fotoreceptorer

Nethinden består af ti celleglag bagerst i øjet. Hvert lag spiller en rolle i, at lys omdannes til elektriske signaler. En mere detaljeret beskrivelse af lagene og deres funktion kan findes i **Bilag 2**.

Når lys passerer gennem nethindens lag, rammer det til sidst fotoreceptorerne i fotoreceptorlaget (PL). I PL interagerer lys med pigmenter i tappe og stave, og omdannes til elektriske signaler, som hjernen oversætter til billeder.^[21]

Udover i tap- og stavceller, absorberes lys også af de intrinsisk lysfølsomme retinale ganglieceller (ipRGC'er) i gangliecellelaget (GCL), som befinder sig tættere på øjets indre. I GCL interagerer

[13] (Caminero & Cascella, 2024)

[14] (Askenasy, 1990)

[15] (Trinkl et al., 2025)

[16] (Trinkl et al., 2025)

[17] (Trinkl et al., 2025)

[18] (Hydén & Arlinger, 2009)

[19] (Idris et al., 2024)

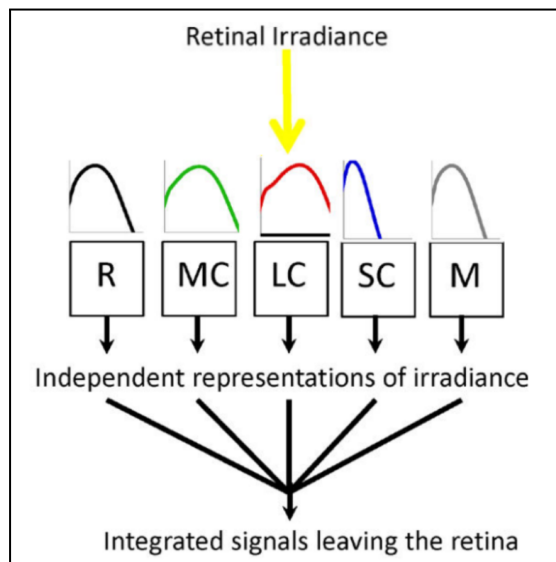
[20] (Artal, 2015)

[21] (Artal, 2015)

lys med pigmentet melanopsin i ipRGC'erne, uafhængigt af de øvrige fotoreceptorer.^[22]

Fotoreceptorernes pigmenter består af en kromofor og et protein kaldet en opsin. Kromoforen optager en foton, hvilket indleder en kombineret isomerisering og hydrolyse. Herved spaltes opsinet fra pigment-molekylet, hvilket sætter gang i fototransduktion, hvorved lys omdannes til et elektrisk signal.^[23]

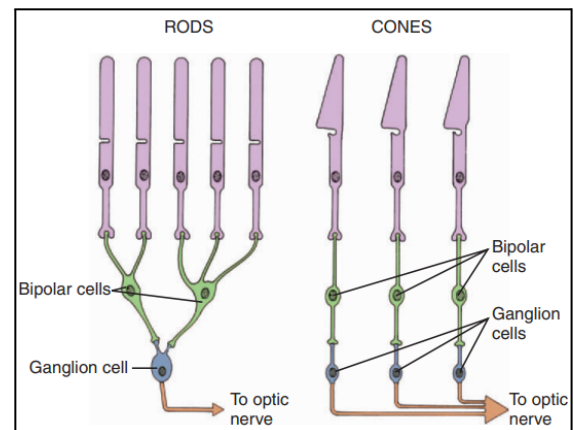
Tappe, stave og ipRGC'er indeholder forskellige opsiner, og derfor har hver fotoreceptor maksimal aktivering ved en specifik bølgelængde ($\lambda_{\max}$) og yderligere, men lavere, aktivering i hele pigmentets absorptionsspektrum. $\lambda_{\max}$ afhænger dog af opsinets struktur og lysets intensitet.^[24] Opsinernes absorptionsspektre overlapper, og signalerne sammensættes til ét samlet indtryk.^[25]



Figur 2 - Model der viser summering af signaler fra rhodopsin (R), chlorolabe (MC), erythrolabe (LC), cyanolabe (SC) og melanopsin (M). Gengivet fra Lucas et al., (2014)

I **Tabel 1** beskrives funktionen af fotoreceptorerne, samt forskelle i pigmenter og $\lambda_{\max}$.

Ud over lysets spektrale sammensætning afhænger fotoreceptorernes aktivering også af lysintensiteten. Stavenes signaler summeres anderledes i nethindens bipolære celler end tappenes signaler, som illustreret i **figur 3**. Dette medfører, at stavceller er mere sensitive over for både små ændringer i lysintensitet og lave lysintensiteter generelt.^[26] En mere detaljeret beskrivelse findes i **Bilag 3**.



Figur 3 - Model der illustrerer forskellen på synapsedannelser mellem stav- og tappceller (Rods og cones). Gengivet fra Ofri, (2008), p. 292

Disse variationer i, hvordan synsnerven stimuleres, er centrale for PSR. Fordi stimulering af synsnerven afhænger af disse fotoreceptorer, kan variation i deres aktivering potentielt bidrage til variation i hyppigheden af fotske nysereflekser.

[22] (Hattar et al., 2002)
 [23] (Ofri, 2008, pp. 290-291)
 [24] (Ofri, 2008, p. 293)
 [25] (Ofri, 2008, 291)

[26] (Ofri, 2008, p. 289)

Fotoreceptor-type	Pigment	Maksimal absorption $\lambda_{\max}$	Kommentar
Stave	Rhodopsin	~507nm	Høj sensitivitet over for lysintensitet, lav farveopløsning. Bidrager til mørkesyn.
S-Tappe	Cyanolabe / S-opsin	~440nm	Høj farveopløsning, lav sensitivitet over for farveintensitet. Registrerer primært kortbølget lys.
M-Tappe	Chlorolabe / M-opsin	~545nm	Høj farveopløsning, lav sensitivitet over for farveintensitet. Registrerer primært mellembølget lys.
L-Tappe	Erythrolabe / L-opsin	~565nm	Høj farveopløsning, lav sensitivitet over for farveintensitet. Registrerer primært langbølget lys.
ipRGC'er	Melanopsin	~480nm	Lav sensitivitet over for lysintensitet. Registrerer langvarige ændringer i generel lysintensitet.

Tabel 1 - Opsummering af fotoreceptorer, hvilke pigmenter de indeholder, og hvad pigmentets maksimale absorption er. Derudover knyttes en kort kommentar om fotoreceptorens primære funktion i menneskekroppen til. Udarbejdet på baggrund af Lucas et al., (2014) og Ofri, (2008), p. 289

Nys

Et nys er en beskyttende refleks, hvis primære funktion menes at være at udstøde fremmedstoffer og irriteranter fra næsehulen. Nys forårsages oftest af kemisk, mekanisk eller termisk irritation af næseslimhinden.^[27]

Den præcise lokation af et såkaldt nysecenter i hjernen er ikke fastlagt med sikkerhed. Et case-studie af Seijo-Martínez et al. (2006) har dog vist, at læsioner nær det interpolære-kaudale område af den spinale trigeminuskerne medførte et tab af nyserefleksen, når det ipsilaterale næsebor blev stimuleret. Nyserefleksen var derimod intakt på det kontralaterale næsebor, og det tyder altså på, at refleksen styres uafhængigt af to forskellige nysecentre.^[28]

Den klassiske nyserefleks indledes via trigeminusnerven. En uddybning kan findes i **Bilag 4**.

Da man ikke kender til lokationen af et nysecenter, vanskeliggøres det yderligere at undersøge fysiologien bag PSR. Dybere viden om de stimuli, der kan aktivere et fotisk nys, kan være med til at afdække hvilke nervebaner der er relevante for den fysiologi, der ligger bag PSR.

Metode og forsøgsdesign

Forsøgsdesign

Jeg har valgt at anvende en induktiv observationel metode, da PSR ikke kan fremkaldes pålideligt i kontrollerede laboratoriemiljøer. Mere specifikt designes studiet som et korttids, prospektivt observationelt kohortestudie med elementer fra modellen for citizen science.

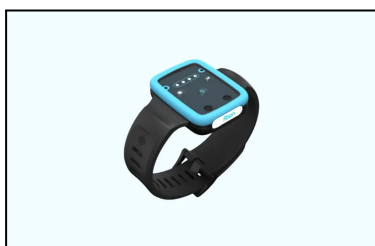
Formålet med projektet er at undersøge, hvordan en variation i lysintensitet og

[27] (Rui et al., 2025)

[28] (Seijo-Martínez et al., 2006)

spektral sammensætning påvirker hyppigheden af nysereflekser hos individer med PSR.

Kohorten består af frivillige deltagere med selvrapporteret PSR. Hver deltager får udleveret et mobilt måleinstrument, en aktigraf^[29] med indbygget lyssensor. Måleinstrumentet registrerer og lagrer i realtid lysintensitet og spektral sammensætning af den omgivende belysning.



Figur 4 - Billede af et eksempel på en aktigraf, her *Fibion Krono*. Gengivet fra Fibion, (n.d.)

Fotiske nysebegivenheder registreres af deltageren selv med et simpelt "one-button-tracker"-system^[30], som tidsstempler hændelsen. Tidsangivelsen synkroniseres med lysmåleren via Bluetooth for senere at kunne sammenholde målinger af lys og nys.

Studiet foregår i tre overordnede faser: Først har jeg valgt at inkorporere et kort pilotstudie på cirka en uge, hvor jeg kan gøre mig bekendt med udstyr, procedure, og analyse af data. Dernæst starter dataindsamlingsfasen som beskrevet ovenfor. Til sidst følger en analysefase, hvor de indsamlede data undersøges for tidsmæssige sammenhænge mellem lysparametre og nys. Det undersøges også, hvorvidt sådanne korrelationer er statistisk signifikante eller ej, eksempelvis via t-tests. Dataene analyseres individuelt for hvert individ, for at minimere rollen af variationer i adfærd eller lysfølsomhed.

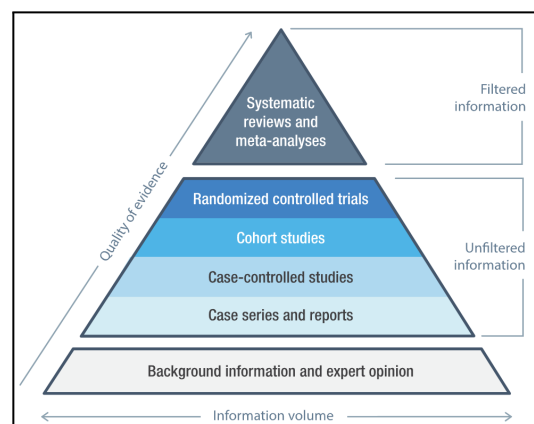
Da jeg arbejder med mennesker, og indsamler data, skal studiet både være i overensstemmelse med Helsinki-erklæringen og EU's GDPR.^{[31],[32]}

Nedenfor er en mere detaljeret beskrivelse af de vigtigste metoder.

Kohortestudier og kvalitetsgrad

Et kohortestudie er et observationelt studie, hvor udfaldet af en bestemt eksponering undersøges over tid. Man undersøger en kohorte, en gruppe af individer, som deler en egenskab.^[33]

Inden for sundhedsvidenskaben, skelnes der mellem forskellige typer af studier, og deres kvalitetsgrad. Dette illustreres ofte som en pyramide, vist i **figur 5**.



Figur 5 - Figur der viser kvalitetsgraden af forskellige typer studier, inden for den sundhedsvidenskabelige disciplin. Gengivet fra Tannenbaum & Sebastian, (2021)

Trinkl et al. (2025), er det nyeste review, der behandler PSR, og fremhæver at forskningen er for heterogen og mangler systematisering.^[34]

Uden en systematisk måde at undersøge PSR på, er det vanskeligt at lave et randomiseret kontrolleret studie (RCT).

Derfor har jeg valgt et kohortestudie for at opnå højest mulig kvalitetsgrad ud fra den nuværende viden om PSR.

[29] (Cleveland Clinic, 2023)
[30] (van de Belt et al., 2022)

[31] (World Medical Association, 2024)
[32] (Europa-Parlamentet & Europa-Kommissionen, n.d.)
[33] (Wang & Kattan, 2020)
[34] (Trinkl et al., 2025)

Citizen science og rekruttering

SDU definerer citizen science som: "Projekter hvor frivillige samarbejder med forskere om at besvare ægte virkeligheds-relevante spørgsmål."^[35]

Da årsagen til PSR er ukendt, er det svært at diagnosticere det. Jeg ser det derfor som fordelagtigt at samarbejde med offentligheden i rekrutteringen. Derudover kan jeg have et større antal deltagere end traditionelle studier i laboratorie.

Rekrutteringen foregår via spørgeskema. For at tage højde for konfunderende faktorer, spørges der eksempelvis til aktuelle luftvejsinfektioner, allergier, øjenlidelser eller begrænsende medicinforbrug.

Spektrometer og måleudstyr

Et spektrometer er et instrument, der måler lysets egenskaber, eksempelvis intensitet eller bølgelængde.^[36]

Da kohorten er almene borgere, ser jeg det ikke som en mulighed at anvende specialiseret udstyr, som kræver regelmæssig kalibrering eller viden om optik. Det valgte måleinstrument er derfor en aktigraf, en wearable, som blandt andet måler intensiteten og den spektrale sammensætning af den omgivende belysning, eksempelvis *ActTrust 2*^[37] eller *Fibion Krono*^[38].

I et preprint af mine forskerkontakter fra 2025, Bickerstaff et al. (2025), anvendes en lignende metode i et case-studie.

Min udvidelse af metoden består primært i citizen science-aspektet, og studiet er altså stadig relevant for at forstå PSR i en større population. Det ses også i **figur 5**, at kohortestudier generelt vægtes højere end case-studier.

Derudover implementerer jeg et "one-button-tracker"-system. Ved at trykke på en knap, logges tidspunktet for trykket i et spreadsheet, som løbende opdateres. Dette gøres eksempelvis med en *Puck.js*^[39].



Figur 6 - Billede af et *Puck.js*-apparat. Gengivet fra Espruino, (2023)

Alternativt er mange aktigrafer udstyret med en "event marker"^[40] og kan derfor anvendes uden ekstern knap.

Da apparater som disse ikke er billige, har jeg valgt at udskifte deltagerne løbende for at undgå at overskride budgettet på 20.000 kr. Det vil praktisk foregå ved, at tre frivillige henter måleudstyret på et lokalt universitet og indsamler data i en måned. Derefter afleveres udstyret tilbage, dataene gemmes til videre analyse, og tre nye frivillige får udleveret måleudstyr.

Dette vil tilføje en fejlkilde i form af potentielle årstidsbaserede variationer, men de accepteres af hensyn til budgettet. For at undgå andre potentielle fejlkilder vil alle deltagere blive instrueret i at bære aktigrafen ens og at undgå at ændre deres daglige vaner. Det reducerer risikoen for Hawthorne-effekt, at deltagere ubevidst ændrer adfærd, fordi de bliver observeret.^[41] Dette hjælpes yderligere på vej af, at deltagerne selv indsamler data i naturlige og vante omgivelser.

[35] (Overgaard & Kaarsted, 2025)

[36] (Ball, 1990, p. 2)

[37] (Condor Instruments, n.d.)

[38] (Fibion, n.d.)

[39] (Espruino, 2023)

[40] (Fibion, n.d.)

[41] (Aarhus Universitet, n.d.)

Lysintensitet og spektral sammensætning

Valget af variable er forankret i afsnittet **Nethinden og fotoreceptorer**.

I mit forsøgsdesign arbejder jeg ud fra den antagelse, at et fotisk nys starter med en stimulering af synsnerven, altså af fotoreceptorerne. Da fotoreceptorerne aktiveres forskelligt afhængigt af lysintensitet og spektral sammensætning, se **tabel 1**, antager jeg at PSR afhænger af de samme variable.

Både størrelsen af stimuleringen af den optiske nerve, og den andel af det samlede stimuli, der stammer fra hver type fotoreceptor, afhænger altså af lysintensitet og spektral sammensætning. Derfor har jeg valgt disse variable.

I mit forsøgsdesign tages ikke højde for at typerne af fotoreceptorer ikke er ligeligt fordelt over nethinden.^[42] Det betyder altså, at stimuleringen også delvist afhænger af indstrålingsvinkel og brydningen i hornhinden og linsen.

Etiske overvejelser

Forskning, der involverer mennesker, skal overholde nogle etiske retningslinjer, eksempelvis Helsinki-erklæringen og GDPR.

Helsinki-erklæringen omfatter blandt andet: at sætte individets helbred over forskningen, at respektere individets autonomi, at informere individet og at beskytte individets privatliv.^[43]

GDPR, General Data Protection Regulation, er retningslinjer formuleret af EU for at beskytte data.^[44]

For at opfylde Helsinki-erklæringen vil jeg sende alle frivillige en samtykkeerklæring, som skal udfyldes inden deltagelse i studiet. Deltagerne

informeres både mundtligt og skriftligt inden undersøgelsen begynder. Et udkast til samtykkeerklæringen kan findes i **Bilag 5**.

For yderligere at opfylde GDPR skal data opbevares hensigtsmæssigt og sikkert. Dette vil jeg gøre via Google Workspace, som opfylder GDPR's sikkerhedskrav.^[45] Kun nødvendige data indsamles, og alle data anonymiseres efter projektets afslutning.

[42] (Fitzpatrick, 2001)

[43] (World Medical Association, 2024)

[44] (Europa-Parlamentet & Europa-Kommissionen, n.d.)

[45] (Google Cloud, n.d.)

Udførelse

Tidsramme

I **tabel 2** er et skøn over de forventede faser jeg skal igennem i projektet, hvor lang tid de tager. Derudover er der knyttet en kort kommentar til, hvordan hver fase udføres.

Fase	Forventet tidsforbrug	Fasens udførelse
Pilotprojekt	~2 uger	En gruppe på ca. 5 personer afprøver aktigraf og logging-system. Dataoverførsel og databehandling afprøves og læres. Materiale til rekruttering udarbejdes
Rekruttering af frivillige	~2 uger	Frivillige deltagere rekrutteres via sociale medier, ophæng på undervisningsinstitutioner eller lignende. Frivillige informeres om projektet, afgiver informeret samtykke og instrueres i dataindsamling. Under dataindsamlingen rekrutteres flere deltagere løbende, jævnfør afsnittet Spektrometer og måleudstyr . I tilfælde af bortfald af deltagere, rekrutteres også flere deltagere for bedst muligt at udnytte udstyret over hele perioden, og opretholde en stor nok datamængde.
Dataindsamling	10 × 4 uger	Deltagerne indsamler data i 4 uger, hvilket svarer til batterilevetiden for mange aktigrafer. Måleinstrumenterne leveres efter 4 uger tilbage for at uploade dataene til en sikker database og både genoplade og kalibrere apparaterne.
Databehandling	~8 uger	De indsamlede data undersøges via korrelationsanalyse og simple t-tests for korrelationer og statistisk signifikans.
Rapportskrivning	~8 uger	På baggrund af forskningsprojektet skrives en videnskabelig artikel for at dele de fund som jeg laver.
Total	~60 uger	

Tabel 2 - Overslag over den forventede tidsramme for projektets udførelse. Yderligere beskrivelser af metoder kan findes under afsnittet **Metode og forsøgsdesign**

Budget

I **tabel 3** er et overslag over de forventede udgifter ved projektets udførelse.

Udgift	Vejledende pris*	Reference
3 × Aktigraf	3 × €575 ≈ 12.883,39 kr.	Baseret på prisen af Fibion Krono i 2024 fra Fibion, (2024)
3 × One-button-tracker	3 × £32,40 ≈ 836,56 kr.	Baseret på prisen af Puck.js v2.1 i 2025 fra Espruino, (n.d.)
Tilskud til offentlig transport	30 × 200 kr. = 6000 kr.	Baseret på 10 måneder med 3 deltagere om måneden, 2 × tur-retur til et lokalt universitet for afhentning/aflevering af udstyr. Antaget middelpriis på 200 kr.
Abonnement til Google Workspace	12 × €3,40 ≈ 304,72 kr.	Baseret på 12 måneders Starter-abonnement hos Google Workspace fra Google Workspace, (n.d.)
Total	20024,67 kr.	

Tabel 3 - Overslag over det forventede budget nødvendigt for at gennemføre forskningsprojektet. Udarbejdet på baggrund af valutakurser og referencepriser i oktober 2025

Konklusion og perspektiver

Projektets forventede resultat

Projektet udføres med det formål at undersøge, hvordan en variation i lysintensitet og spektral sammensætning påvirker hyppigheden af nysereflekser hos individer med PSR.

Selvom der eksisterer forskning på området, skal studiet fungere som grundforskning. Da forsøgsdesignet er induktivt, og uden hypotese, forventer jeg ikke svar på ét spørgsmål.

Det forventede resultat er derfor en øget forståelse for, hvordan lysintensitet og spektral sammensætning påvirker PSR. Selv det resultat, at der ikke er en korrelation, er gavnligt, da det vil udelukke, at man skal undersøge de stimuli yderligere i fremtidige studier.

Perspektivering

Som opfølgning til dette studie vil det være fordelagtigt at undersøge på systematisk vis, hvilke andre variable, der ændrer hyppigheden af nys i individer med PSR.

På længere sigt kan viden om de stimuli, der fremkalder fotske nys forhåbentlig gøre det muligt at systematisere laboratorieundersøgelser. Eksempelvis med det formål at undersøge den neurofysiologiske årsag til PSR, eller muliggøre diagnosticering af PSR.

På endnu længere sigt håber jeg på, at en forståelse af PSR kan give indblik i, hvordan lys og syn hænger sammen med andre sansebaner og refleksmekanismer i hjernen.

Anerkendelser

Tusind tak til ph.d. Manuel Spitschan, professor og forsker på Technical University of Munich og forskningsleder på Max Planck Institute for Biological Cybernetics, for sparring og inspiration i forbindelse med informationssøgen og udarbejdelse af opgavens teoriafsnit, samt viden om omkostninger og forskningsdesign.

Stor tak til Josef Trinkl, ph.d.-studerende på Max Planck Institute for Biological Cybernetics, og Lucien Bickerstaff, ph.d.-studerende på Technical University of Munich og Max Planck Institute for Biological Cybernetics, for deres bidrag til strukturering af metode- og forskningsdesignet.

Mange tak til Finn Nielsen, lærer og forskerspirerkontakt på Rosborg Gymnasium & HF, for introduktion til Projekt Forskerspirer, koordination af skrivesteder og hjælp med at holde motivationen for projektet.

Afslutningsvis tak til KU, AU og Projekt Forskerspirer for den spændende mulighed det har været at arbejde med sundhedsvidenskaben som videnskabelig disciplin.

Litteraturliste

- Aarhus Universitet. (n.d.). *Hawthorne-effekten*. Metodeguiden. Retrieved October 22, 2025, from <https://metodeguiden.au.dk/hawthorne-effekten>
- Artal, P. (2015, July 22). Image Formation in the Living Human Eye. *Annual Reviews*, 2015(1), 1-17. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035905>
- Askenasy, J. (1990, December 1). The photic sneeze. *Postgraduate medical journal*, 66(781), 892-893. <https://doi.org/10.1136/pgmj.66.781.892>
- Ball, D. W. (2006). *Field Guide to Spectroscopy*. SPIE. <https://doi.org/10.1117/3.682726>
- Barbosa, N., da Rosa, L. A. R., de Menezes, A. F., Reis, J. P., Facure, A., & Braz, D. (2014, May 22). Assessment of ocular beta radiation dose distribution due to 106Ru/106Rh brachytherapy applicators using MCNPX Monte Carlo code. *International Journal of Cancer Therapy and Oncology*, 2(3). <https://doi.org/10.14319/0203.8>
- Bhutta, M., & Maxwell, H. (2009, January 1). Sneezing induced by sexual ideation or orgasm: An under-reported phenomenon. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 101(12), 587-591. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2008.080262>
- Bickerstaff, L., Trinkl, J., Munkwitz, S., & Spitschan, M. (2025, February 1). Sneezing in response to bright light exposure: A case study in a photic sneezer. *Springer Nature*, 243(56), 7. <https://doi.org/10.1007/s00221-024-06988-4>
- Breitenbach, R. A., Swisher, P. K., Kim, M. K., & Patel, B. S. (1993, December). The photic sneeze reflex as a risk factor to combat pilots. *Military Medicine*, 158(12), 4. <https://doi.org/10.1093/milmed/158.12.806>
- Caminero, F., & Cascella, M. (2024). *Neuroanatomy, Mesencephalon Midbrain*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551509/>
- Cerveró, A., Casado, A., & Riancho, J. (2019, December 2). Retinal changes in amyotrophic lateral sclerosis: looking at the disease through a new window. *Journal of Neurology*, 268, 2083-2089. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09654-w>
- Cleveland Clinic. (2023, August 16). *Actigraphy: What It Is, How It Works & Results*. Cleveland Clinic. Retrieved October 20, 2025, from <https://my.clevelandclinic.org/health/drugs/25196-actigraphy>
- Condor Instruments. (n.d.). *ActTrust 2*. Condor Instruments. Retrieved October 21, 2025, from <https://condorinst.com/en/acttrust-two-actigraph/>
- De Videnskabsetiske Medicinske Komiteer & National Videnskabsetisk Komité. (2023, March 6). *Samtykkeblanketter til deltagelse i sundhedsvidenskabelige forskningsprojekter*. De Videnskabsetiske Komiteer. Retrieved October 21, 2025, from <https://videnskabsetik.dk/ansoegning-til-etisk-komite/samtykkeblanketter-til-deltagelse-i-sundhedsvidenskabelige-forskningsprojekter>
- Engber, D. (2016, January 4). *Why Does Bright Light Make Me Sneeze?* Popular Science. Retrieved October 26, 2025, from <https://www.popsci.com/why-does-bright-light-make-me-sneeze/>
- Espruino. (n.d.). *Espruino Puck.js v2.1*. Espruino Shop. Retrieved October 21, 2025, from <https://shop.espruino.com/puckjs>
- Espruino. (2023). *Puck.js*. Espruino. Retrieved October 21, 2025, from <https://www.espruino.com/Puck.js>

- Europa-Parlamentet & Europa-Kommissionen. (n.d.). *Principles of the GDPR*. European Commission. Retrieved October 20, 2025, from https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/rules-business-and-organisations/principles-gdpr_en
- Fibion. (n.d.). *Fibion Krono*. Fibion. Retrieved October 21, 2025, from <https://web.fibion.com/krono/>
- Fibion. (2024). *ActiGraph Pricing Information Guideline 2024*. Fibion. Retrieved October 21, 2025, from <https://web.fibion.com/articles/actigraph-pricing-guide-researchers-2024/>
- Fitzpatrick, D. (2001). Anatomical Distribution of Rods and Cones (D. Purves, Ed.). In *Neuroscience* (2nd ed.). Oxford University Press, Incorporated. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10848/>
- Forrester, J. M. (2008, September 2). Sneezing on Exposure to Bright Light as an Inherited Response. *Human Heredity*, 35(2), 113-114. <https://doi.org/10.1159/000153527>
- Google Cloud. (n.d.). *Google Cloud & the General Data Protection Regulation (GDPR)*. Google Cloud. Retrieved 10 21, 2025, from <https://cloud.google.com/privacy/gdpr>
- Google Workspace. (n.d.). *Compare Flexible Pricing Plan Options*. Google Workspace. Retrieved October 21, 2025, from <https://workspace.google.com/pricing>
- Hattar, S., Liao, H. W., Takao, M., Berson, D. M., & Yau, K. W. (2002, February 8). Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science*, 295(5557), 1065-1070. <https://doi.org/10.1126/science.1069609>
- Hydén, D., & Arlinger, S. (2009, November). On light-induced sneezing. *Eye*, 23(11), 2112-2114. <https://doi.org/10.1038/eye.2009.165>
- Lucas, R. J., Peirson, S. N., Berson, D. M., Brown, T. M., Cooper, H. M., Czeisler, C. A., Figueiro, M. G., Gamlin, P. D., Lockley, S. W., O'Hagan, J. B., Price, L. L.A., Provencio, I., Skene, D. J., & Brainard, G. C. (2014). Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends in Neurosciences*, 37(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.10.004>
- Maqsood, F. (2017, June 15). Effects of varying light conditions and refractive error on pupil size. *Cogent Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1080/2331205X.2017.1338824>
- Mathôt, S., & Van der Stigchel, S. (2015). New Light on the Mind's Eye: The Pupillary Light Response as Active Vision. *Current Directions in Psychological Science*, 24(5), 374-378. <https://doi.org/10.1177/0963721415593725>
- Meng, J., Huang, X., Ren, C., & Xue, T. (2025, March 8). Non-Image-Forming Functions of Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells. *Annual Reviews*, 2025(48), 211-219. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-112723-035532>
- Nguyen, K. H., Patel, B. C., & Tadi, P. (2023). *Anatomy, Head and Neck: Eye Retina*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542332/#article-28440.s9>
- Ofri, R. (2008). Chapter 15 - Retina. In D. J. Maggs, P. E. Miller, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (4th ed., pp. 285-317). Saunders Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-072160561-6.50018-6>
- Overgaard, A. K., & Kaarsted, T. (2025, October 13). *Hvad er Citizen Science?* Syddansk Universitet. Retrieved October 20, 2025, from <https://www.sdu.dk/da/forskning/forskningsformidling/citizenscience/hvad-er-cs>

- Peroutka, S. J., & Peroutka, L. A. (1984, March 1). Autosomal Dominant Transmission of the "Photic Sneeze Reflex". *The New England Journal of Medicine*, 310(9), 599-600.
<https://doi.org/10.1056/NEJM198403013100923>
- Rui, Y., Xin, T., Chen, Y., Xiang, B., Chen, C., Dong, R., & Chen, Z. (2025, May 9). The sneeze reflex in physiological and pathological states: a mini review. *Frontiers in Neuroscience*, 19, 8.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2025.1598027>
- Seijo-Martínez, M., Varela-Freijanes, A., Grandes, J., & Vázquez, F. (2006, April). Sneeze related area in the medulla: localisation of the human sneezing centre? *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 77(4), 559-561.
<https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.068601>
- Tannenbaum, M., & Sebastian, S. (2021, August 17). *Levels of Evidence*. OpenMD. Retrieved October 20, 2025, from
<https://openmd.com/guide/levels-of-evidence>
- Trinkl, J., Bickerstaff, L., Munkwitz, S., & Spitschan, M. (2025, February 1). Stimulus conditions eliciting sneezing in response to bright light. *Experimental Brain Research*, 243(56).
<https://doi.org/10.1007/s00221-024-06988-4>
- van de Belt, T. H., de Croon, A., Freriks, F., Christiansen, T. B., Larsen, J. E., & de Groot, M. (2022). Barriers to and Facilitators of Using a One Button Tracker and Web-Based Data Analytics Tool for Personal Science: Exploratory Study. *JMIR Formative Research*, 6(3), Article e32704.
<https://doi.org/10.2196/32704>
- Wang, M., Sun, X., Shi, Y., Song, X., & Mi, H. (2019, March 21). A genome-wide association study on photic sneeze reflex in the Chinese population. *Scientific Reports*, 9(1), 4993.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-41551-0>
- Wang, X., & Kattan, M. W. (2020, July). Cohort Studies: Design, Analysis, and Reporting. *Chest*, 158(1S), 72-78.
<https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.014>
- World Medical Association. (2024, October 19). *WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Participants – WMA – The World Medical Association*. World Medical Association. Retrieved October 20, 2025, from
<https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/>
-

Bilag 1 - Billede på forsiden

Billedet på forsiden er gengivet fra Engber, D. (2016, January 4). *Why Does Bright Light Make Me Sneeze?* Popular Science. Retrieved October 26, 2025, fra <https://www.popsoci.com/why-does-bright-light-make-me-sneeze/>



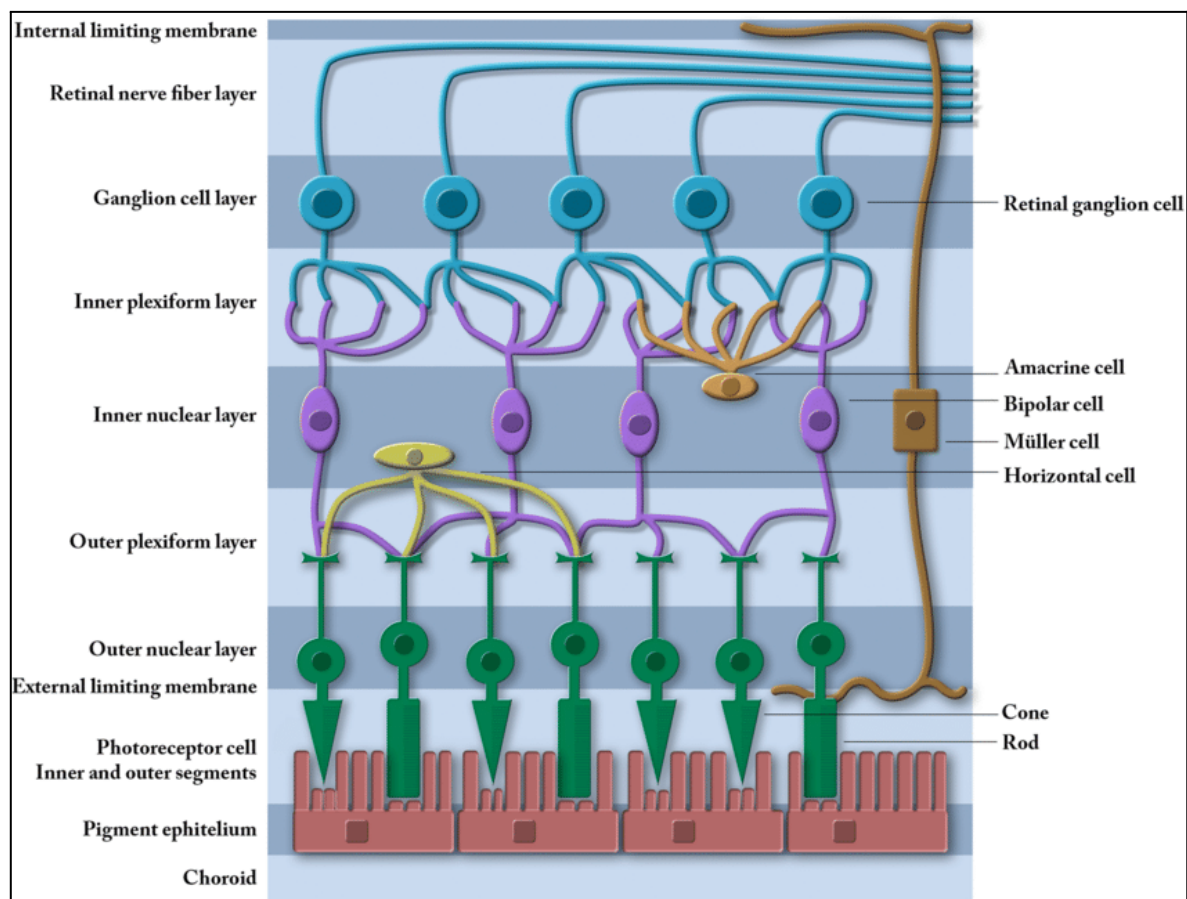
Bilag 2 - Beskrivelse af nethindens 10 lag

Bilaget baseres på et afsnit fra Nguyen, K.H., et al. (2023). *Anatomy, Head and Neck: Eye Retina*, Statpearls Publishing, fra <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542332/> samt en model fra Cerveró, A., et al. (2019). *Retinal changes in amyotrophic lateral sclerosis: looking at the disease through a new window*, Journal of Neurology, 268:2083-2089 - Scientific Figure on ResearchGate, fra https://www.researchgate.net/figure/Retinal-layers-Retina-is-formed-by-10-layers-from-the-inner-to-the-outer-part-of-the_fig1_337684117

Nethinden inddeles i 10 lag, som nedenfor er beskrevet i rækkefølge med den førstnævnte tættest på øjets centrum og den sidstnævnte på øjeæblets ydre væg; sklera.

1. **Internal limiting membrane (ILM)** er det inderste lag af nethinden. Laget danner en barriere mellem kammervandet i kammeret mellem linsen og nethinden. Laget indeholder også aksonterminaler for Müllerceller. Disse celler står for at opretholde den strukturelle og metaboliske integritet af nethindens andre celler.
2. **Retinal nerve fiber layer (RNFL)** indeholder aksoner, som udspringer fra retinale ganglieceller (RGC'er) og samler sig til synsnerven. RNFL indeholder også støtteceller såsom astrocytter og Müllerceller.
3. **Ganglion cell layer (GCL)** indeholder RGC'ernes cellekroppe.
4. **Inner plexiform layer (IPL)** indeholder aksoner, som udspringer fra bipolære celler, der danner synapser med RGC'ernes dendritter. De bipolære celler transmitterer signaler fra fotoreceptorer til RGC'erne. I IPL danner dendritter fra amakrinceller også synapse med de bipolære celler. Amakrincellernes funktion er at modulere konduktiviteten mellem bipolære celler og RGC'er for at undgå langtidspotensering.
5. **Inner nuclear layer (INL)** indeholder cellekroppe for bipolære celler, amakrinceller og horisontale celler. Funktionen af horisontale celler er at udøve regulering via feedback på fotoreceptorernes output.
6. **Outer plexiform layer (OPL)** indeholder aksonterminaler for de fotoreceptorer, som synapser på celler i INL.
7. **Outer nuclear layer (ONL)** indeholder cellekroppe for fotoreceptorernes tappe og stave.

- 8. External limiting membrane (ELM)** indeholder gap-junctions mellem fotoreceptorer og Müllerceller. Membranen danner også en barriere mellem fotoreceptorernes cellekroppe i ONL og fotoreceptorernes indre og ydre segmenter i PL.
- 9. Photoreceptor layer (PL)** indeholder fotoreceptorernes indre og ydre segmenter. De ydre segmenter indeholder lyssensitive pigmenter, som formidler fototransduktionen: Omdannelsen af et lysstimulus til et elektrisk signal. Fotoreceptorernes indre segmenter indeholder mitokondrier og ribosomer, som er nødvendige for at opretholde fotoreceptorernes høje metabolisme.
- 10. Retinal pigment epithelium (RPE)** er det yderste lag af nethinden og består af ét enkelt lag af RPE celler. Laget står for blod-nethinde-barrieren, samt ion- og vandtransport og udskillelse af vækstfaktorer og cytokiner. RPE cellerne står også for omdannelse af fotoreceptorernes opbrugte pigmenter tilbage til pigmenter, som igen kan formidle fototransduktion.

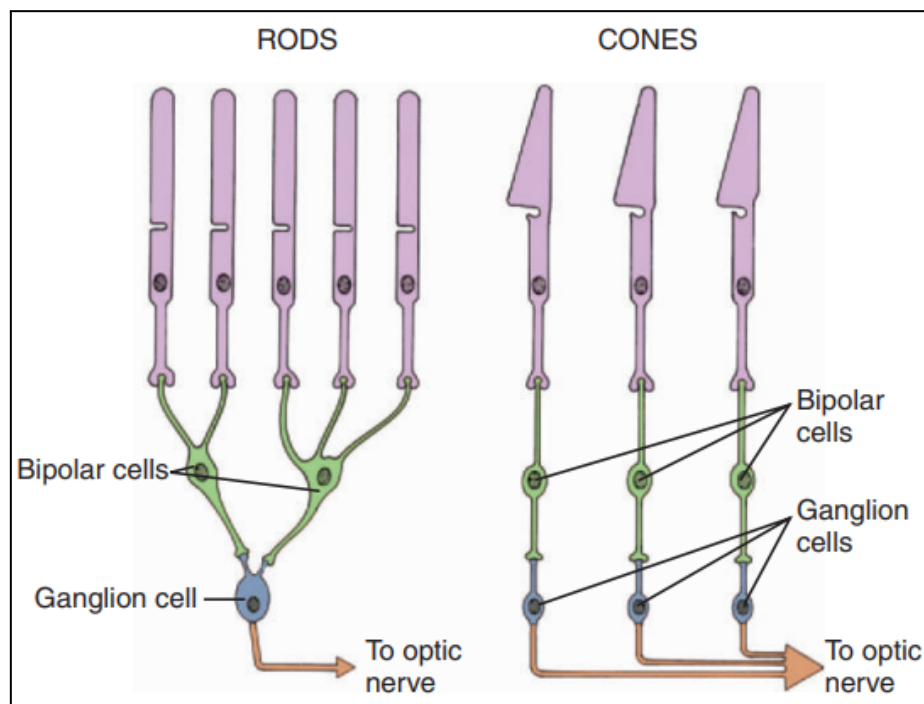


Figur 7 - Model der illustrerer nethindens 10 lag og lagenes indhold. Gengivet fra Cerveró et al., 2019

Bilag 3 - Retinal summering

Bilaget baseres på et afsnit samt en model fra Ofri, R. (2008). Chapter 15 - Retina. In D. J. Maggs, P. E. Miller, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (4th ed., pp. 285-317). Saunders Elsevier, fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780721605616500186>

Stavceller i nethinden viser større sensitivitet over for lave lysintensiteter samt små ændringer i lysintensitet. Dette betyder, at de er mere effektive i dårligt oplyste miljøer og om natten. Det vil sige, at det primært er stavceller, der står for mørkesynet. En årsag til dette er retinal summering. I nethinden findes cirka 130 mio. fotoreceptorer, men kun 1,2 mio. aksoner i synsnerven. Det vil sige, at flere af aksonerne er nødt til at være forbundet med flere fotoreceptorer, hvilket typisk vil være stavceller. Flere stavceller danner synapse med én bipolar celle og flere bipolære celler danner synapse med én gangliacelle, som er med til at danne synsnerven. På denne måde summeres signalet fra flere stavceller til ét af synsnervens aksoner. Omvendt danner tapceller typisk synapse med én bipolar celle, som er forbundet med én gangliacelle. Det tillader større visuel diskrimination, men lavere sensitivitet ved lave lysintensiteter. Det vil sige at stave er bedre til at skelne forskelle i lysintensitet, mens tappe bidrager mere til at skelne forskelle i spektral sammensætning. **Figur 8** viser forskellen i synapsedannelser for stave (rods) og tappe (cones).

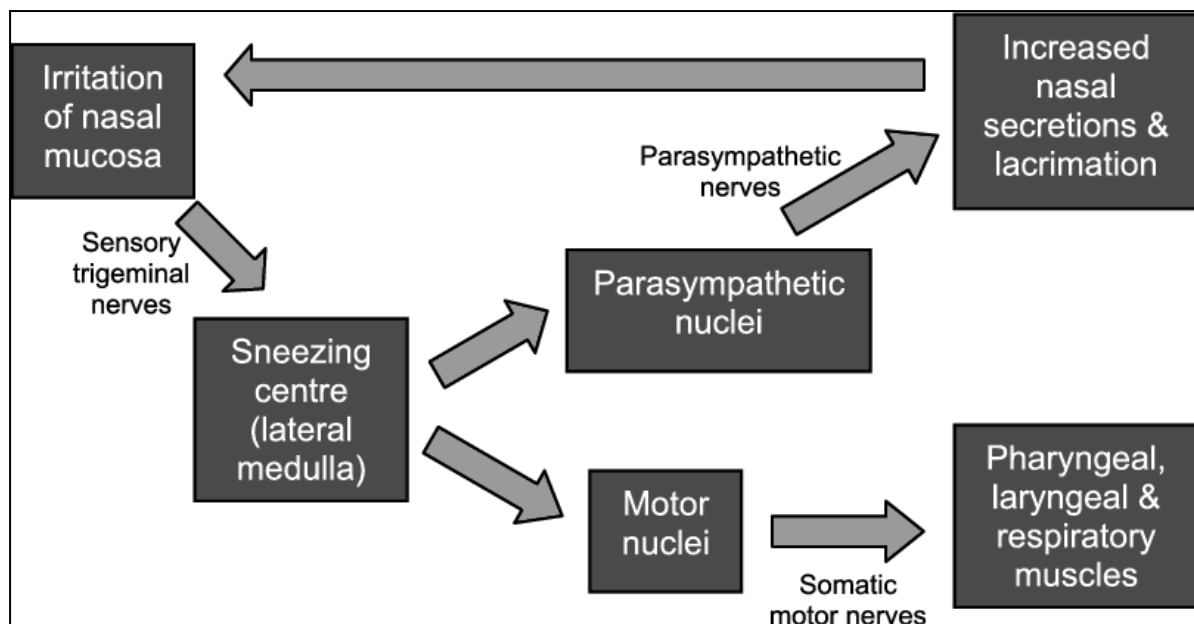


Figur 8 - Model der illustrerer forskellen på synapsedannelser mellem stav- og tapceller. Gengivet fra Ofri, 2008, p. 292

Bilag 4 - Nysereflekseen

Bilaget baseres på et afsnit fra Seijo-Martínez, M., Varela-Freijanes, A., Grandes, J., & Vázquez, F. (2006, April). Sneeze related area in the medulla: Localisation of the human sneezing centre? *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 77(4), 559-561. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.068601> og en model fra Bhutta, M., & Maxwell, H. (2009, January 1). Sneezing induced by sexual ideation or orgasm: An under-reported phenomenon. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 101(12), 587-591. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2008.080262>

Nys som klassisk refleks kan deles op i to faser. Første fase sættes i gang af en stimulering af næseslimhinden og dermed de etmoidale nerver, som er en forgrening af den nasociliære nerve. Den nasociliære nerve er i sig selv en forgrening af den oftalmiske nerve (n. ophthalmicus) som er én af tre grene af trigeminusnerven (n. trigeminus). Stimuli i næseslimhinden summeres og videreformidles via trigeminale nervebaner til nysecenteret i medulla oblongata. Anden fase består af at øjnene lukkes, en dyb indånding tages, efterfulgt af en kraftig udstødelse af luft gennem næse og mund.



Figur 9 - Flowchart, der viser nervebanerne for et nys forårsaget af irriation af næseslimhinden. Gengivet fra Bhutta & Maxwell, (2009)

Bilag 5 - Samtykkeerklæring

Nedenfor ses et eksempel på hvordan samtykkeerklæringen til forskningsprojektet kunne se ud. Gengivet fra De Videnskabsetiske Medicinske Komiteer & National Videnskabsetisk Komité. (2023). *Samtykkeblanketter til deltagelse i sundhedsvidenskabelige forskningsprojekter*. De Videnskabsetiske Komiteer, fra <https://videnskabsetik.dk/ansoegning-til-etisk-komite/samtykkeblanketter-til-deltagelse-i-sundhedsvidenskabelige-forskningsprojekter>

Informeret samtykke til deltagelse i et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt.

Forskningsprojektets titel: Fra lys til nys - et korttids observationelt citizen science-studie af den fotoniske nyserefleks

Erklæring fra forsøgspersonen:

Jeg har fået skriftlig og mundtlig information og jeg ved nok om formål, metode, fordele og ulemper til at sige ja til at deltage.

Jeg ved, at det er frivilligt at deltage, og at jeg altid kan trække mit samtykke tilbage uden at miste mine nuværende eller fremtidige rettigheder til behandling.

Jeg giver samtykke til, at deltage i forskningsprojektet, og har fået en kopi af dette samtykkeark samt en kopi af den skriftlige information om projektet til eget brug.

Forsøgspersonens navn: _____

Dato: _____ Underskrift: _____

Ønsker du at blive informeret om forskningsprojektets resultat samt eventuelle konsekvenser for dig?:

Ja _____ (sæt x) Nej _____ (sæt x)

Erklæring fra den, der afgiver information:

Jeg erklærer, at forsøgspersonen har modtaget mundtlig og skriftlig information om forsøget.

Efter min overbevisning er der givet tilstrækkelig information til, at der kan træffes beslutning om deltagelse i forsøget.

Navnet på den, der har afgivet information:

Dato: _____ Underskrift: _____

Projektidentifikation: (Fx komiteens Projekt-ID, EudraCT nr., versions nr./dato eller lign.)