






I FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI INFLUENZANO LA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO NEI PESCİ ELASMOBRANCHI

Rev Fish Biol Fisheries (2020) 30:373–386
<https://doi.org/10.1007/s11160-020-09604-0>

REVIEWS

Anthropogenic stressors influence reproduction and development in elasmobranch fishes

Carolyn R. Wheeler  · Connor R. Gervais  · Martijn S. Johnson ·
Shelby Vance  · Rui Rosa  · John W. Mandelman · Jodie L. Rummer 

Received: 16 August 2019 / Accepted: 5 May 2020 / Published online: 20 May 2020
© Springer Nature Switzerland AG 2020



Gli elasmobranchi (sottoclasse elasmobranchii) - squali, razze e torpedini - sono fondamentali per gli ecosistemi acquatici in cui vivono e forniscono anche servizi ecosistemici, ma sono attualmente considerati una delle classi di vertebrati più vulnerabili e in uno stato di declino globale, con quasi un quarto di tutte le specie minacciate di estinzione.

Da una prospettiva ecologica, sono **K-strateghi**



- o specie longeve
- o crescita lenta
- o tarda età di maturità sessuale
- o lunghi cicli riproduttivi
- o produzione di un basso numero di prole di alta qualità



Estremamente suscettibili al declino della popolazione



Somniosus microcephalus - Squalo della Groenlandia

- Presentano una delle gamme più diverse di modalità di sviluppo, almeno con 10 strategie differenti
- Utilizzano la fecondazione interna seguita da una serie di modalità riproduttive ovipare e vivipare che variano in termini di input nutrizionale materno e luogo di sviluppo.
- Ogni modalità è associata a diversi costi e benefici, sia per l'embrione in via di sviluppo che per la madre.
- L'ampia gamma di modalità riproduttive contribuisce probabilmente a differenze specie-specifiche nella loro vulnerabilità ai fattori di stress durante le prime fasi della vita e alla riproduzione negli adulti.

INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI DIRETTI SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

INTERAZIONI NEL SETTORE DELLA PESCA:

Principale causa di declino delle popolazioni in tutto il mondo

By-catch → contribuisce a circa il 50% delle catture globali di elasmobranchi

Tali interazioni non influenzano solo la sopravvivenza generale, ma anche il rendimento riproduttivo:

- direttamente (ovvero tramite una maggiore sensibilità alla mortalità e al parto indotto dalla cattura)
- indirettamente (ovvero, tramite stress post-rilascio), che influenza la riproduzione futura.

Il parto indotto dalla cattura è presunto in molte specie di squali e razze, questo fenomeno è stato documentato solo in specie vivipare (riproduzione in cicli lunghi)



INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI DIRETTI SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Inoltre, anche se il parto indotto dalla cattura non si verifica, gli embrioni possono comunque essere colpiti la condizione corporea e la lunghezza totale degli embrioni di razza violinista meridionale (*Trygonorrhina dumerilii*) erano significativamente diminuite dopo che la madre era stata catturata da una rete a strascico, indicando una riduzione della fitness del neonato.



INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI DIRETTI SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Distruzione del substrato - Impatto indiretto

Le pratiche di pesca possono anche avere un impatto indiretto disturbando il substrato e l'habitat. La maggior parte degli elasmobranchi ovipari si affida al substrato bentonico per depositare le proprie uova, dove ne consegue lo sviluppo.

Molte specie hanno un substrato preferito:



Schroederichthys chilensis - Gattuccio Maculato e Kelp

Selezione di alghe alte e spesse per i siti di deposizione delle uova

- temperatura e salinità stabili durante i periodi di sviluppo
- protezione da potenziali predatori bentonici

INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI DIRETTI SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Cattiva gestione costiera - Degradazione degli habitat

Il degrado dell'habitat derivante dall'uso eccessivo e dallo sviluppo degli ambienti costieri è una minaccia continua per molte specie di elasmobranchi, poiché le aree costiere sono spesso utilizzate per l'alimentazione, l'accoppiamento, la riproduzione e la protezione dai predatori nelle prime fasi della vita.

Le interazioni antropogeniche che si verificano negli ambienti costieri sono:

- La riduzione fisica del biota

L'habitat delle fanerogame marine (*Thalassia testudinum*) è risultato di vitale importanza per i giovani squali limone (*Negaprion brevirostris*), in modo tale che la sopravvivenza è diminuita del 23,1% dopo che la complessità strutturale è stata compromessa.



- L'aumento del deflusso e l'alterazione della qualità dell'acqua da sorgenti puntiformi (impianti di depurazione e centrali elettriche)

Gli habitat alterati dall'uomo sembrano attrarre e sostenere le popolazioni giovanili di squali toro, dove potrebbero utilizzare opportunisticamente siti non naturali in cui è presente un'elevata abbondanza di prede.



INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI DIRETTI SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Inquinamento costiero e deflusso di nutrienti

Diversi studi hanno affrontato gli effetti dell'inquinamento costiero e del dilavamento dei nutrienti dallo sviluppo agricolo, trovando alte concentrazioni di inquinanti in vari tessuti di molteplici specie.

Non solo è stato dimostrato che i contaminanti si accumulano nei tessuti adulti, ma sono stati trovati contaminanti anche negli embrioni e nei neonati, dimostrando il **transfert materno**.

Gli effetti di tali contaminanti, in particolare sullo sviluppo di embrioni, non sono ancora compresi.



Non è ancora noto, ad esempio, come l'esposizione possa influenzare lo sviluppo, la sopravvivenza e la forma fisica dopo la nascita o la schiusa; tuttavia, l'abbondante presenza di questi contaminanti nei tessuti embrionali degli elasmobranchi illustra la necessità di continuare la ricerca in quest'area.

INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI **INDIRETTI** SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Nell'ultimo secolo, il cambiamento climatico, guidato dalle emissioni di gas serra, ha iniziato a modificare l'ambiente marino causando alterazioni su larga scala nelle temperature e nell'acidità degli oceani

A causa dei problemi logistici inerenti allo studio della maggior parte delle specie vivipare in un ambiente di laboratorio (ad esempio, le dimensioni e la storia della vita), gli studi che valutano i cambiamenti climatici sulla riproduzione e lo sviluppo sono attualmente limitati alle specie ovipare



Poiché la maggior parte delle specie ovipare deposita i loro embrioni in fase iniziale direttamente nell'ambiente, gli embrioni in via di sviluppo devono quindi possedere i meccanismi necessari per tollerare le condizioni ambientali fino alla schiusa.

INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI **INDIRETTI** SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Acidificazione mediata dal cambiamento climatico

EFFETTI SULLO SVILUPPO

- durante lo sviluppo embrionale, l'acidificazione in isolamento non pone effetti negativi misurabili sul tempo di sviluppo, sul successo o sulle condizioni e dimensioni della schiusa in nessuna specie studiata fino ad ora.
- Impatti misti su neonati e giovani → no cambiamenti significativi sulla sopravvivenza

Alcuni studi di laboratorio hanno indagato gli effetti fisiologici sottostanti di un'elevata pCO₂ su elasmobranchi neonati (<45 giorni dopo la schiusa), giovani e adulti



Chiloscyllium plagiosum

Squali bambù a macchie bianche

- embrioni danni neuro-ossidativi
- Neonati no danni ossidativi
- Giovani diminuzione dell'attività dell'acetilcolinesterasi

Nel complesso, alcuni meccanismi fisiologici sono stati alterati mentre la sopravvivenza è inalterata

EFFETTI SULLA RIPRODUZIONE

I cambiamenti associati alle condizioni simulate di OA possono avere un impatto sulla riproduzione attraverso comportamenti alterati

Gli squali gatto maculati hanno cambiato i loro modelli di nuoto notturno e aumentato la lateralizzazione dopo l'esposizione a condizioni di $p\text{CO}_2$ elevate

L'aumento dell'acidità può influenzare anche alcune modalità sensoriali:

Olfatto questo può avere un impatto sui comportamenti di caccia (e quindi ridurre il tasso di crescita) e sulla selezione dei compagni

Sopravvivere a queste condizioni per periodi prolungati potrebbe essere metabolicamente impegnativo per gli adulti, l'energia richiesta per i processi riproduttivi (es. la creazione di un tuorlo ricco di nutrienti) potrebbe essere notevolmente ridotta

INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI **INDIRETTI** SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

Riscaldamento oceanico mediato dal cambiamento climatico

La temperatura influisce sul tasso di quasi tutte le reazioni fisiologiche e biochimiche negli organismi ectotermi

Modalità riproduttiva più suscettibile → Oviparità (gli embrioni sono confinati in una posizione per tutto il primo sviluppo)

A livello embrionale:

Caso di studio per dimostrare la relazione tra temperatura e tempo di sviluppo

Esiste una chiara relazione tra la temperatura dell'acqua e il tempo di incubazione nelle specie ovipare (Fig.1). La somiglianza nei modelli esponenziali e la forte relazione tra la trasformazione log di queste variabili (Fig.2) indica che un piccolo sottocampione di specie potrebbe prevedere importanti relazioni biologiche applicabili all'insieme degli elasmobranchi ovipari (circa 400 specie).

Modelli come questi potrebbero essere estrapolati per prevedere gli effetti del riscaldamento oceanico con limiti termici massimi specifici per lo sviluppo delle specie.

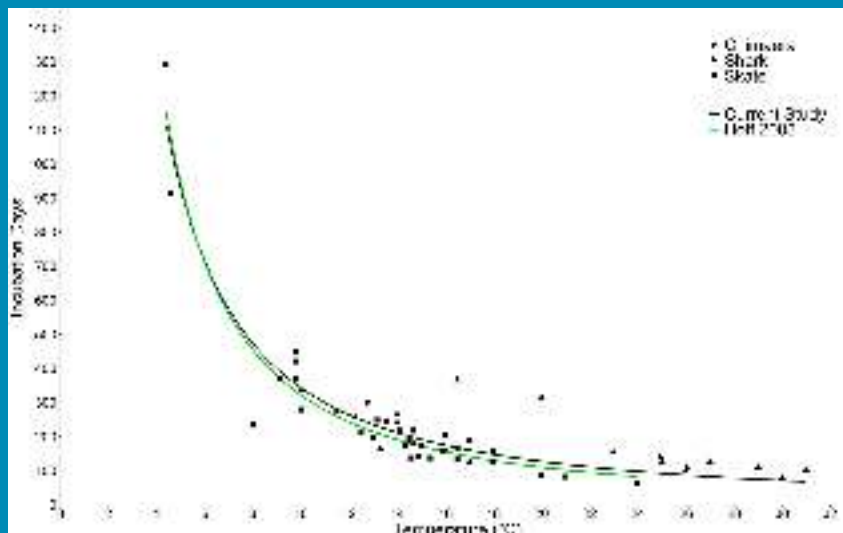


Fig. 1 La relazione tra la temperatura di allevamento e il tempo di incubazione (in giorni) di 28 specie di condroitti ovipari.

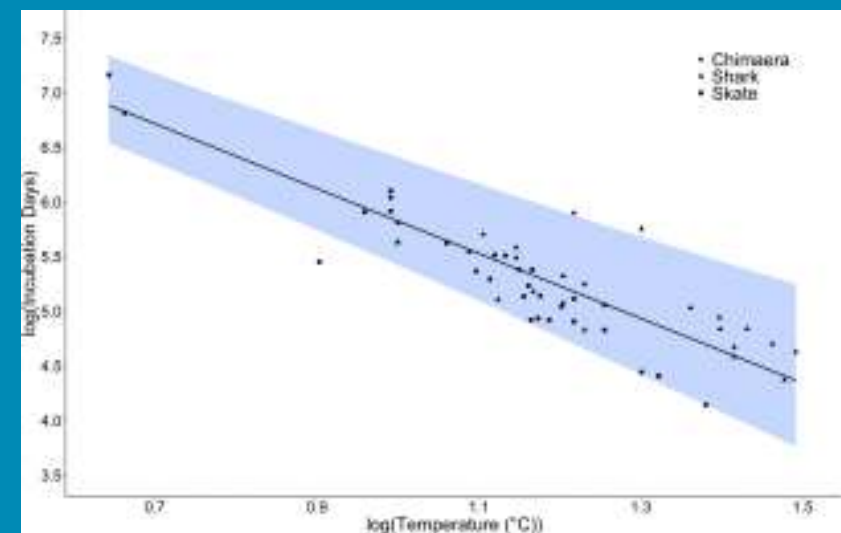


Fig. 2 Il miglior modello lineare a effetti misti della relazione tra il log (temperatura di allevamento) e il log (giorni di incubazione) per 28 specie di condroitti ovipari. L'area blu ombreggiata indica l'intervallo di previsione del 95% degli effetti fissi e casuali.

Oltre agli impatti embrionali, l'aumento di temperatura diminuisce la sopravvivenza e i tassi di crescita nelle fasi di vita neonatale e giovanile.

Naturalmente, negli stadi di vita giovanili a differenza di quelli embrionali, gli individui possono spostarsi in aree più fresche e quindi termoregolarsi, il che può rivelarsi fisiologicamente vantaggioso.

Anche la riproduzione negli adulti può essere influenzata dall'aumento delle temperature, ma gli impatti sono difficili da quantificare.

Possibilità che gli elasmobranchi utilizzino la temperatura come indizio durante la stagione riproduttiva.

Ad oggi, nessuno studio ha indagato i limiti termici della riproduzione negli elasmobranchi, che potrebbero essere dati particolarmente importanti per le specie ovipare (poco probabile che intraprendano spostamenti di gamma a causa del riscaldamento)

INFLUENZA DEI FATTORI DI STRESS ANTROPOGENICI **INDIRETTI** SULLA RIPRODUZIONE E LO SVILUPPO

OA in combinazione con il riscaldamento

Attraverso una lente fisiologica è stata valutata la tripsina pancreatica e la fosfatasi alcalina intestinale in condizioni di riscaldamento e OA simulate in squali bambù a banda marrone di 30 giorni dopo la nascita.

È interessante notare che sotto scenari di riscaldamento delle temperature, questi livelli di attività enzimatica sono aumentati, e sotto scenari di acidificazione, questi enzimi sono diminuiti.

Tuttavia, nel trattamento concomitante, questi enzimi non differivano dal gruppo di controllo, suggerendo effetti antagonisti della temperatura elevata e dei livelli di pCO_2 sulla risposta fisiologica.



SINTESI E RICERCA FUTURA

I fattori di stress antropogenici sia indiretti che diretti possono causare cambiamenti nella riproduzione e nello sviluppo degli elasmobranchi; sebbene questa sia un'area immensamente sottovalutata

- o molti problemi logistici complicano quest'area di ricerca
- o la maggior parte degli elasmobranchi vivipari non si presta bene a un ambiente di laboratorio e non può essere realisticamente studiata in un ambiente controllato
- o non esiste una metodologia corrente per studiare i cambiamenti nella riproduzione negli elasmobranchi selvatici, il che rappresenta un enorme limite.

Di tutti i fattori di stress delineati, la **pesca eccessiva** è senza dubbio la minaccia più imminente per gli elasmobranchi a livello globale, valutare gli stock attuali e attuare una gestione informata è una priorità assoluta, poiché gli stock potrebbero essere decimati molto prima che gli effetti del cambiamento climatico si manifestino completamente

È chiaro che i fattori di stress antropogenici non solo influenzano direttamente gli elasmobranchi, ma anche l'ecosistema più ampio

Per la massima efficacia, le politiche e le misure di conservazione devono tenere conto dello spostamento delle linee di base che definiscono gli ambienti marini, nonché gli effetti dei cambiamenti climatici acuti e cronici.

Dato che i lenti tassi di riproduzione e crescita degli elasmobranchi sono alla base della capacità del gruppo di riprendersi dallo sfruttamento eccessivo, ulteriori ricerche nel contesto dei fattori di stress antropogenici saranno fondamentali per la gestione e la conservazione sia ora che in futuro.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE