

Hur har fisken det egentligen?

Svante Winberg

Norges Veterinärhögskola, Oslo

Evolutionsbiologiskt centrum, Uppsala universitet

Dagens föreläsning

- Utsätts fisken för behandling och annat som den kan uppleva som plågsamt?
- Kan fisk lida? Smärtförmåelse och stressreaktioner och hos fisk
- Social stress
- Neuroendokrina stressresponser hos fisk – kan dessa användas som välfärdsindikatorer?
- Hur kan vi minimera stress och optimera välfärd hos fisk?
- Sammanfattning

Stressorer i fiskodling

- För lite syre (hypoxi)
- Dålig vattenkvalitet
- Temperatur
- Hantering
- Transport
- För mycket fisk
- För lite fisk - sociala interaktioner

Smärta

- Regnbåge har samma typ av nociceptorer ("smärtreceptorer") som däggdjur
- Liksom hos däggdjur överförs "smärtstimuli" från huvudet och munregionen till hjärnan via femte hjärnnerven
- Fisken uppvisar beteendeförändringar då den utsätts för smärftulla stimuli
- Dessa beteendeförändringar reduceras av analgesika (morfin)

Sneddon LU, Braithwaite VA, Gentle MJ (2003). Novel object test: Examining nociception and fear in the rainbow trout. *JOURNAL OF PAIN* 4: 431-440

Sneddon LU (2003). The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic. *APPLIED ANIMAL BEHAVIOUR SCIENCE* 83: 153-162

Sneddon LU (2003). Trigeminal somatosensory innervation of the head of a teleost fish with particular reference to nociception. *BRAIN RESEARCH* 972: 44-52

Hjärnan hos benfisk (teleost)

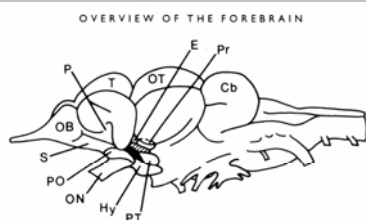
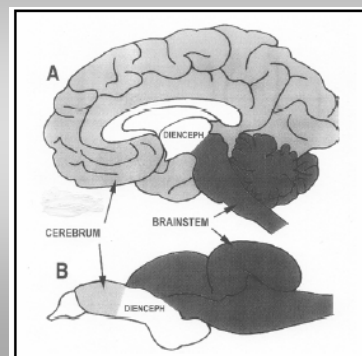
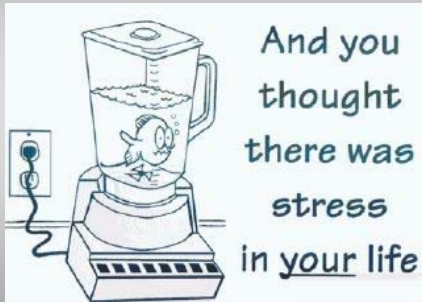


FIGURE 19-1. Lateral view of the brain of a longnose gar, showing the positions of the major divisions of the diencephalon. The extent of the dorsal thalamus is indicated with diagonal lines and that of the ventral thalamus with shading. Abbreviations: Cb, cerebellum; E, epithalamus; Hy, hypothalamus; OB, olfactory bulb; ON, optic nerve; OT, optic tectum; P, pallium of the telecephalon; PO, preoptic area; Pr, pretectum; PT, posterior tuberculum; S, striatum; T, telecephalon.

Kan fisk uppleva rädsla och smärta?



Stressresponser hos fisk



Primära stressresponser hos fisk

- Sympatiska nervsystemet
- Perifera katekolaminer (A och NA)
- Kortisol

Fysiologiska effekter av sympatisk aktivering och perifera katekolaminer

- Ökad hjärtverksamhet
- Ökad andning, syreupptag och syretransport
- Mer blod till gälar och hjärna (muskulatur)
- Mindre blod till tarm och vissa andra inre organ
- Förhöjda blodsockernivåer

Sekundära effekter av sympatisk aktivering hos fisk

Varför är fisk annorlunda?

Att andas vatten

- Vatten innehåller mindre syre än luft
- Vatten är tyngre än luft
- Vatten är mer trögflytande än luft
- Syre diffunderar långsammare i vatten än i luft

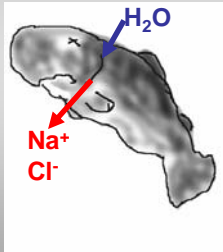
Att andas vatten kostar mycket energi

Därför har fisken utvecklat ett otroligt effektivt respiratoriskt organ - GÄLEN

Konflikt mellan respiration och reglering av vatten/salt balans

- Saltkoncentrationen i fiskens kroppsvätskor är inte densamma som den i det omgivande vattnet
- Gälar måste vara mycket genomsläppliga för syre och koldioxid – då blir de också genomsläppliga för vatten och salter

Ökat blodflöde till gälen har allvarliga negativa effekter på fiskens salt- vattenbalans



Fysiologiska effekter av kortisol

- Nedbrytning av protein och nysyntes av glukos
- Stänger av system som inte är viktiga för omedelbar överlevnad (t ex matsmältning, immunsystemet, reproduktion)
- Motverkar till viss del katekolaminernas negativa effekter på fiskens vatten- och saltbalans

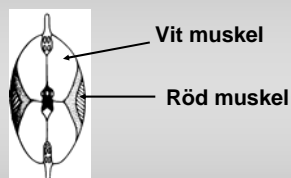
Vattenkvaliteten påverkar stressresponser

- Hårt vatten med med rel. höga koncentrationer av joner motverkar stressinducerade störningar av fiskens vatten- och saltbalans
- Hårt, saltrikt vatten motverkar förhöjda plasma kortisol koncentrationer

Stress i kombination med kraftig fysisk aktivitet

- Kraftigt förhöjda laktatkoncentrationer i muskel
- Komplicerade effekter på jonkoncentrationen i blodplasma
- Kraftigt förhöjda nivåer av kortisol under återhämtning
- Stor dödlighet
- Undvik luftexponering

Fisk har mycket vit muskel och stor anaerobisk kapacitet



Fisk återhämtar sig betydligt långsammare än däggdjur

Undvik att ta upp stressad fisk ur vattnet

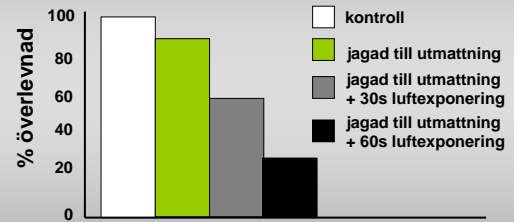


Bild från Fiskejournalens websida <http://www.fiskejournalen.se/>

Effekter av luftexponering

- Kraftigt sänkta O₂-nivåer i blodet
- Förhöjda CO₂-nivåer i blodet
- Kraftigare förhöjning av laktatnivåerna i blod och muskel
- Kraftigare sänkning av pH i blod och muskel
- Även kortvarig luftexponering leder till förhöjd dödlighet

Effekt av luftexponering på överlevnad

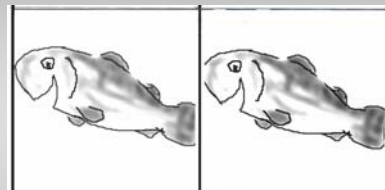


(Data från Ferguson and Tufts, *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 49: 1157-1162, 1992)

Social Stress

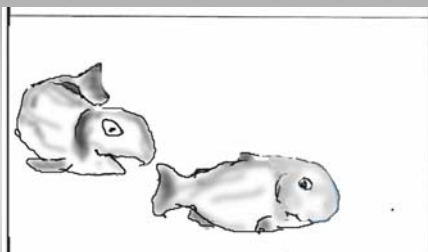
Många fiskarter är mycket aggressiva och utbildar kraftiga dominanshierarkier

Regnbåge i isolation



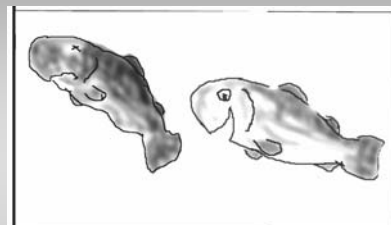
- Inga tecken på stress
- Äter normalt

Kamp för social dominans



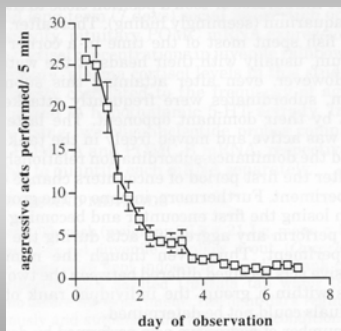
- Mycket intensivt aggressivt beteende
- Båge individerna mycket aktiva

Den ena individen ger upp – dominansförhållandet är etablerat



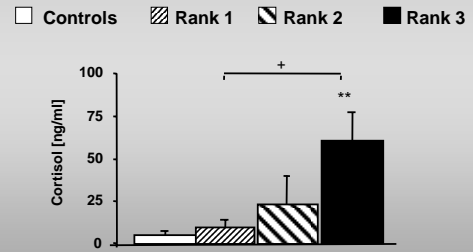
- Kronisk stress hos underordnad
- Stress hos underordnad mer relaterad till hot från den dominanta fisken än egentliga aggressiva attacker

Aggressiviteten i en grupp minskar med tiden



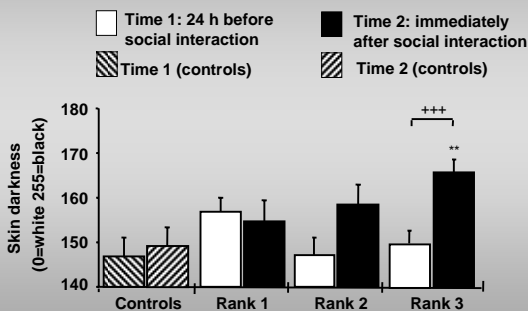
(Winberg and Lepage, 1998)

Kroniskt förhöjda plasmakoncentrationer av kortisol hos subordinat fisk



(Höglund., Balm, & Winberg, 2000)

Mörkare hudfärg hos subordinat röding



(Höglund, Balm and Winberg, 2000)

Beteendeeffekter av underordnad social status

- Hämmad aggressivitet
- Minskad aptit och födointag
- Sänkt rörelseaktivitet
- Allmän beteendehinhibering – apatiskt tillstånd

Underordnade fiskar uppvisar förhöjd serotonerg aktivitet i hjärnan

- Induceras av stress
- Klart relaterad till fiskens sociala rang – högre ju lägre rang
- Den serotonerga aktiviteten förblir förhöjd hos subordinata fiskar även i grupper med klart etablerad dominanshierarki
- Detta samband mellan social rang och serotonerg aktivitet återfinns också i större grupper av laxfisk

Beteende effekter av serotonin

- Hämmar aggressivt beteende
- Inhiberande effekt på aptit och födointag
- Sänker rörelseaktiviteten

Förhöjd central serotonerg aktivitet hos underordnade individer är en nyckelfaktor som i sin tur medierar beteendeförändringar och aktivering av fysiologiska stressresponser

Serotonin samverkar troligen med andra system – t ex andra monoaminer och flera neuropeptider

Kan vi mäta hur fisken har det?

Välfärdsindikatorer?? (Fish welfare)

Välfärdsindikatorer

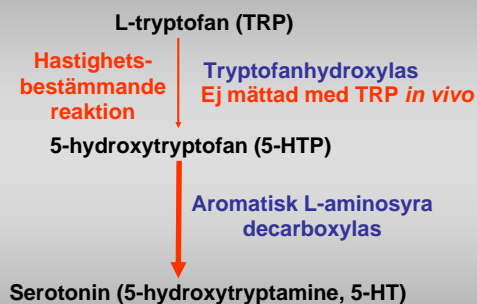
- ~~Födointag, födoutnyttjande, tillväxt, mortalitet~~
- ~~Plasma kortisol~~
- Beteende
- Hjärnfunktioner – t ex serotonerg aktivitet

Hur kan vi minimera stress och optimera välfärd hos fisk i odling?

- Optimera odlingsmiljön
- Optimera fisktätheten
- Göra fisken mer stresstolerant via ingredienser i fodret
- Selektera på stresstålig fisk

Fiskfoder berikat med aminosyran L-tryptofan gör fisken mindre aggressiv och mer stresstolerant

5-HT syntes



Intag av TRP med födan ↑

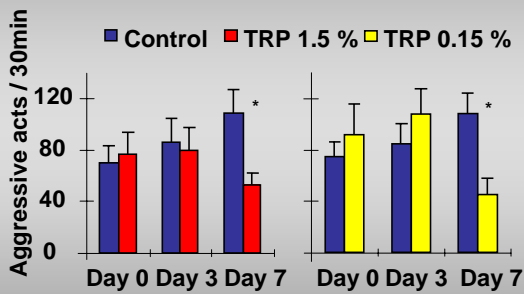
Blod [TRP] ↑

Hjärn [TRP] ↑

5-HT synteshastighet ↑

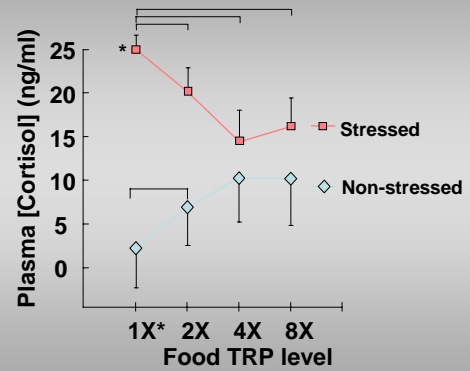
5-HT frisläpp ↑

Tryptofanberikat fiskfoder gör fisken mindre aggressiv



(Winberg, Lepage, Øverli, 2001)

Tryptofanberikat fiskfoder gör fisken mer stresstolerant



* 1X TRP=0.44gTRP/100g=0.44%

(Lepage Tottmar and Winberg, 2002)

Selektiv avel av stresstålig fisk

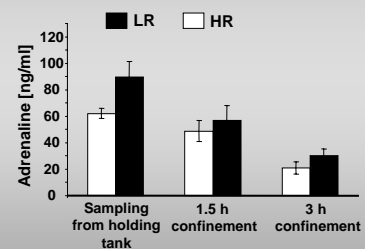
Olika personlighetstyper svarar olika på stress

	<u>Proaktiv</u>	<u>Reaktiv</u>
Glucocorticoider (cortisol)	Låg	Hög
Sympatisk aktivitet (adrenalin)	Hög	Låg
Aggressivitet	Hög	Låg
Tendens att utbilda rutiner	Hög	Låg
Beteende plasticitet	Låg	Hög

Stresståliga och stresskänsliga stammar av regnbåge

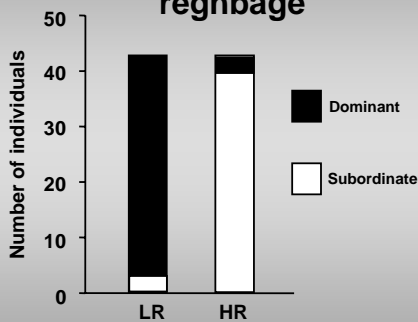
- Kortisolresponsen på en standardiserad stress är en ärvbar karaktär hos regnbåge
- Tom Pottinger har genom selektiv avel etablerat två stammar av regnbåge, en som svarar på stress med höga plasmanivåer av kortisol (HR stammen) och en som svarar med låga kortisolnivåer (LR stammen)
- Finns det några beteendeskilnader mellan HR och LR regnbågar?

Plasmanivåer av adrenalin hos LR och HR regnbåge



(Schjolden, Pottinger and Winberg, 2005)

Social dominans hos LR och HR regnbåge



(Pottinger and Carrick, 2001)

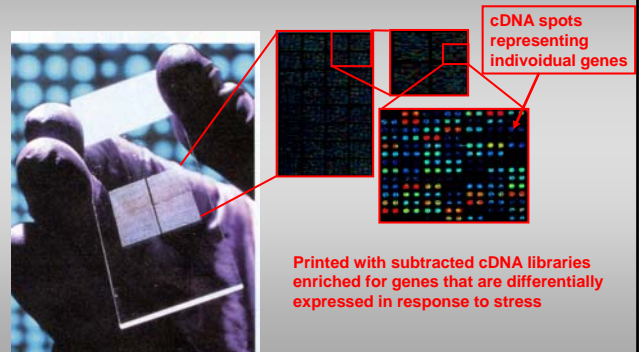
“Personligheter” (stresshanteringsstrategier) hos laxfisk

- Det som beskrivits som proaktiva och reaktiva personlighetstyper hos däggdjur förekommer också hos regnbåge och öring
- Genom att selektera på fisk som visar en låg kortisolrespons på stress riskerar man att också selektera för aggressivitet
- Fler aggressiva fiskar leder till starkare domianshierarkier och ökad social stress

Avelsprogram som syftar till att selektera för specifika gener

- Identifiera gener och genuttrycksprofiler som är kopplade till hög stresstolerans
- Funktionsgenomik – EU projekten ”Stressgenes” och ”Aquafirst”
- Utveckla och validera DNA microarrays för studier av effekten av stress på genuttrycksprofiler hos regnbåge, seabass, seabream och ostron

Microarray



Sammanfattning

- Fisk har förutsättningar för smärtförmåelse men vi vet ännu inte hur fisken upplever smärta
- Fiskens fysiologiska och beteendemässiga stressreaktioner är i stort sätt identiska med de hos däggdjur
- De sekundära effekterna av stress är något annorlunda hos fisk. Detta är en skillnad som kommer sig av att fisken lever i och andas vatten
- Om det är något som stressar fisk i fiskodling så är det andra fiskar – social stress

Sammanfattning

- Mer specifika ”välfärdsindikatorer” behöver utvecklas. Indikatorer relaterade till hjärnfunktioner och neurokemi kan säga oss något om hur fisken upplever och hanterar sin miljö
- Avel på stresstålig fisk är lovande men plasma kortisol är ingen lämplig karaktär att selektera på