

Perspektiv från fisken – koppling till avelsfisk, kläckerier och yngelstadier

Henrik Sundh

SWEMARC,

Blå mat – centrum för framtidens sjömat,
Inst. för biologi och miljövetenskap,
Göteborgs Universitet



Bakgrund: Presentationsmaterialet har tagits fram inom ramen för nationella kompetenshöjande insatser inom vattenbruk.

Syfte: Tillhandahålla och diskutera vetenskaplig fakta med bransch och myndigheter för stärkt kompetens i enlighet med rådande svensk lagar och föreskrifter, samt sprida forskningsbaserad kunskap och stärka kompetensen inom fiskhälsa och välfärd med fokus på avelsfisk, kläckerier och tidiga livsstadier.

**Arrangörer: Nationellt Kompetenscentrum för Vattenbruk (NKfV),
Sveriges Lantbruksuniversitet, Göteborgs universitet,
Vattenbrukscentrum Norr & Matfiskodlarna**

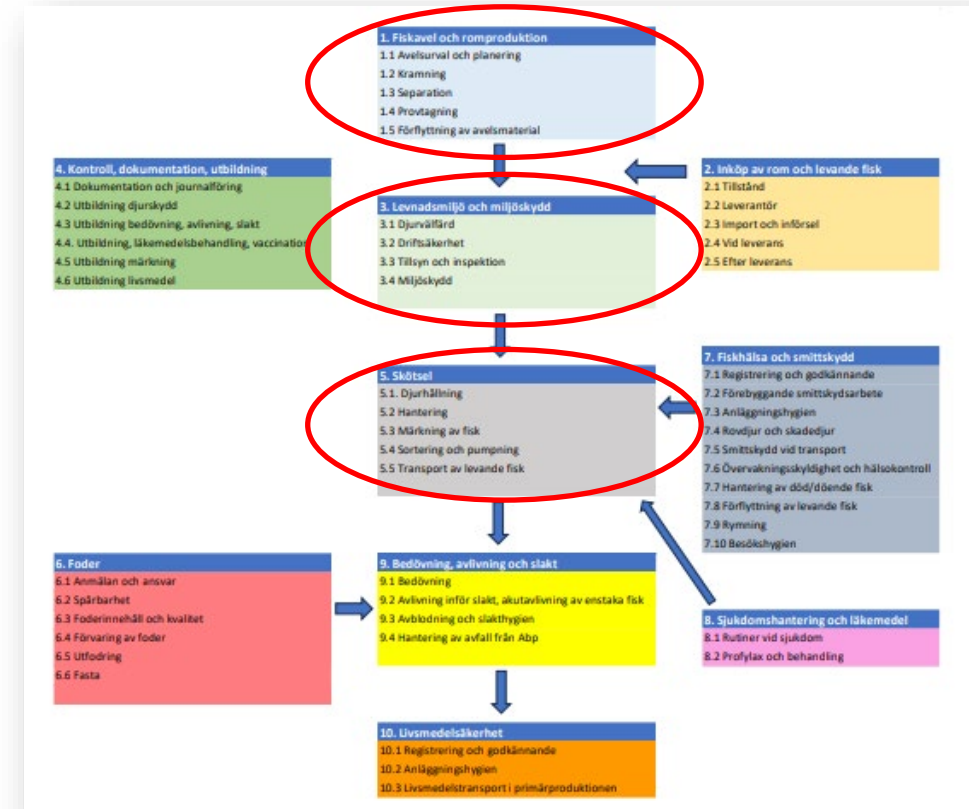
Riktlinjer och vägledning



SVENSK FISK – UPPFÖDD MED OMTANKE
Nationella branschriktlinjer för uppfödning av fisk

Code of practice för svensk uppfödning av fisk

Version 2024-05-24



Förebyggande arbete för god djurhälsa = god djurvälstånd



Första skyddet mot omgivningen – primära barriärer



Patogener

Yttre miljö

≠

Inre miljö

Homeostasis -
En stabil inre miljö
t.ex salt/vattenbalans
~310 mOsm

Joner

Vatten

Varierande
Yttre miljö
0 < vatten < 1000 mOsm

Fiskhälsa och välfärd



Vad innebär välfärd?

- Det finns ingen "universell" definition av djurvälfärd men brukar beskrivas som:

"fiskens livskvalitet som den uppfattas av fisken"

eller

"hur väl fisken klarar av att hantera och motverka patologi"

där patologi beskrivs som:

"skadliga förändringar av molekyler, celler, vävnader och/eller funktioner som händer i fisken som svar på yttre eller inre påverkan"



Fiskhälsa och välfärd



Hur kan vi definiera Hälsa?

WHO's definition

"ett tillstånd av fysiskt, psykiskt och socialt välbefinnande"

En vanligare definition:

"frånvaro av synlig sjukdom eller skada"



God välfärd innefattar god hälsa

Dålig välfärd leder ofta med tiden till dålig hälsa!



Allostasis

..... de processer som motverkar obalans i kroppen efter förändringar i t.ex. fiskens levnadsmiljö som uppfattas stressande av fisken

Vad innebär stress?

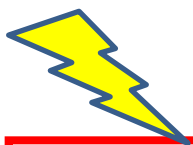
Stress är när balansen rubbats eller ett 'hot' som kan rubba fiskens inre balans => *homeostasis*

Det som framkallar stress är en stressor

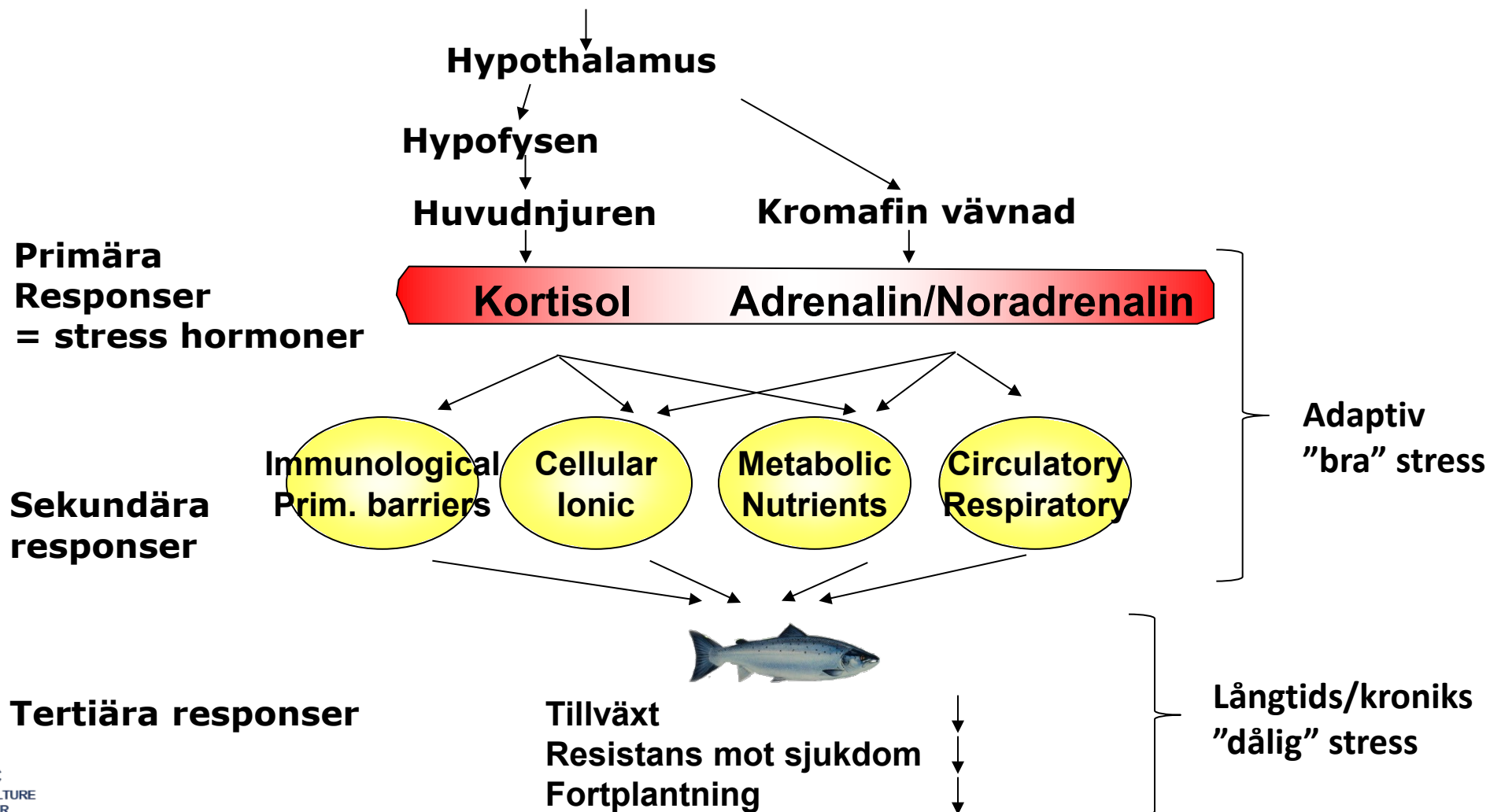


Stressen motverkas av beteende och/eller fysiologiska mekanismer som försöker återställa situationen i kroppen

Vad är stress?

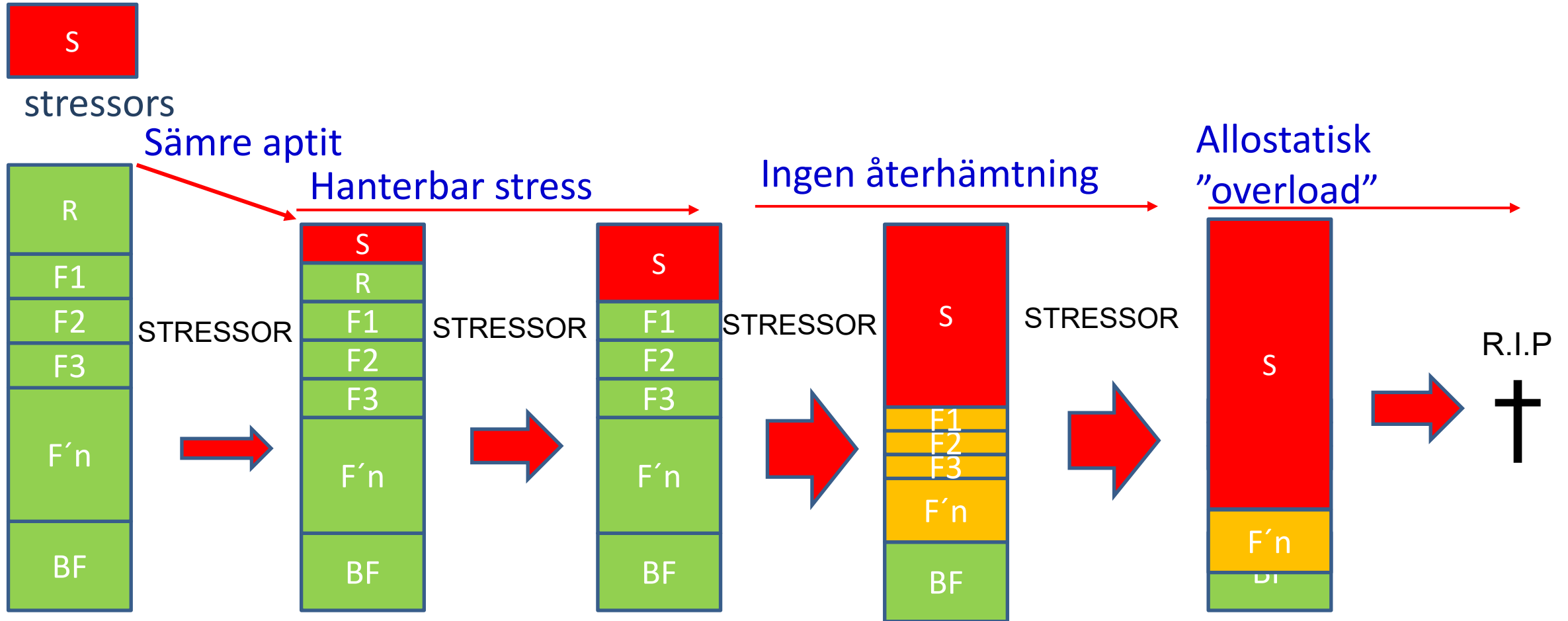


Hjärnan reagerar på en förändring/ett hot



Allostasis kostar energi

Energi budget



Risk för infektion/patologi
==> Försämrad välfärd

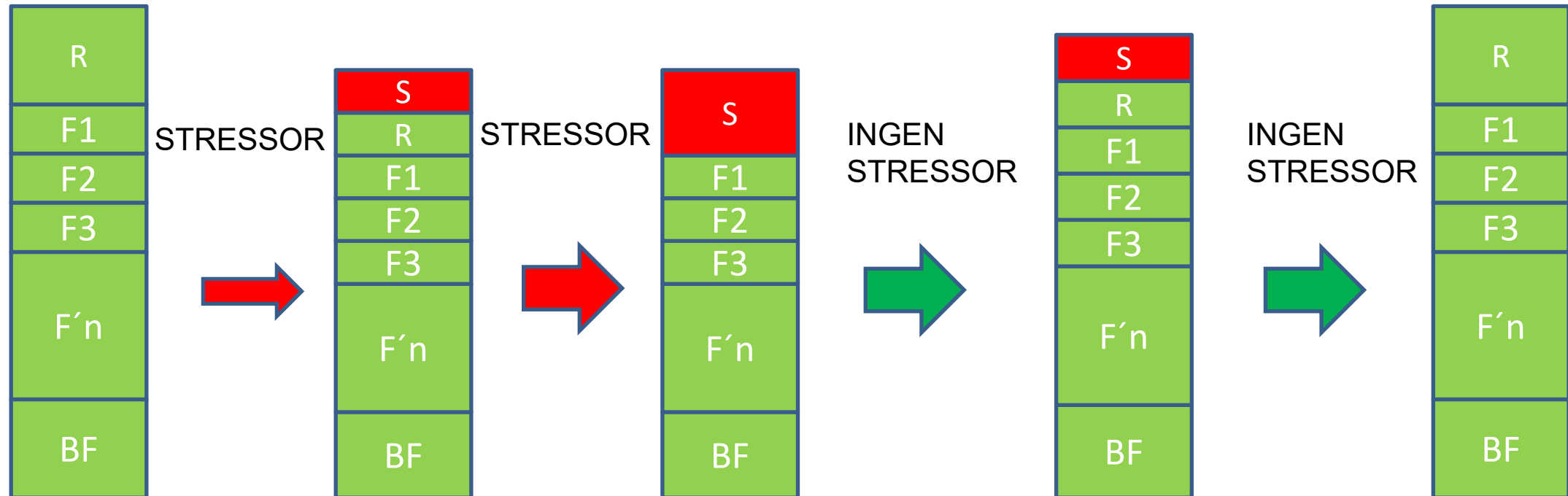
Vikten av återhämtning

Energi budget

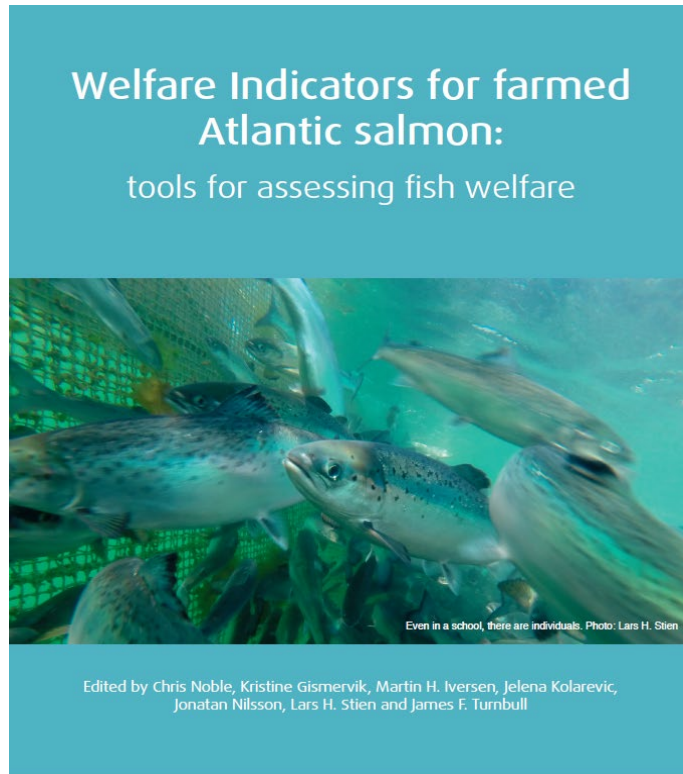
S
stressors

Hanterbar stress

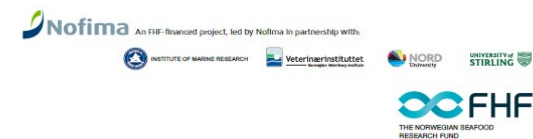
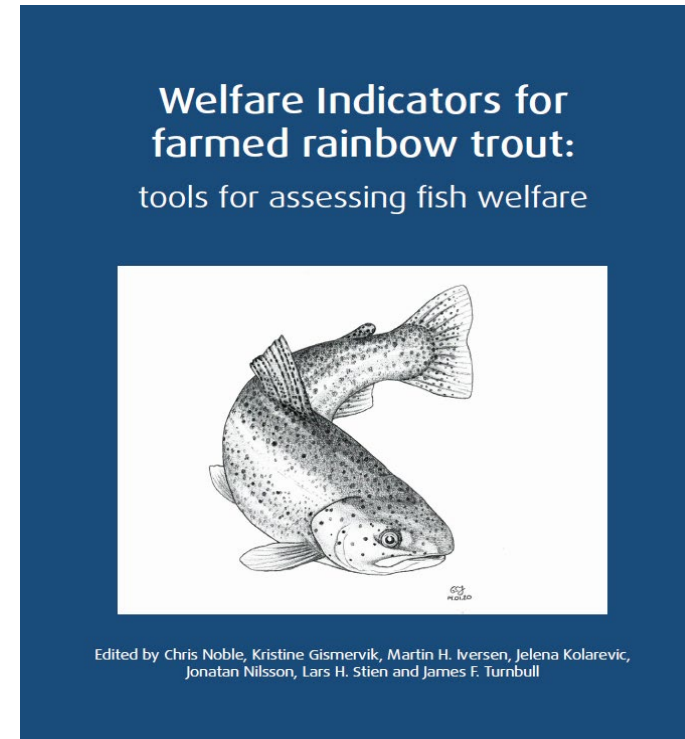
Återhämtning
återuppbyggnad av energireserver



Välfärdsguider för Atlantlax och regnbåge



<https://nofima.com/results/the-english-version-of-the-fishwell-atlantic-salmon-welfare-handbook-is-out-now/>



<https://nofima.com/results/new-handbook-on-welfare-indicators-for-farmed-rainbow-trout/>

Observationella välfärdsindikatorer - OWI

På gruppnivå

1. Dödlighet

2. Tillväxt

3. Aptit

4. Beteende

5. Fjäll och blod i vattnet



Observationella välfärdsindikatorer - OWI

På individnivå

- Gälstatus och gälblekning
- Ögonskador och status
- Grad av "utmärgling"
- Skinnstatus – blödningar/sår
- Fjäll-"tapp"
- Nos-sår – "snout wounds"
- Fenstatus – fransning, sår
- Konditionsfaktor

Deformiteter

- Gällock
- Mun
- Rygggrad

Opercular damage



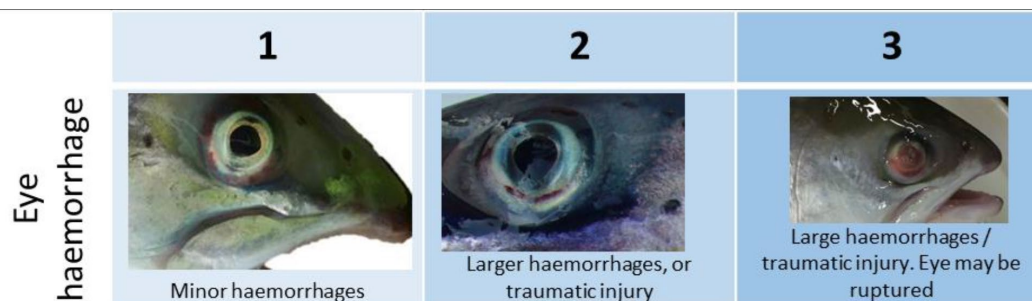
Operculum only partly covering gills



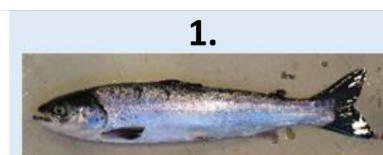
Operculum absent on one of the gills (gill exposed)



Both opercula absent (both gills exposed)



"Utmärgling"



Potentiellt utmärglad.



Utmärglad.



Extremt utmärglad.

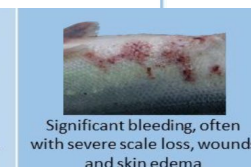
Skin haemorrhages



Minor haemorrhaging, often on the belly of the fish

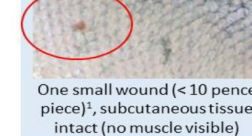


Large area of haemorrhaging, often coupled with scale loss



Significant bleeding, often with severe scale loss, wounds and skin edema

Lesions / wounds¹



One small wound (< 10 pence piece)¹, subcutaneous tissue intact (no muscle visible)

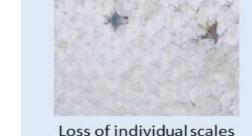


Several small wounds



Large, severe wounds, muscle often exposed (≥ 10 pence piece)

Scale loss



Loss of individual scales

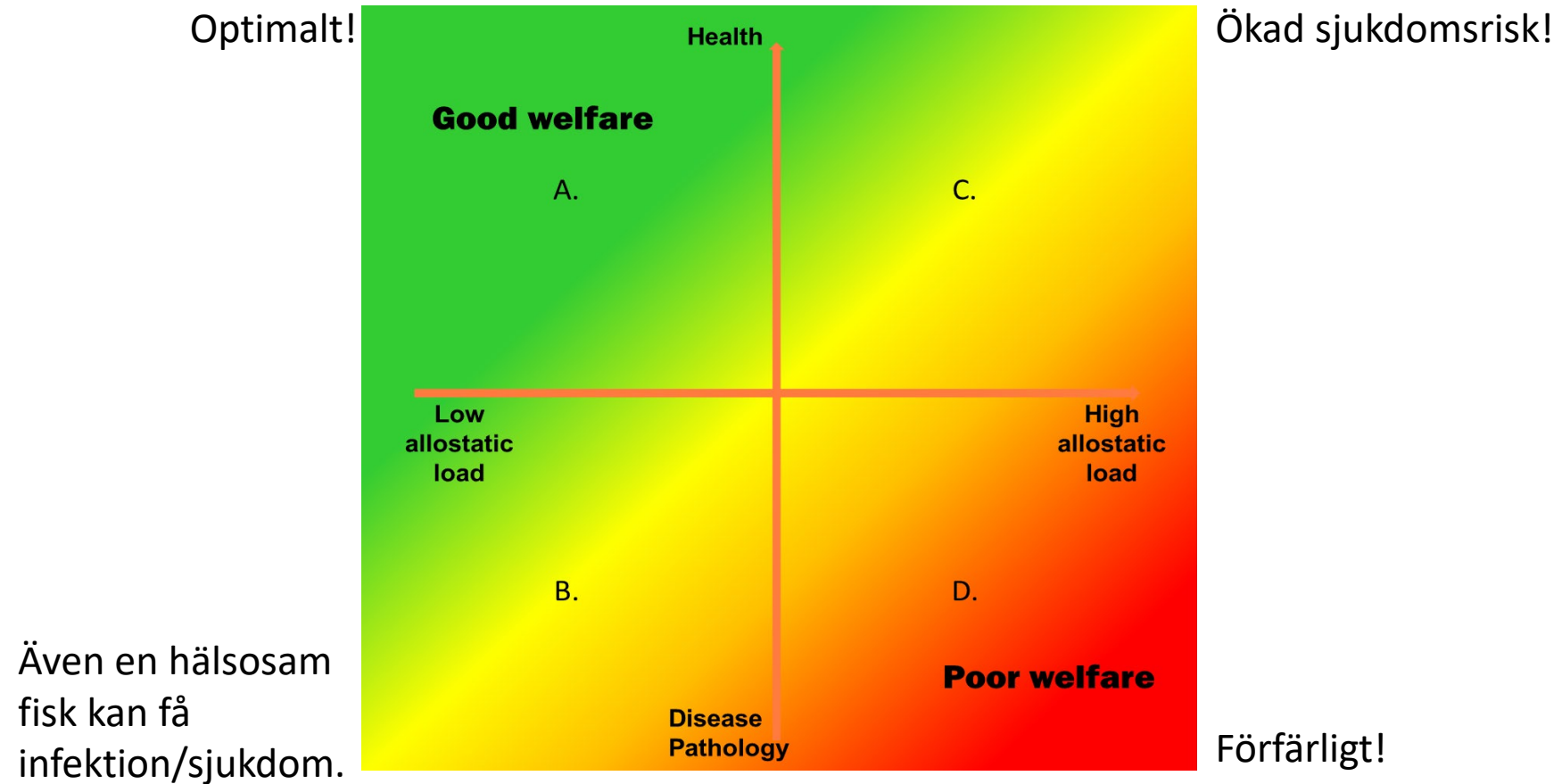


Small areas of scale loss (< 10% of the fish)

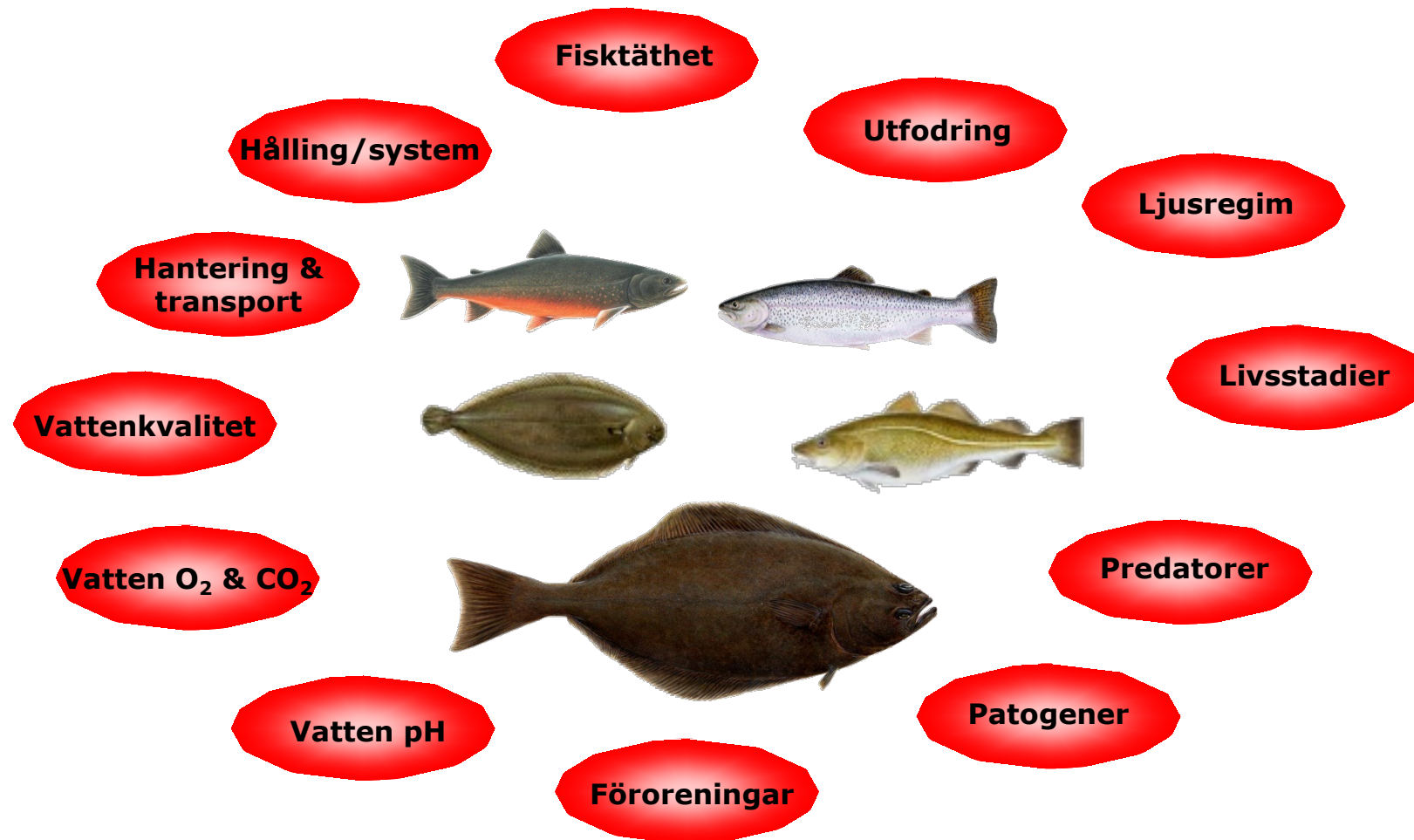


Large areas of scale loss (≥ 10% of the fish)

Relationen mellan välfärd, stress och hälsa



Många möjliga stressfaktorer i odlingsmiljön



1. Fiskavel och romproduktion

Syfte

Att minimera risken för horisontell och vertikal smittspridning. Att, genom planering och goda rutiner, skapa förutsättningar för en framgångsrik avel och romproduktion med förbättrad eller bibehållen hög produktivitet, kvalitet och sjukdomsresistens.

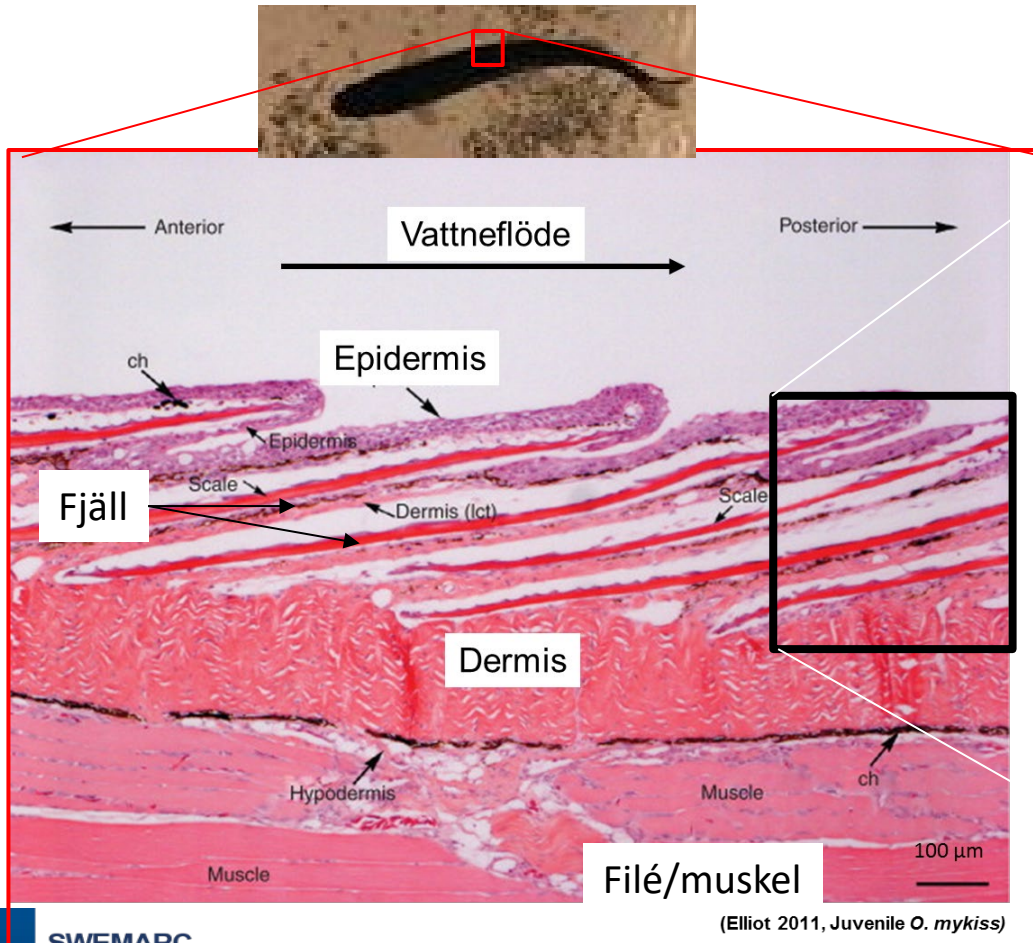
För att kunna bedriva en framgångsrik avel och sättfiskproduktion är förebyggande bekämpning av sjukdomar av stor betydelse. Bra rutiner för kontroll och uppföljning samt noggrannhet i hantering och urval är av yttersta vikt.

Friska och välmående föräldrafiskar ger förutsättningar för frisk och välmående avkomma och därmed hälsosamma fiskbestånd i anläggningen och för utsättning i vilda vatten. Därmed är romproduktionen det första vitala steget i en hållbar bransch med friska fiskar.

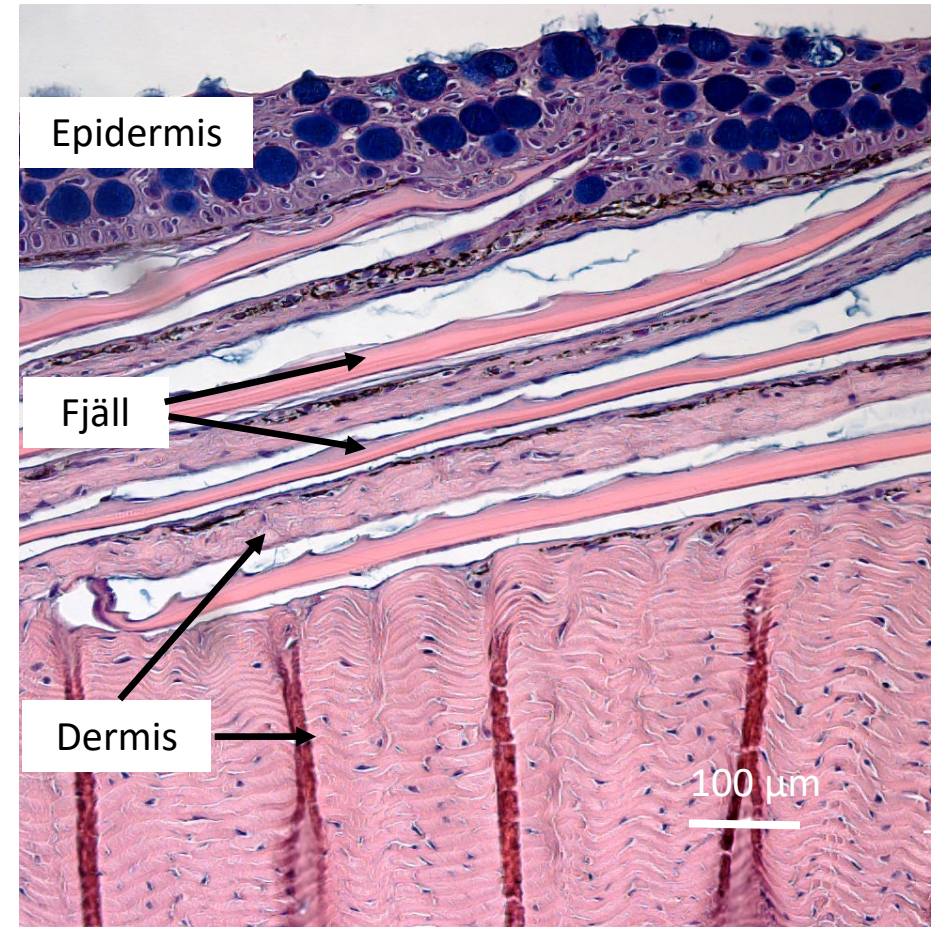
Stressminimering
Primära barriärer

Nutrition
Låg allostatisk load

Fiskskinnet – ett 0.050 mm tjockt cellager som yttersta försvar



(Elliot 2011, Juvenile *O. mykiss*)

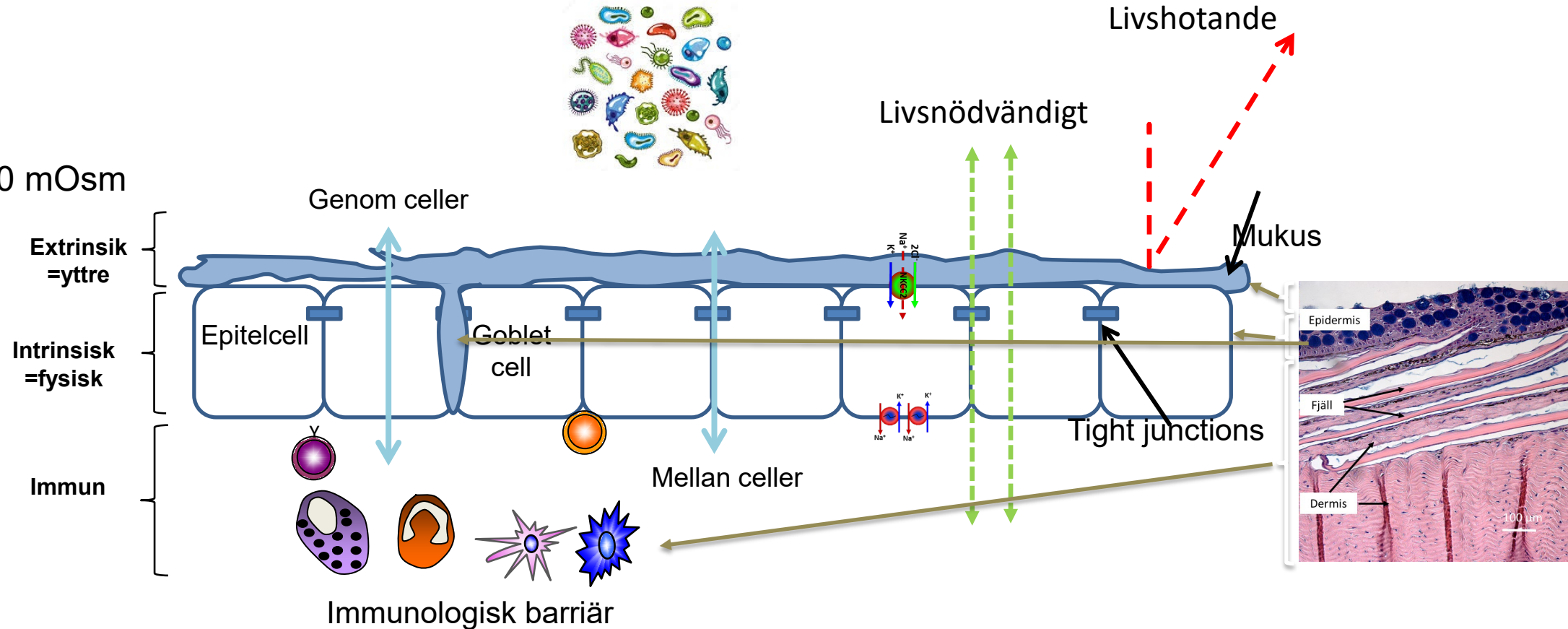


De primära barriärerna har 3 separata lager av skydd mot omgivningen som verkar tillsammans för att upprätthålla selektiv genomsläpplighet!

Yttre miljö

Vatten >0 – 1000 mOsm

"Inre miljön"
≈310 mOsm

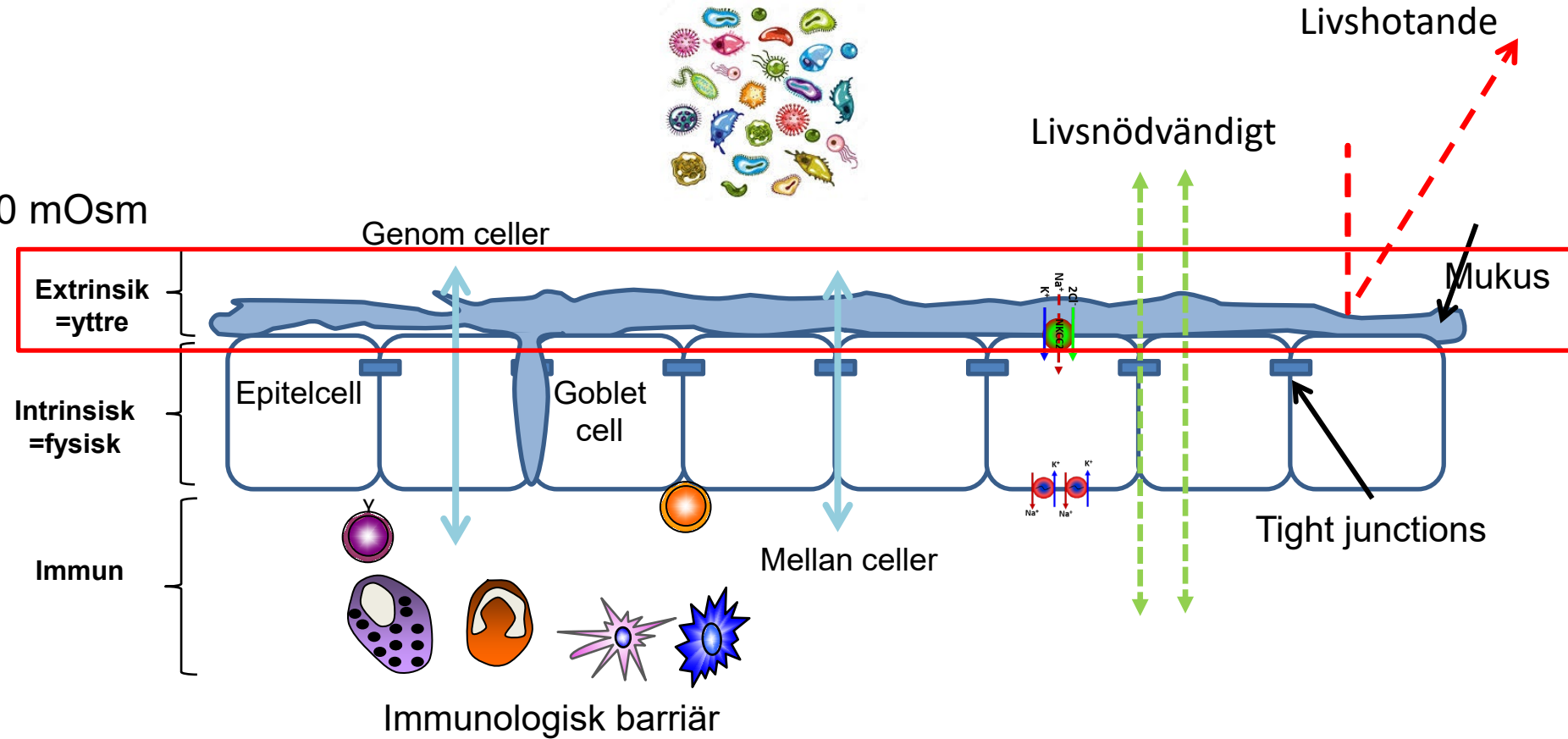


Mukusets roll för fiskens hälsa

Yttre miljö

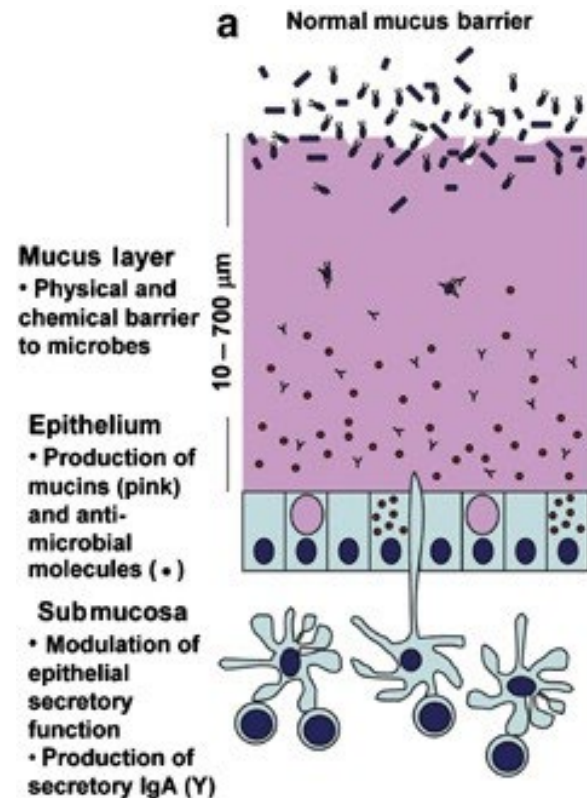
Vatten >0 – 1000 mOsm

"Inre miljö"
≈310 mOsm



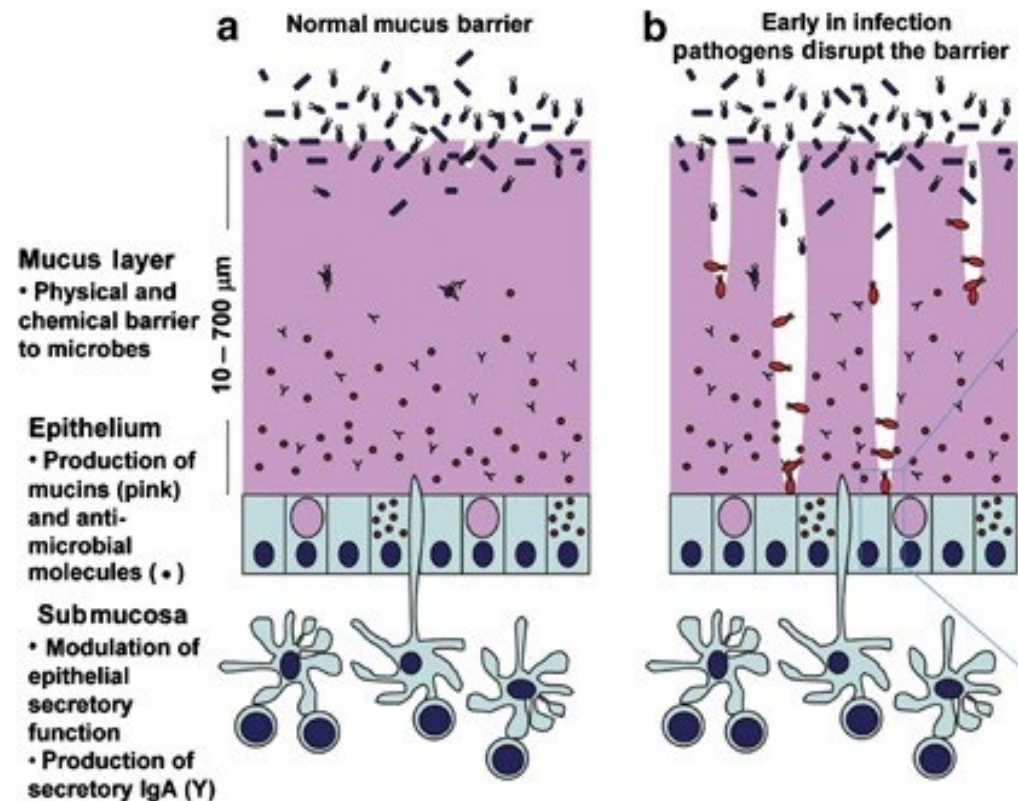
Mukusets roll för fiskens hälsa

För infektion krävs att patogener får kontakt med vävnaden – mukusets primära roll är att förhindra detta!



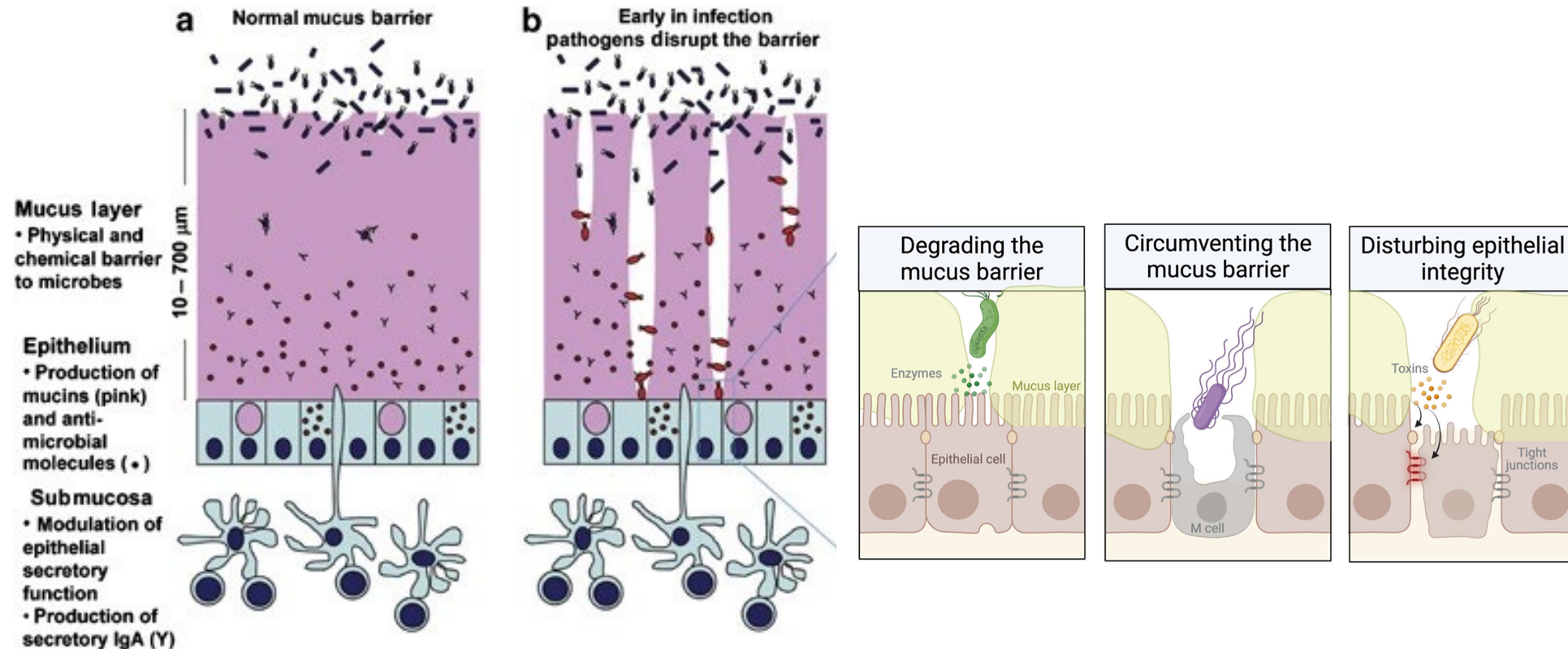
Mukusets roll för fiskens hälsa

För infektion krävs att patogener får kontakt med vävnaden – mukusets primära roll är att förhindra detta!

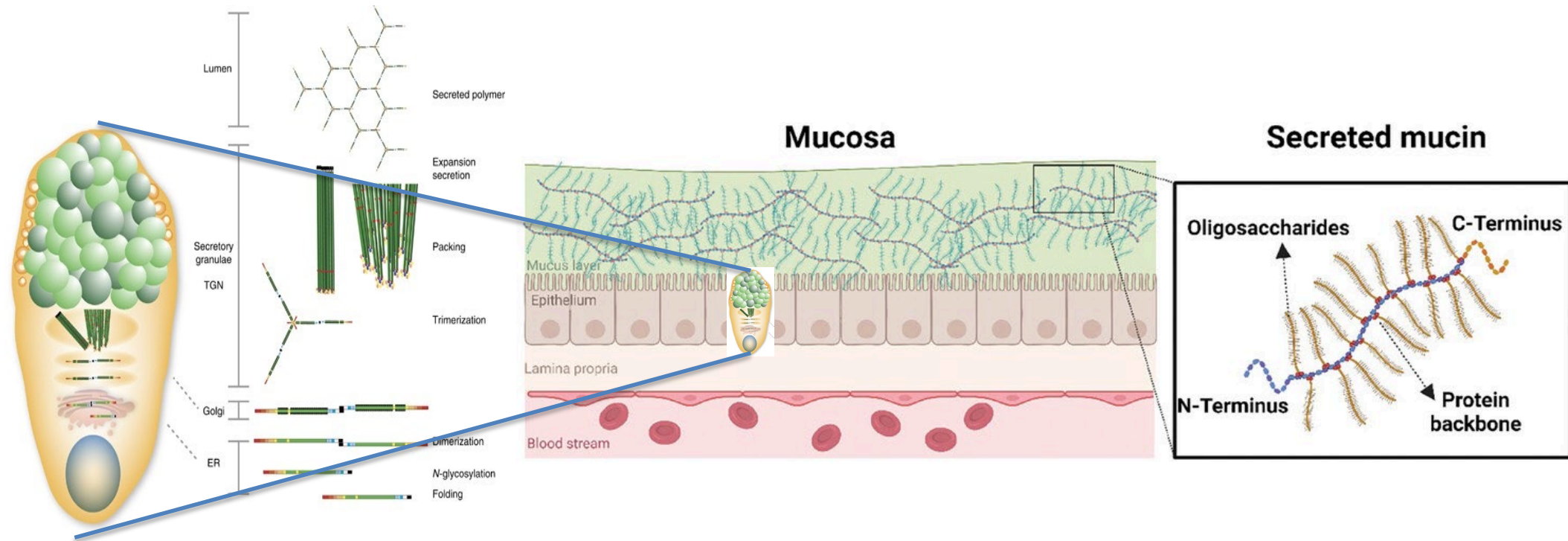


Mukusets roll för fiskens hälsa

För infektion krävs att patogener får kontakt med vävnaden – mukusets primära roll är att förhindra detta!

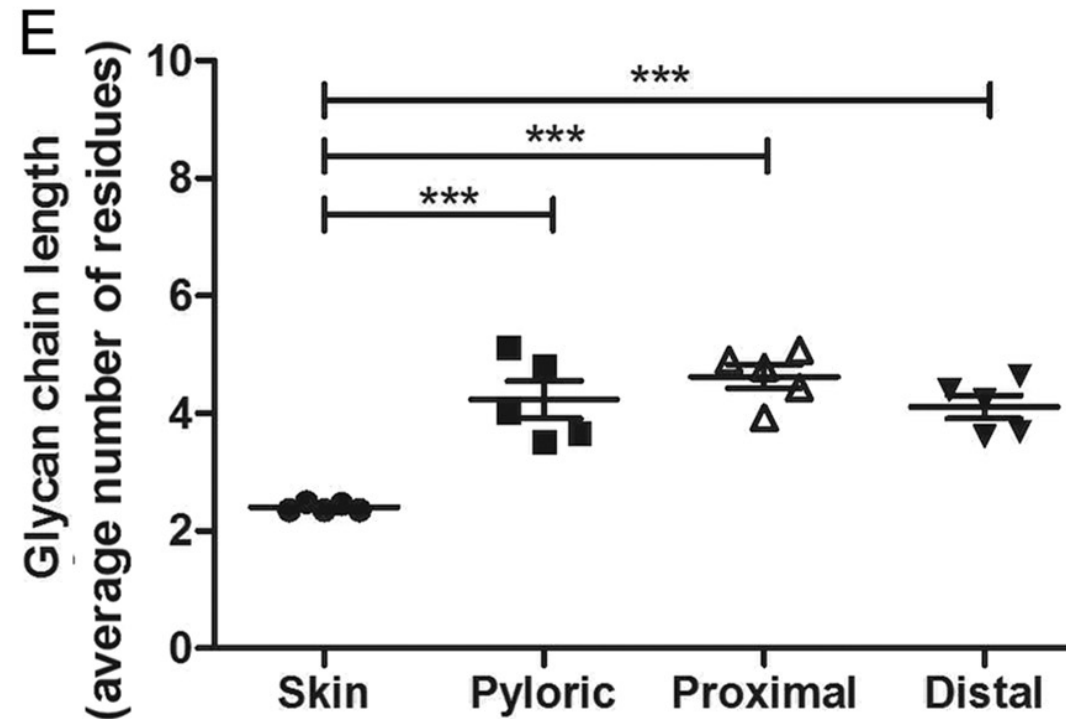
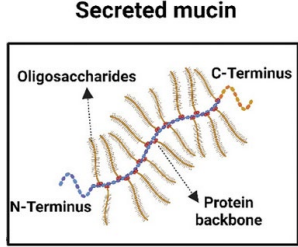


Mukusets huvudbeståndsdel är muciner



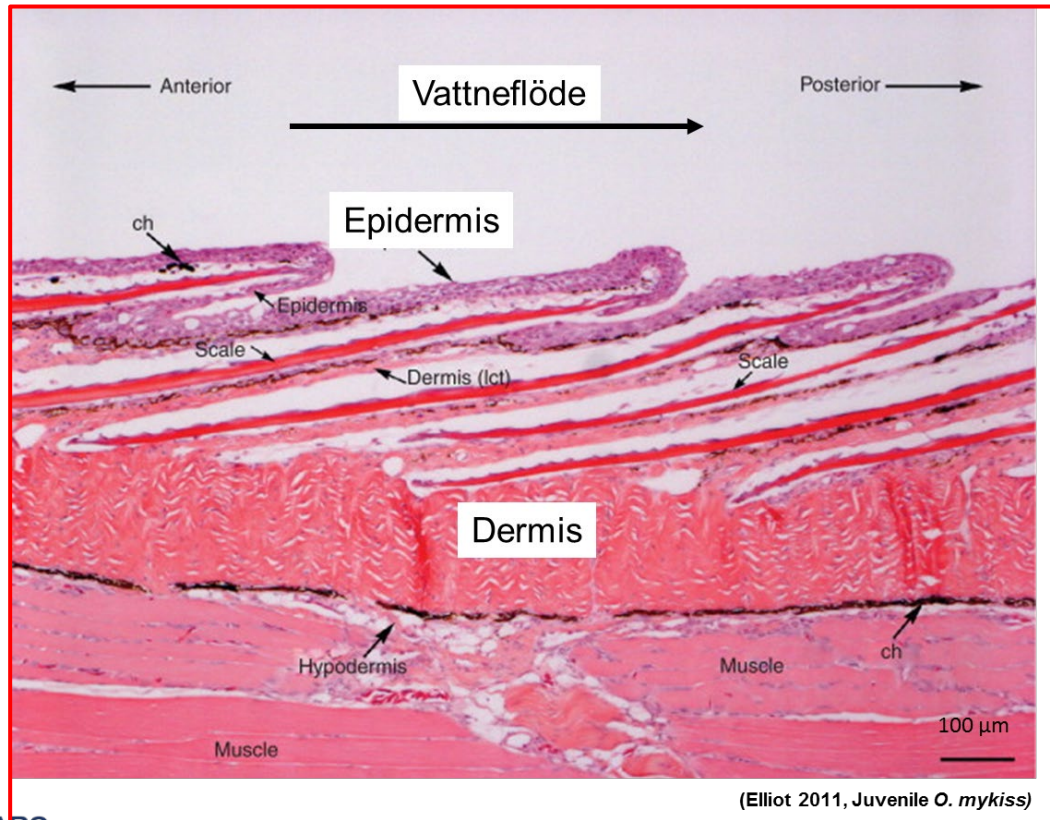
Mucinerna produceras och sekreeras hela tiden från speciella "mukusceller" (goblet-cellerna) i epitelet!

Mukusets huvudbeståndsdel är muciner



Atlantlaxens skinnmukus har kortare, mindre komplexa sockerkedjor ==> binder relativt svagt till bakterier.

Mukusets roll för fiskens hälsa

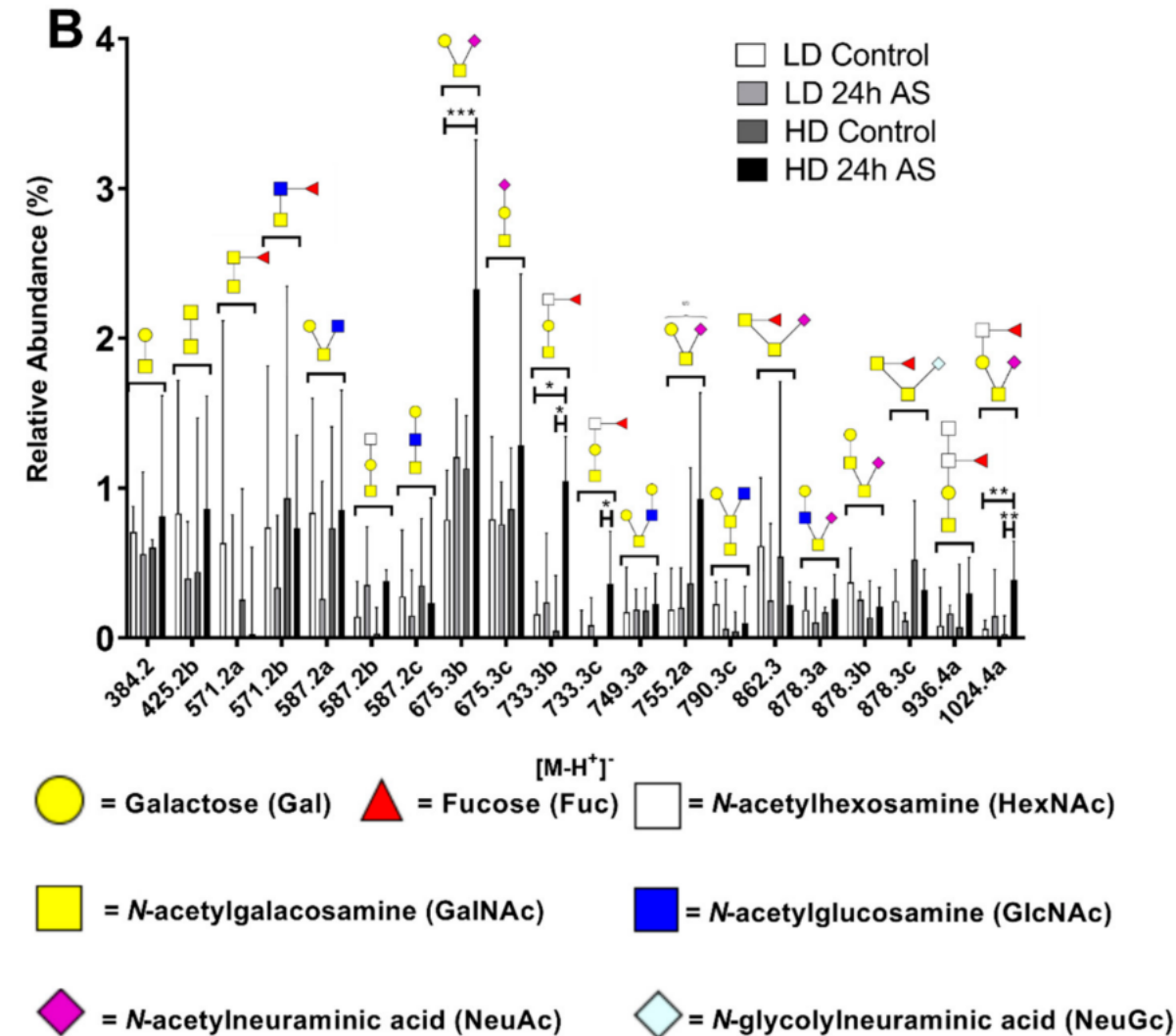


Möjlig förklaring:

- Korta och enkla sockerkedjor på salmoniderna muciner i skinnets gör mukuset "halt" som teflon och bakterier i vattnet får svårare att fästa på fisken och nå fram till epitelet!

Stress gör mucinerna mer komplexa.

- Stressade fiskar får större och mer komplexa sockerkedjor i mukuset.
- Detta gör att bakterier lättare binder till fisken istället för att “sköljas bort” med vattenströmmen – kan göra fisken mer mottaglig för infektion.



(Benktander et al 2021)

Take-home skinnmukus-message:

- Mukuset är den allra första barriären mot patogener.
- Ett skadat eller försvagat mukuslager innebär ökad risk för infektion.
- Stress kan påverka mukusets sammansättning och funktion negativt.

Den fysiska epitelbarriärens roll för fiskens hälsa

Yttre miljö

Luft

Vatten >0 – 1000 mOsm

Epitel

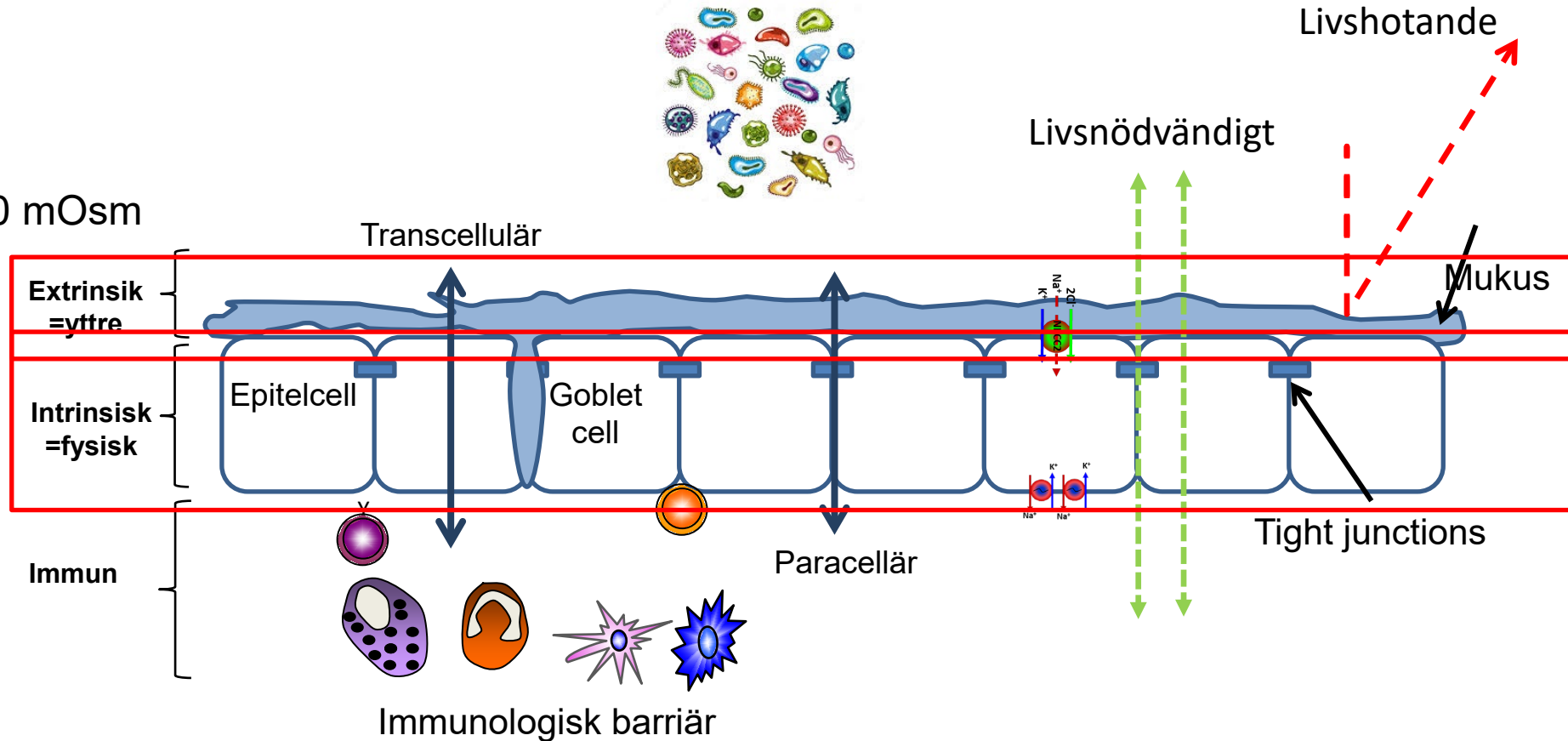
Extrinsik
=yttre

Intrinsisk
=fysisk

Immun

"Inre miljö"

≈320 mOsm



Effekter av en suboptimal (stressande) miljö

Yttre miljö

Luft

Vatten $>0 - 1000$ mOsm

Epitel

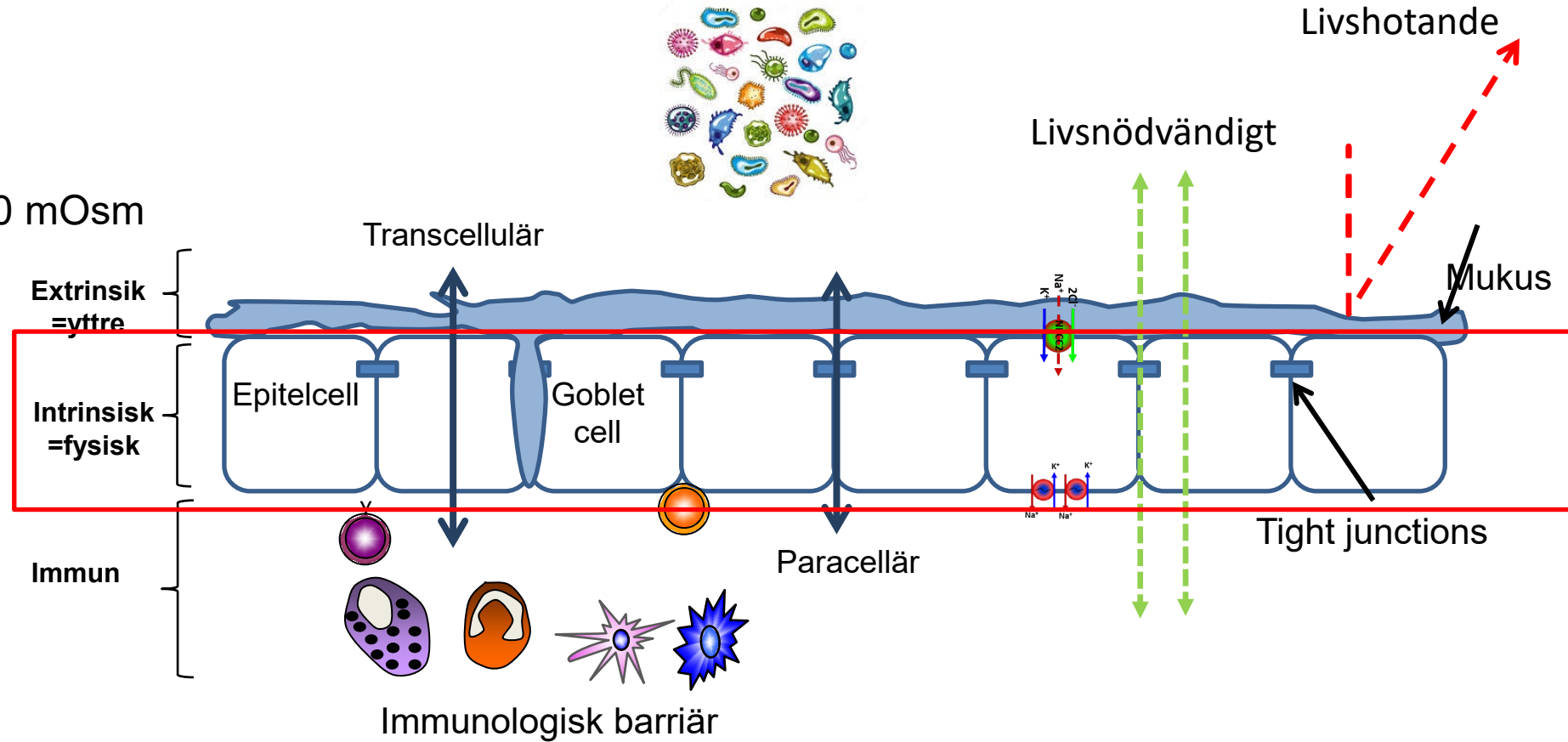
Extrinsik
=yttre

Intrinsik
=fysisk

Immun

"Inre miljön"

≈ 320 mOsm



Effekter av kronisk stress

Experimentdesign

Odlingsförhållanden

Flow-through
Saltvatten 34 ppt,
Temperatur 13°C

Behandling

Låg fisktäthet (LD; 14 to 30 kg m³)
Hög fisktäthet (HD; 50 to 80 kg m³)

Sampling

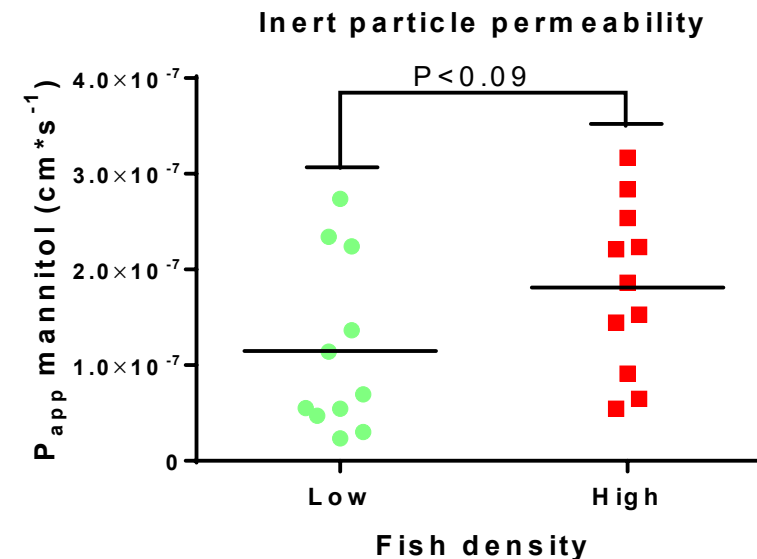
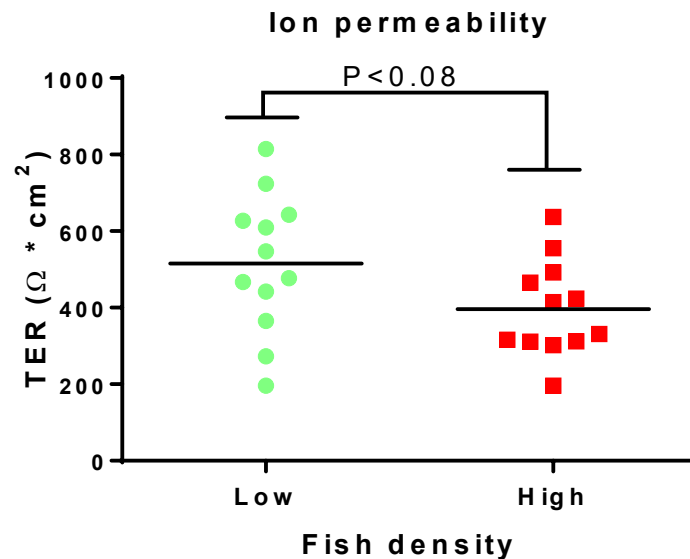
Mid Nov

Vävnadsprov



S. salar n=12

➤ **Kronisk stress har en negativ effekt på skinnbarriären**



➤ Tydlig tendens till minskad TER = ökad permeabilitet för joner i HD

➤ Tydlig tendens till ökad diffusion av mannitol = ökad permeabilitet för molekyler i HD

(Benktander et al 2021)

Effekter av akut stress

Experimentdesign

Odlingsförhållanden

RAS
Brackvatten 12 ppt,
Temperatur 13°C

Behandling

30 min akut stress via trängning (300 kg m³), syre behövs med bubbling > överföring till FTS (34ppt) i 24h

Sampling

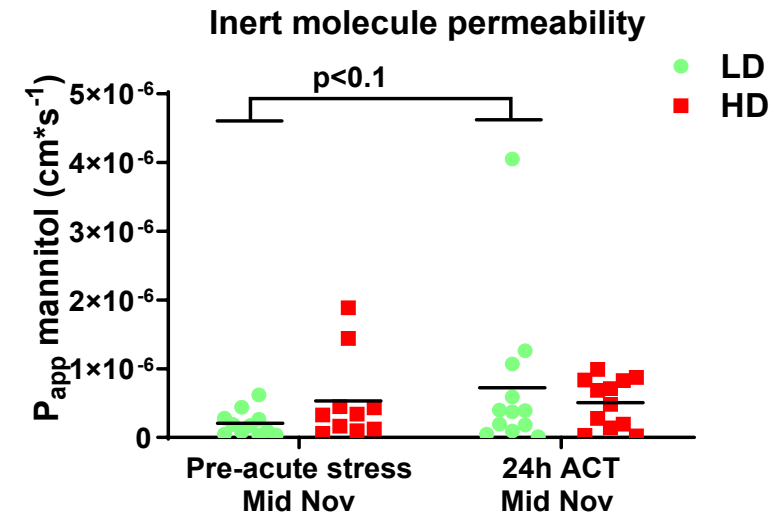
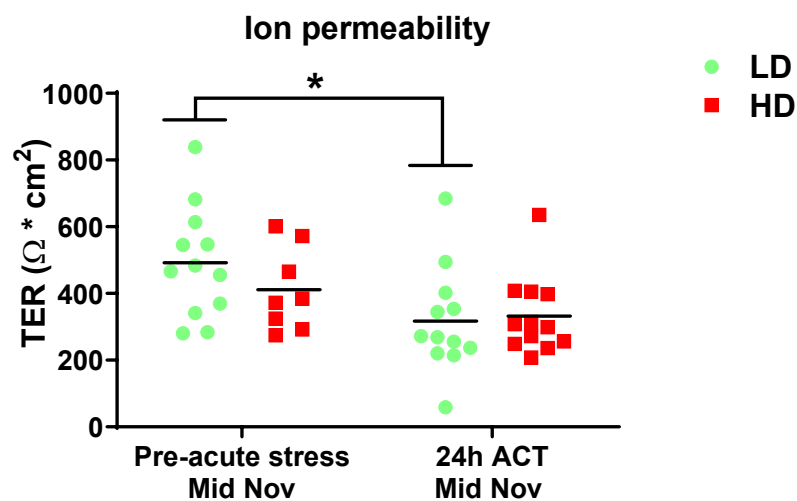
Mid Nov

Body site



S. salar n=12

- Akut stress påverkar skinnbarriären negativt – men bara om fisken inte varit stressad sedan tidigare.



- Sänkt TER efter akut stress i LD gruppen endast

- Tydlig tendens till ökad permeabilitet för mannitol i LD gruppen endast.

Effekter av skador på skinnet - fjälltapp

Försöksdesign

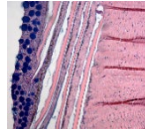
Utvalt skinn



O. mykiss, 150g

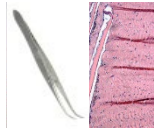
Behandlingar

Kontroll



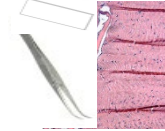
Derm
+ scale/epi/muc

Fjällat



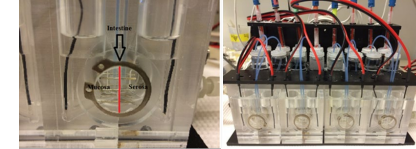
Derm
- scale/epi/muc

Skrapat

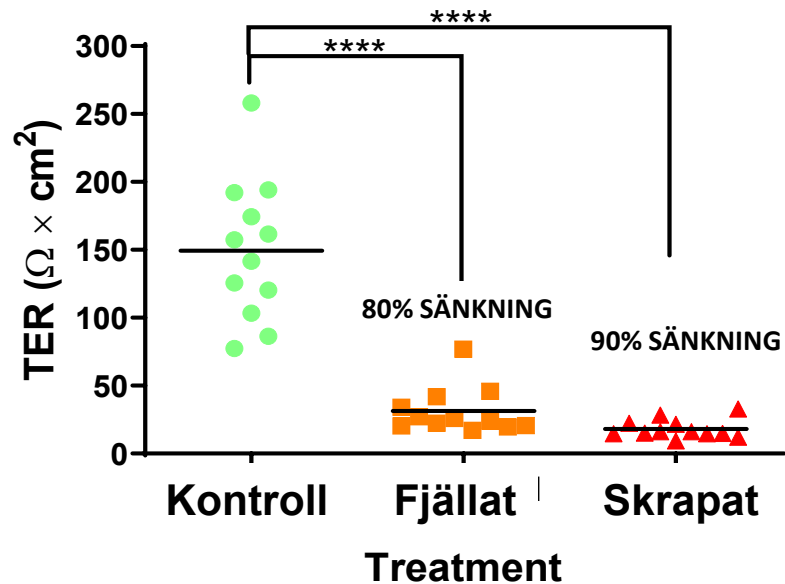


Derm
- scale/epi/muc

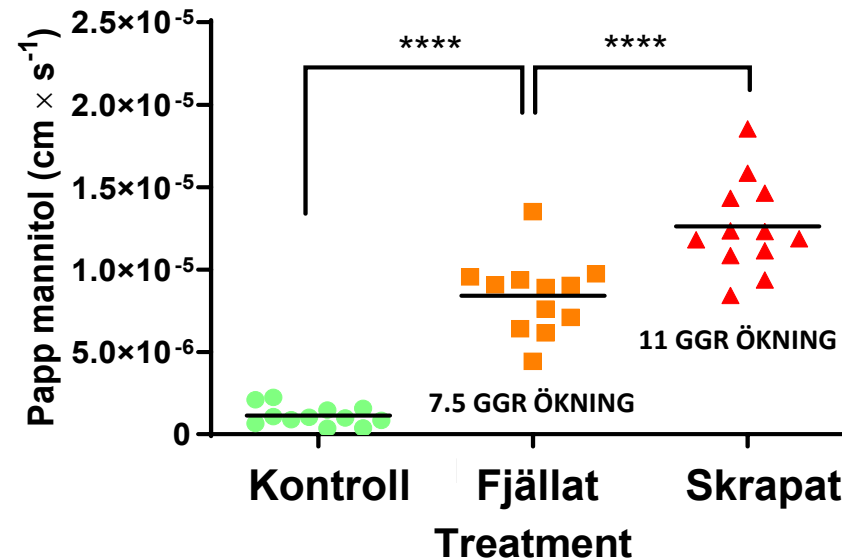
Skinnets barriärfunktion



Barriärfunktion mot joner



Barriärfunktion mot molekyler

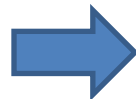
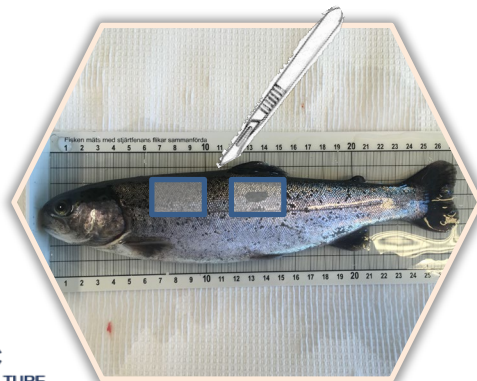


➤ Skinnets barriärfunktion mot joner och molekyler förstörs när fisken tappar fjäll!

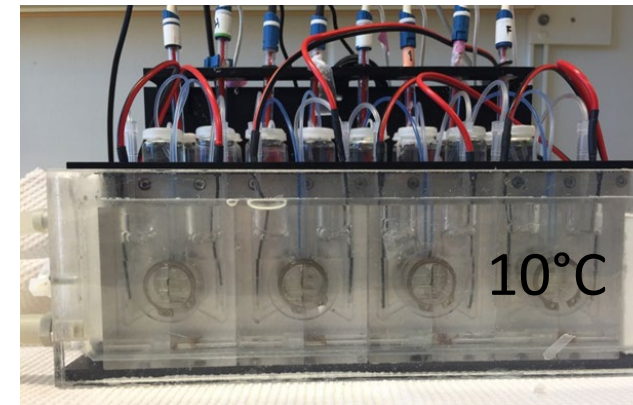
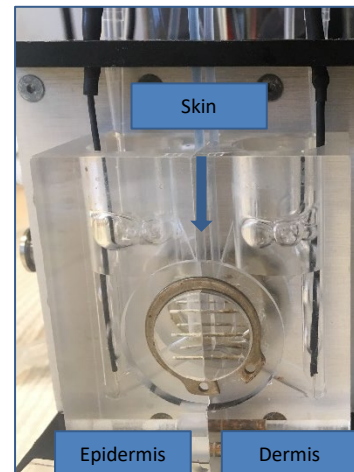
Hur fort läker ett ytligt sår efter tappade fjäll?

Experimentdesign

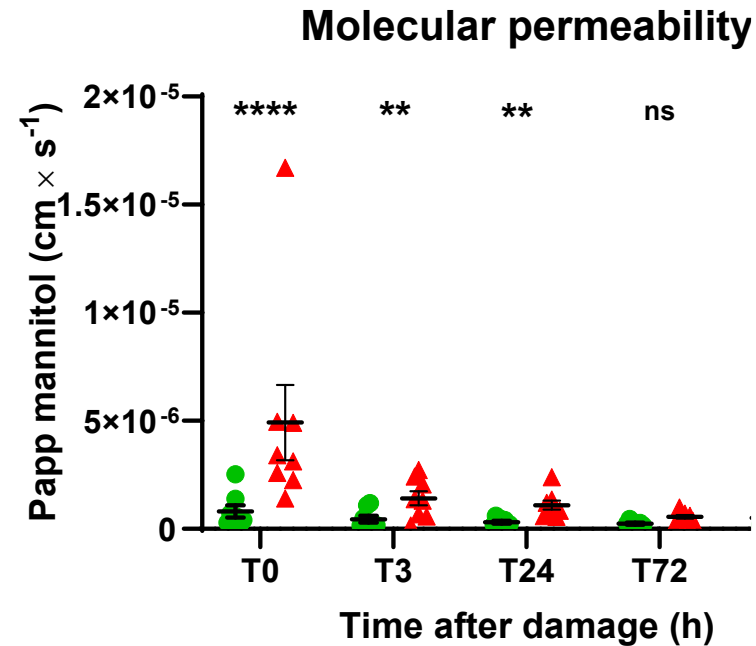
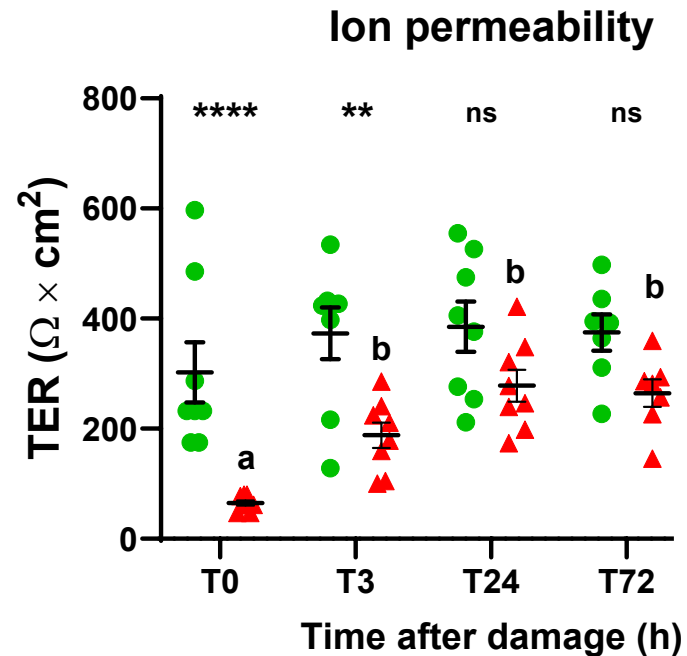
- 40 fisk $\approx$ 150-200 g
- Anaesthesi: metomidate (6 mg/L)
- Litet, ytligt sår nedanför ryggfenan ($\approx$ 1cm)
- Skinnprover togs och fiskarna fick återhämta sig i tankarn (10°C):
t=0, t=3h, t=24h, t=72h
- 1 skinnprov från intakt skinn och 1 från såret från samma fisk.



Identical conditions



Svaret: 1 cm² läker på 24-72 h

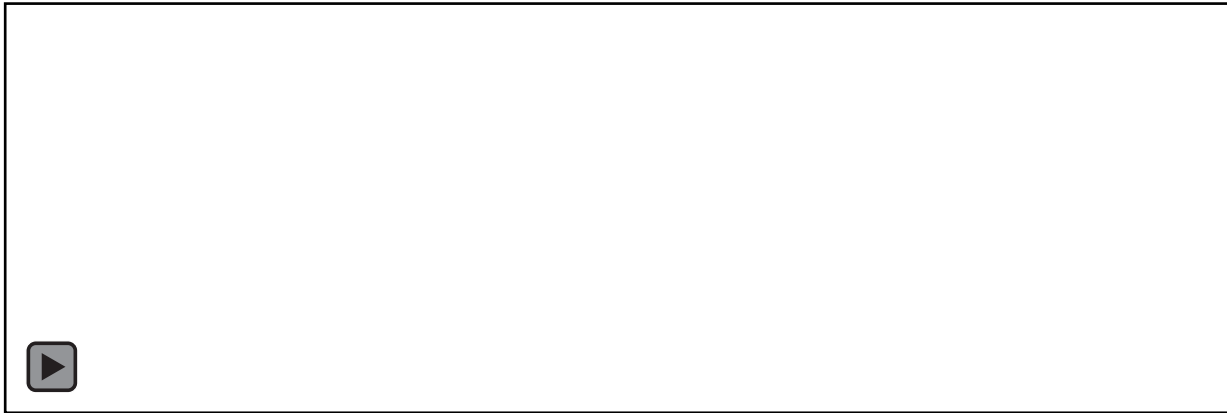
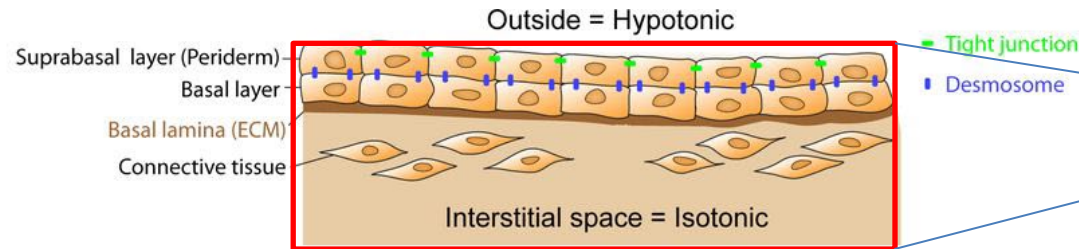


● Intact
▲ Damaged

- Signifikant förbättring efter 3h.
- Efter 24h är barriären mot joner återskapad, men inte mot molekyler.
- För molekyler tar det mellan 24-72h att återskapas.

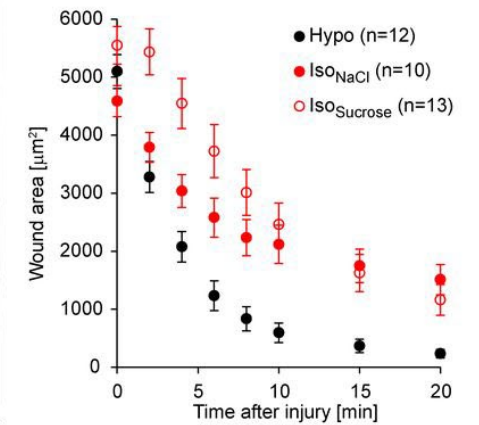
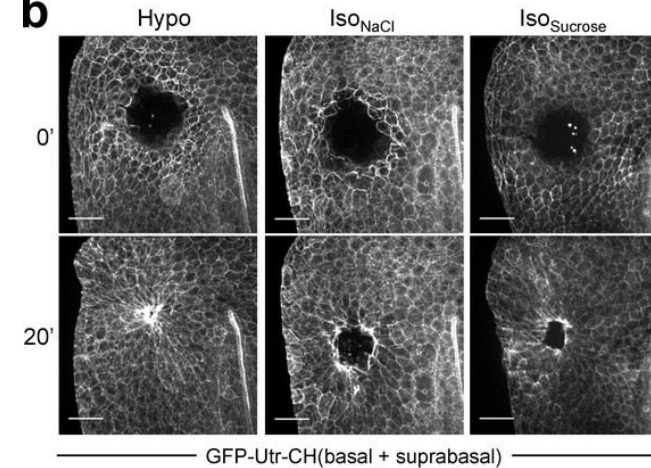
Hur tror man då att såret läker?

a

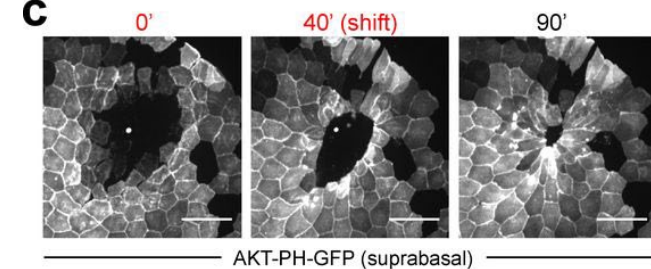


Fiskens skinnceller kan vandra snabbt!!
0.5 mm/h vilket är 50 ggr snabbare än mammalieceller.

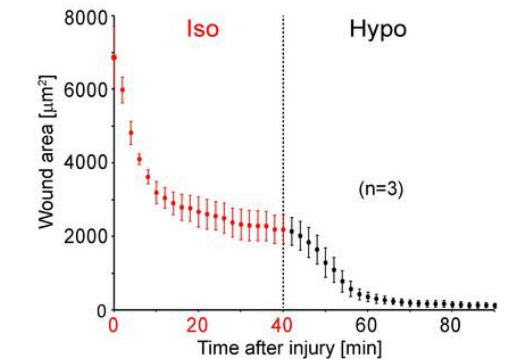
b



c



d



Take-home skinnepitel-message:

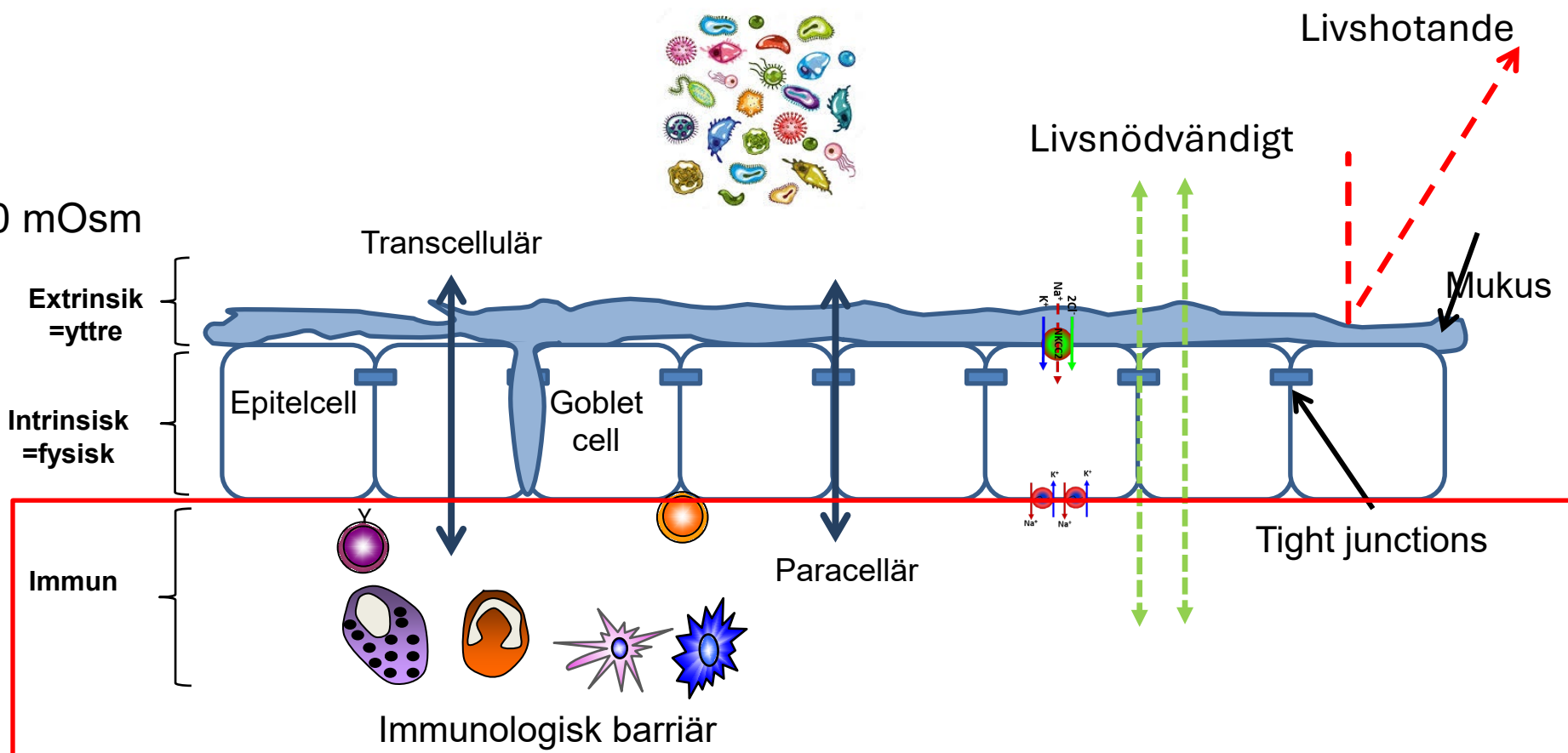
- Akut och kronisk stress sänker skinnets barriärfunktion.
- Det yttersta epitelcellagret lagret är mycket tunt och extremt känsligt för fysisk påverkan.
- Lösa fjäll i vattnet är en direkt indikation på att skinnbarriären där fjället förlorats är förstört. Men skinn utan fjäll kan ha ett skyddande cellager...
- Skinnet har en unik förmåga att snabbt kunna läka.

Immunförsvarets roll för fiskens hälsa

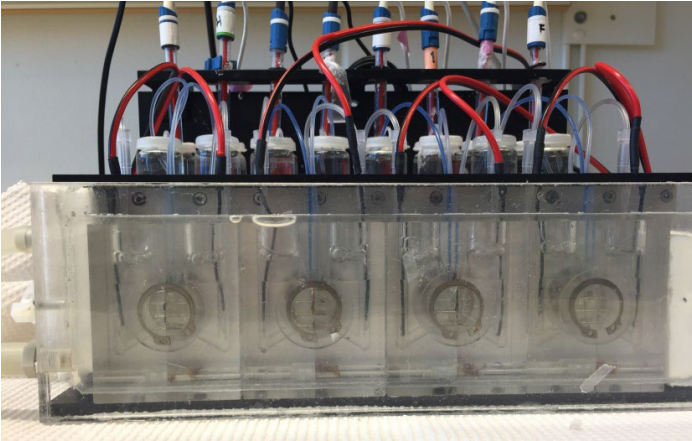
Yttre miljö

Vatten >0 – 1000 mOsm

"Inre miljö"
≈310 mOsm



Hur reagerar skinnets immunförsvar på skada?

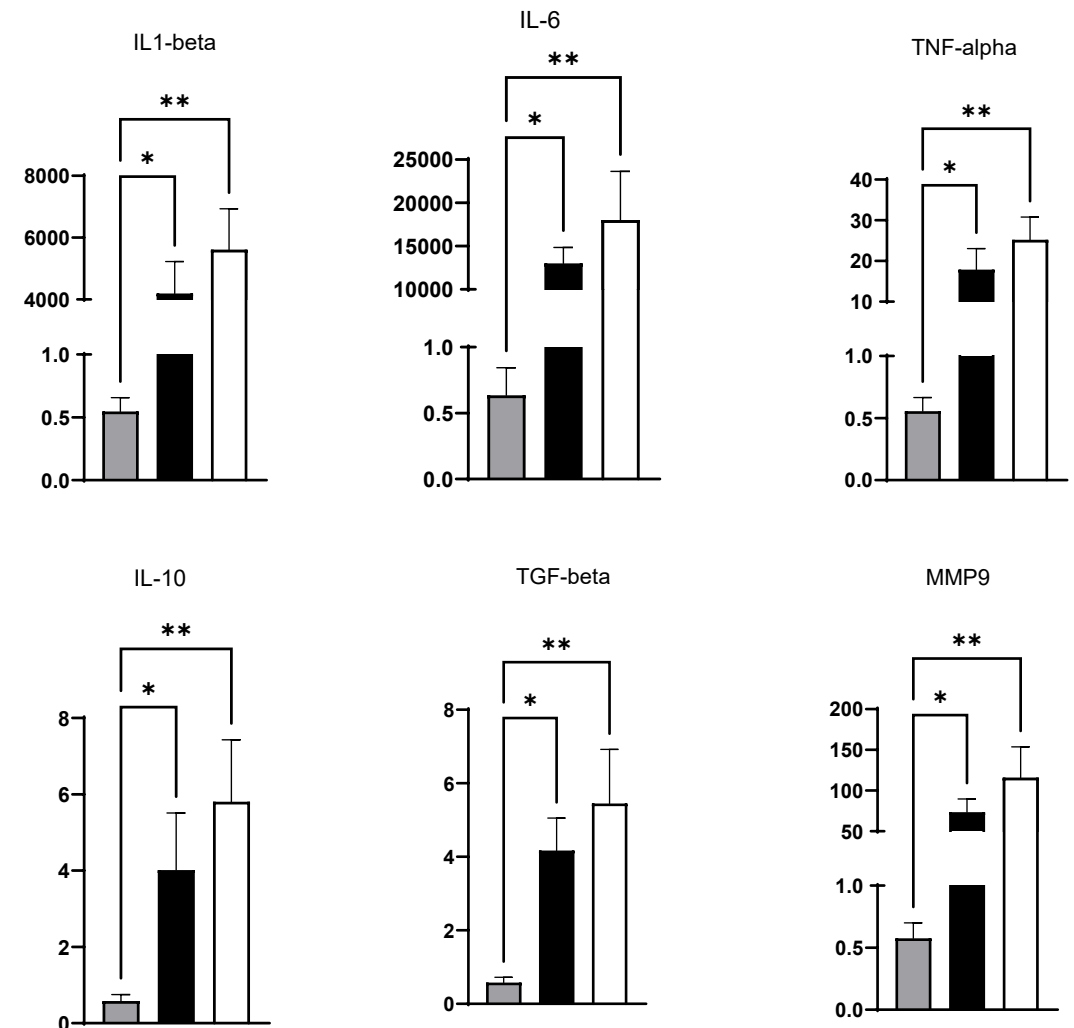


Uttryck av immungener
22h efter in vitro
experiment i
kammrarna.

Vid skada som t.ex förlorade fjäll,
aktiveras skinnets immunförsvar direkt.

Signalmolekylerna som utsöndras tros:

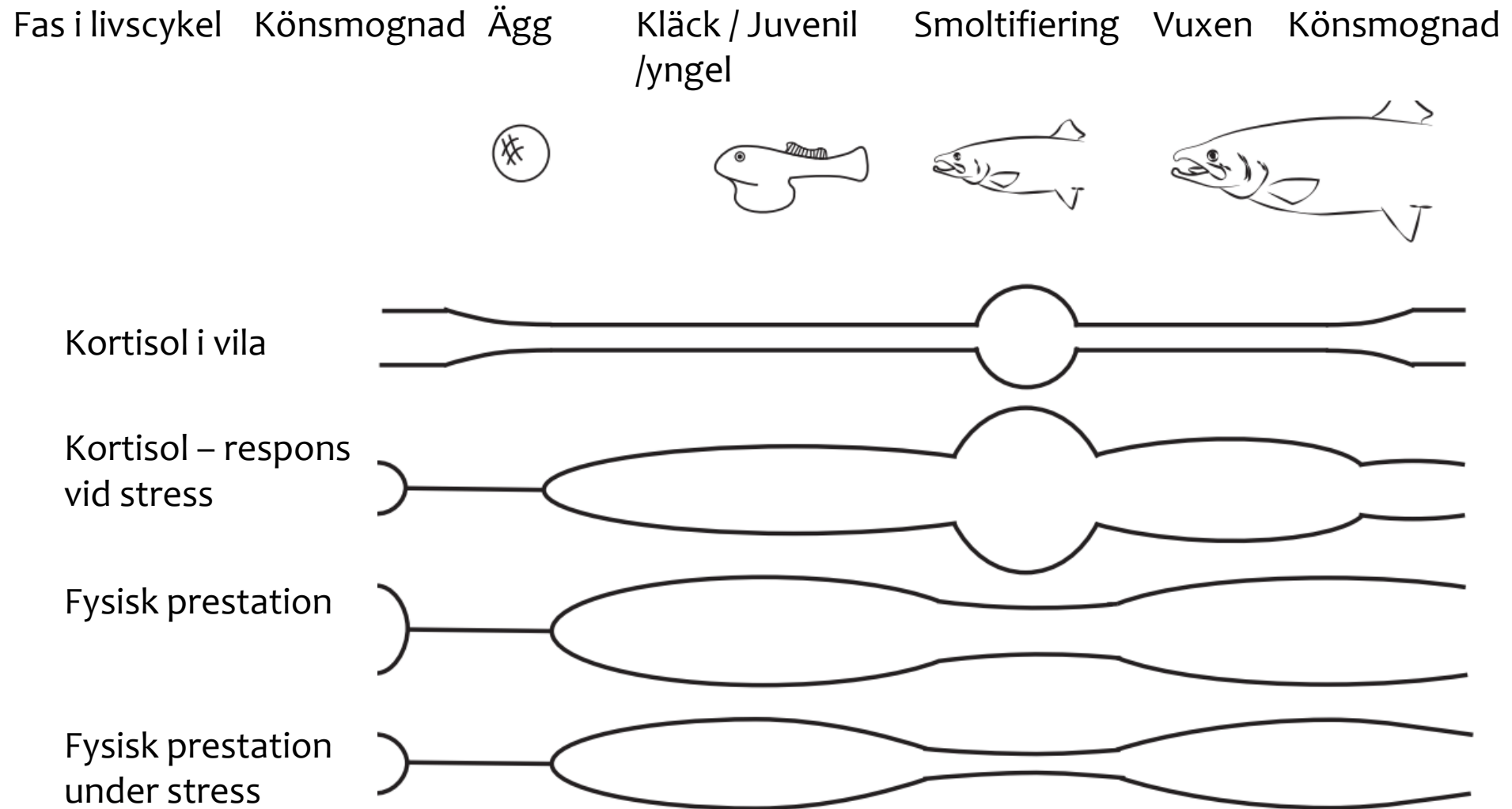
- hjälpa till att guida cellerna som skall läka det uppkomna såret
- mobilisera immunsystemet och vara redo för potentiella inkräktare.



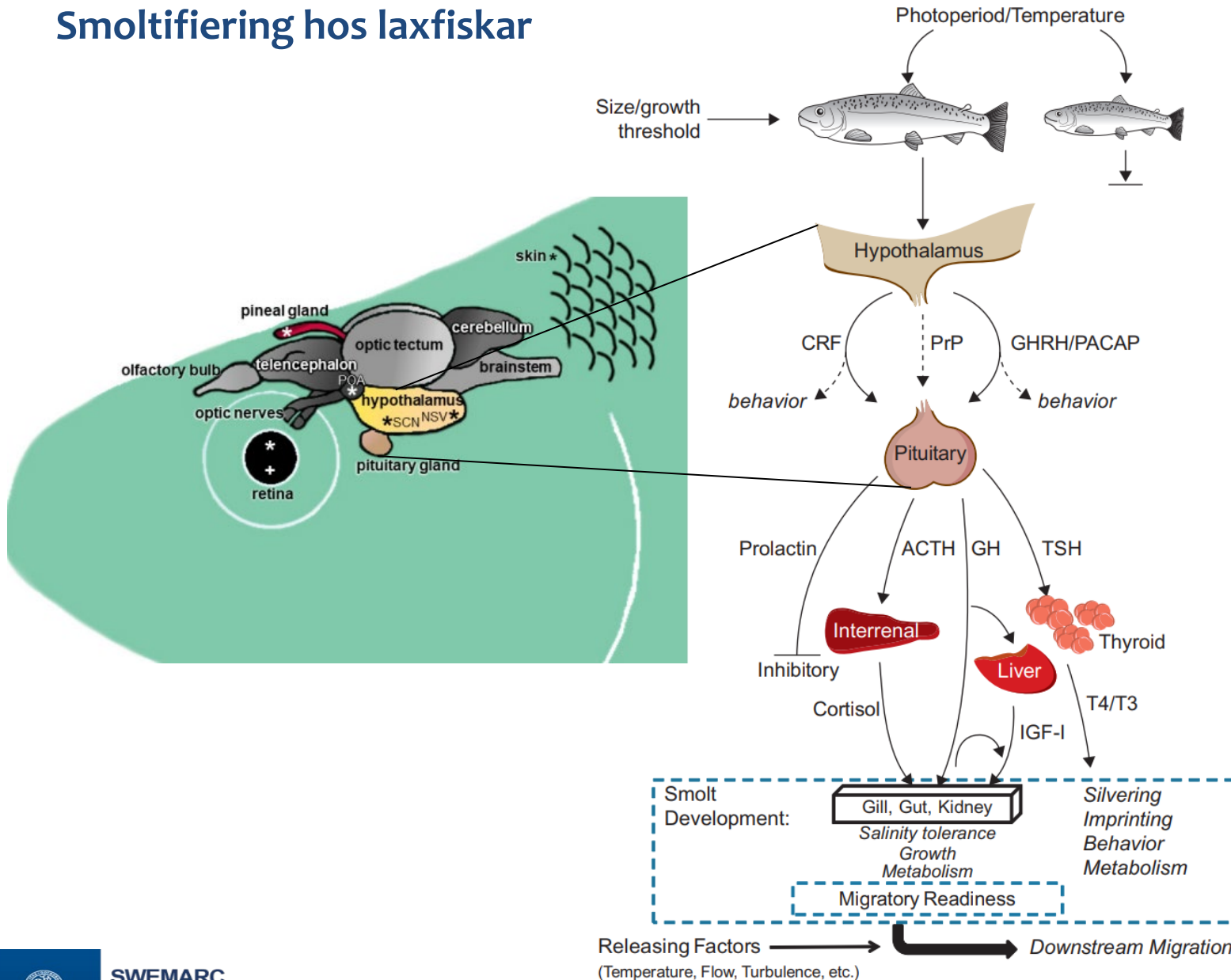
Take-home fiskskinn-message:

- Fiskens skinn är normalt en effektiv barriär mot omgivningen.
- Men barriären är extremt känslig för fysisk påverkan.
- Hantering/håvning bör göras varsamt för att minimera skador på skinnbarriären och minimera stress.

Kortisolet är också ett utvecklingshormon



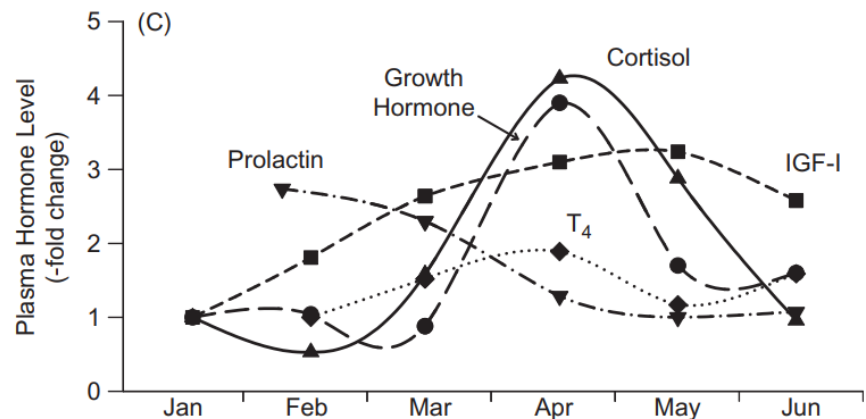
Smoltifiering hos laxfiskar



➤ Storleksberoende

➤ Hormonfrisättning stimulerar smoltutveckling.

➤ Förberedelse för livet i saltvatten medans fisken befinner sig i sötvatten.

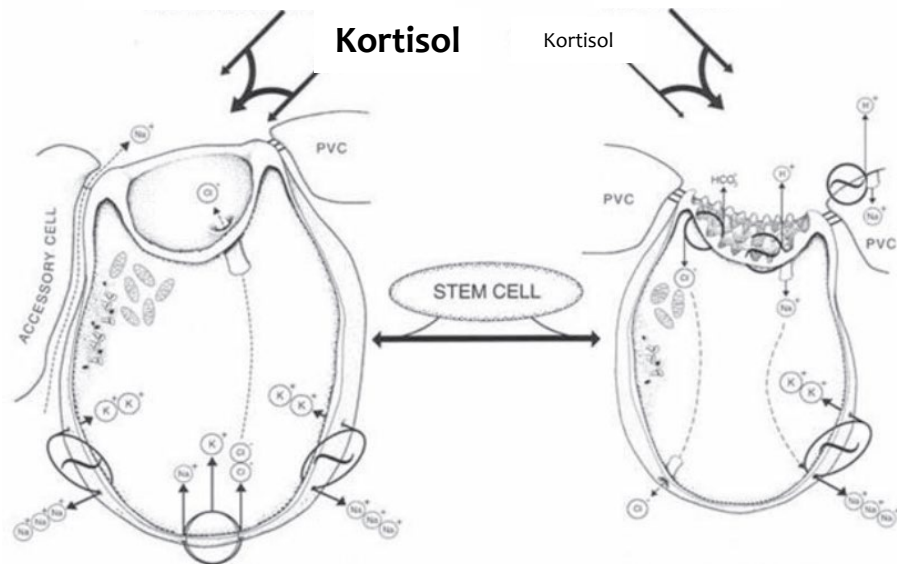


Tillväxthormon (GH)

Prolaktin

Kortisol

Kortisol



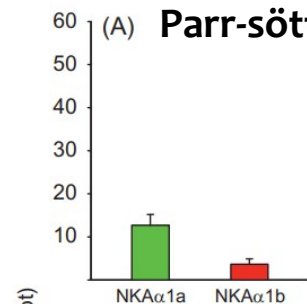
Saltvatten

Gälen pumpar UT joner

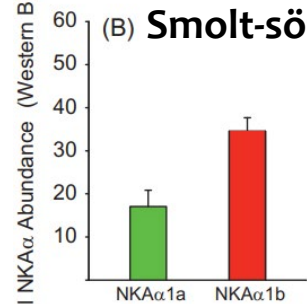
Sötvatten

Gälen pumpar IN joner

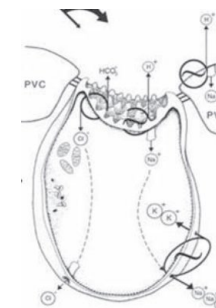
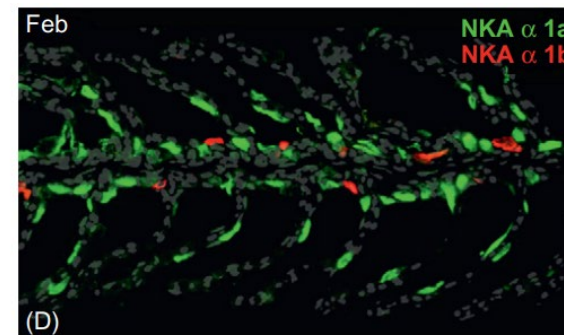
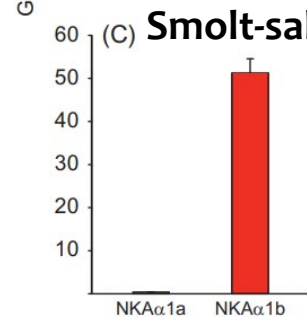
(A) Parr-sött



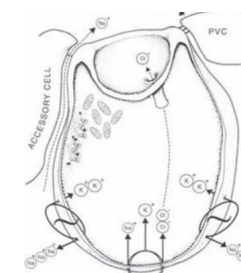
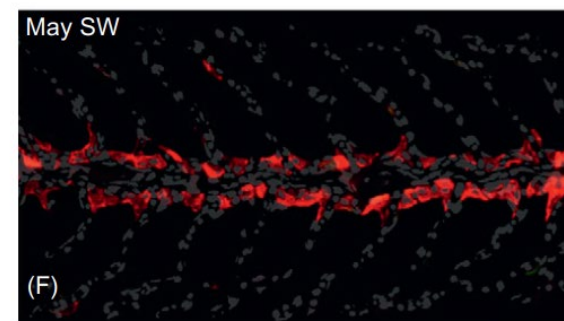
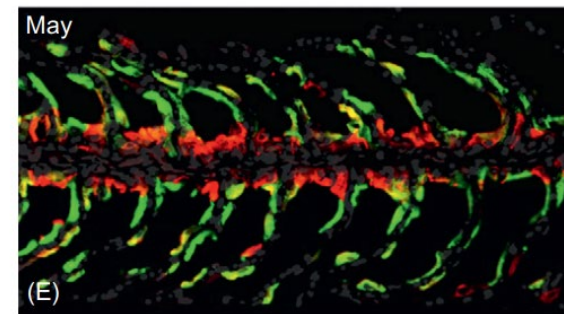
(B) Smolt-sött



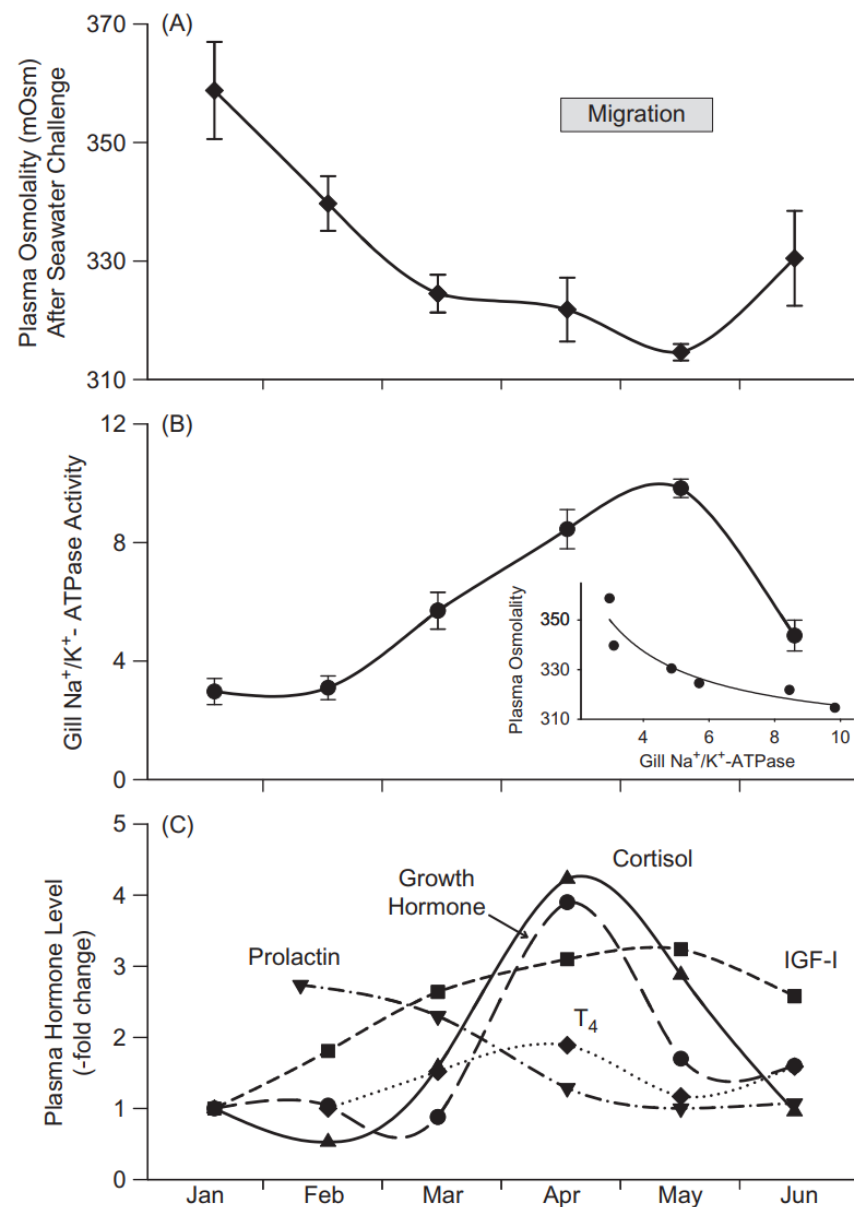
(C) Smolt-salt



FRESH WATER
(ion uptake)



SEAWATER
(ion secretion)



➤ Ökad förmåga att hantera saltvatten under våren.

➤ Drivs av ökat antal jonpumpar i gälarna.

➤ Utvecklingen drivs på av utvecklingshormonerna.

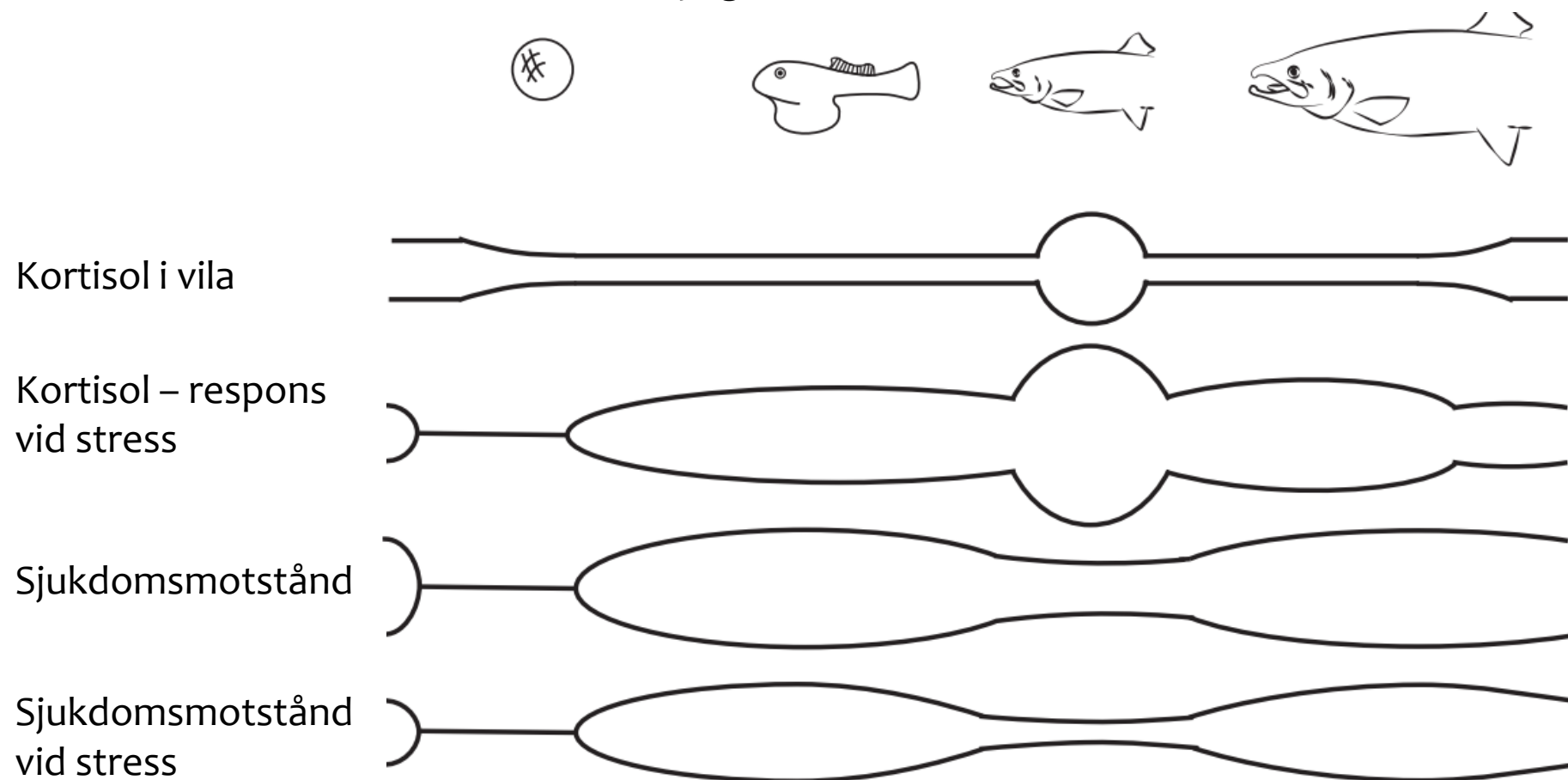
Nedtryckning av immunförsvaret



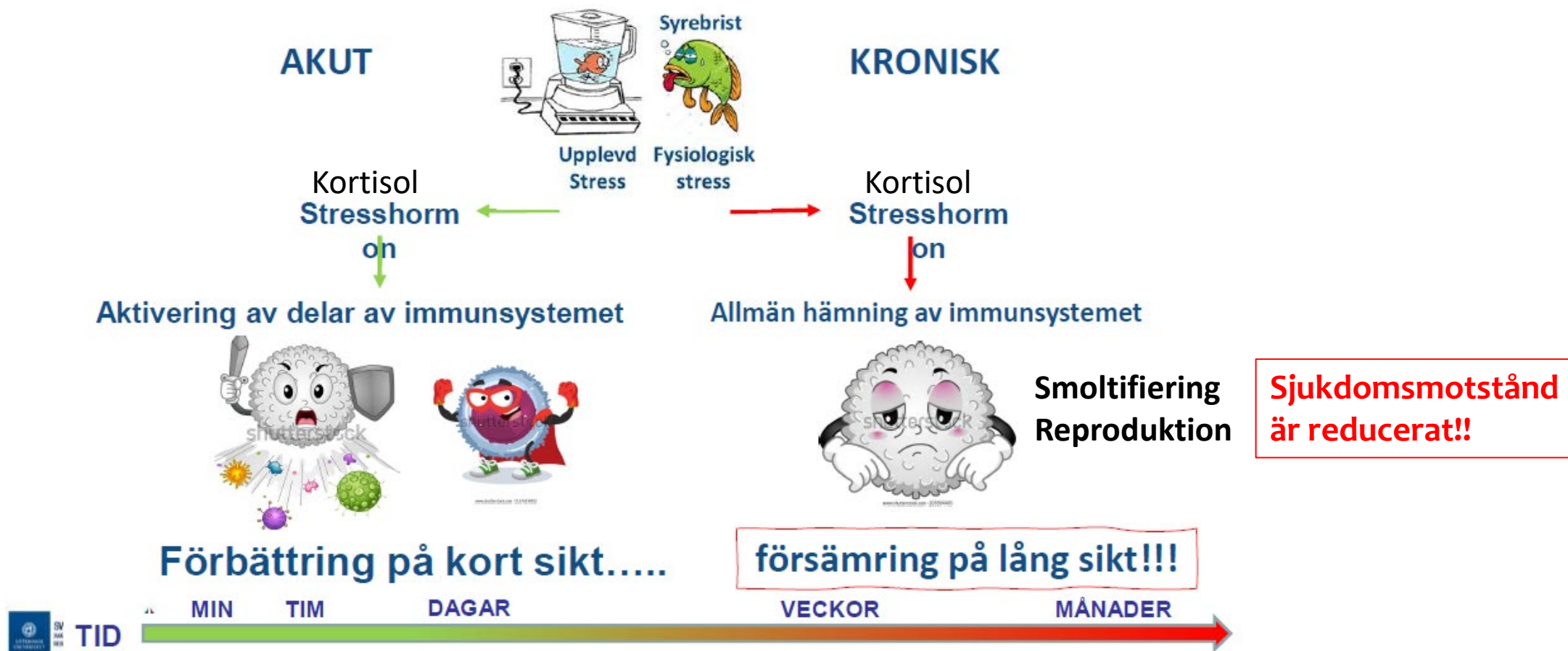
Sjukdomsmotstånd är reducerat!!

Kortisolet är också ett utvecklingshormon

Fas i livscykel Könsmodnhet Ägg Kläck / Juvenil / yngel Smoltifiering Vuxen Könsmodnhet



Nedtryckning av immunförsvaret





Nutrition och reproduktion

Stamfiskens kondition och grundläggande reproduktionsförmåga

- God näringsstatus hos stamfisken är en förutsättning för normal gametogenes, lek, kläckning och larvutveckling.
- Näringsobalanser hos stamfisk kan försämra vitellogenes, oocytmognad och lek, vilket minskar befruktningsframgång och avkommans kvalitet.
- Genom att påverka stamfiskens foder kan man förutsättning att maximera “näringsseffektiviteten” och få fram mer robusta, friska avkommor.

Makronäringsämnen

Kolhydrater

- Primär, snabb energikälla
- Lagras som **glykogen** i lever och muskler för korttidsenergi.
- Minst viktiga näringsämnet för laxfiskar.



Makronäringsämnen

Protein

- Byggmaterial till **muskler, organ, hud, enzymer, hormoner och receptorer**.
- Viktigt för **reparation** av vävnad (sår, sjukdom, immunförsvar).
- Kan användas som **energi** vid behov, men är egentligen inte primär energikälla.



Makronäringsämnen

Fett (lipider)

- **Energilager** – ger mest energi per gram (ca 9 kcal/g).
- Behövs för **upptag av fettlösliga vitaminer** (A, D, E, K) och för bildning av vissa **hormoner** (t.ex. steroidhormoner).
- Essentiella fettsyror (t.ex. omega-3) behövs för normal funktion i hjärna, reproduktion, immunförsvar m.m.
- Bygger upp **cellmembran** (fosfolipider, kolesterol).



Näringsbehovet varierar under fiskars livscykel

TABLE 5-4 Recommended Dietary Protein Levels (%) for Various Fish Species of Commercial Importance (As-Fed Basis)

Species	Weight Range				
	< 20 g	20–200 g	200–600 g	600–1,500 g	> 1,500 g
Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>)	48	44	40	38	34
Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	44	36	32	32	28
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	45	38	32	28	28
Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	40	34	30	28	26
Pacific salmon (<i>Oncorhynchus</i> spp.)	55	45	40	38	38
Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	48	40	38	38	36
European sea bass ^a (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	55	50	45	45	—
Gilthead sea bream ^b (<i>Sparus auratus</i>)	50	45	40	40	—

^aThis recommendation applies to other sea bass species.

^bThis recommendation applies to other sea bream species.

Protein ersätts
succesivt med fett.

Äggets sammansättning

- Vatten (ca 60%)
- Protein (ca 20%)
- Fett (5-10%)
- **Mikronäringsämne**
 - vitaminer och mineraler



Sammanfattning nutrition

- Näringsbehovet varierar med fiskens utveckling
- Reproduktion är mkt energikrävande => fett är viktigare än protein.
- Använd livscykelanpassade foder för en lyckad reproduktion och motståndskraftiga yngel 😊.