

# Ronilački odgovor tijela u ronjenju u apnei

---

**Barković, Igor; Miletić-Barković, Marina; Reinić, Boris; Barković, Danica**

*Source / Izvornik:* **1. hrvatski kongres pomorske, podvodne i hiperbarične medicine, 1998, 146 - 150**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:760333>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



## RONILAČKI ODGOVOR TIJELA U RONJENJU U APNEI

Igor Barković, Marina Miletić-Barković, Boris Reinić i Danica Barković

### Sažetak

UVOD: Rekreativno ronjenje je sve popularniji sport, iako je sposobnost čovjeka da boravi na i pod vodom značajno fiziološki limitiran. Razumijevanje tih ograničenja povećava sigurnost i užitak sportskog ronjenja. Ronjenje na dah uključuje imerziju u vodi s glavom izvan vode, apneu i submerziju cijelog tijela, fizički napor, stres hladnoćom i izloženost povišenom tlaku. Svaka od tih komponenti sama za sebe posebno, izaziva istaknute i specifične fiziološke efekte. Kombinacija ovih faktora stvara jedinstven i zanimljiv fiziološki odgovor organizma, općenito poznat kao "ronilački odgovor". Skup kardiovaskularnih refleksa nazvanih jednim imenom "ronilački refleks" omogućuje produljeno ronjenje kod vodenih sisavaca. Slične fiziološke reakcije izazvane su kad čovjek roni na dah (u apnei) i uranja lice u hladnu vodu. Neurološki odgovor nastaje zbog apneje i rashlađenja lica, kao reakcija receptora lica na hladnu vodu. Prilagođavanje organizma uključuje selektivnu vazokonstrikciju i usporavanje srčanog ritma (bradikardiju). Malo je studija koje istražuju mehanizme koji izazvaju specifičan ronilački odgovor tijela pri ronjenju na dah i uronu lica u hladnu vodu. Lin YC, 1988., zaključuje da su "receptori lica" osjetljivi na hladno odgovorni za opaženi odgovor tijela. Paulev i sur. opisali su 1990. refleks preživljavanja-"ronilačku bradikardiju" kod čovjeka izazvanu eksperimentom imerzije lica u vodu od 10°C pri apnei, u totalnom plućnom kapacitetu, s jakim negativno kronotropnim efektom (22% pada srčanog ritma od osnovnog pulsa u mirovanju), koji se razvio unutar 10-15 sekundi, uz porast sistoličkog krvnog tlaka. Shagatay i Holm, 1996., izvjestili su o utjecaju razlike temperature zraka i vode na pojavu ronilačke bradikardije. Schuitema-Schagatay i Holm, 1998., objavili su studiju o ulozi raznih dijelova lica u izazivanju

ronilačkog refleksa. Shagatay i Anderson, 1998., opisali su vezu "ronilačkog odgovora" i trajanja apneje kod ljudi.

Cilj našeg rada bila je eksperimentom potvrditi hipotezu da sam čimbenik urona lica i čela u hladnu vodu može, izazivanjem ronilačkog refleksa, omogućiti produljenje apneje i time produženje ronjenja na dah.

**METODE:** Ronilački refleks je izazivan u apnei i pri uronu lica u hladnu vodu od 15°C i od 10°C, pri temperaturi zraka od 21°C, u 43 odmorne, potrbuške polegnute zdrave osobe. Kardiovaskularni i respiratorni parametri su kontinuirano mjereni neinvazivnim metodama: puls (digitalnim mjerjačem pulsa-Boso), krvni tlak (elektronskim mjerjačem tlaka-Tensoplus OSZ2), totalni plućni kapacitet (spirometrom-Spirovit SP-10 Schiller) i kožni kapilarni protok krvi (detektorom perifernog protoka krvi-Sonicaid BV 105/R). Uz to mjereno je trajanje apneje na suhom i pri uronu lica u hladnu vodu (digitalnom dvokanalnom stopericom-neoLab). Značajnost razlike rezultata testiranja na suhom i pri uronu lica u hladnu vodu testirana je statistički na razini p 0,05.

**REZULTATI:** Redukcija pulsa i kožna vazokonstrikcija izazvani su pri imerziji lica u hladnu vodu (p 0,001). To je bilo izraženo samo u slučaju kad je cijelo lice s čelom uronjeno u hladnu vodu od 10°C i temperaturne razlike između zraka i vode veće od 10°C. Izmjereni protok krvi u kapilarama ruku i nogu bio je smanjen u prosjeku za 15,5% (9,5-21,5%). Porast sistoličkog krvnog tlaka izmjeren je za 15-27% od izmjerenog u apnei na suhom. Pri temperaturi vode od 15°C i višim, nije utvrđen kardiovaskularni odgovor, te nije nađeno statistički značajno sniženje pulsa i perifernog protoka krvi, te povišenje sistoličkog tlaka. Vrijeme trajanja apneje bilo je duže pri imerziji lica u hladnu vodu u odnosu na apneu na suhom.

**ZAKLJUČCI:** Izazivanje odgovora organizma pri uronu lica i čela u hladnu vodu, potvrdilo je da "ronilački refleks" može nastati pri ronjenju na dah. Vrijeme trajanja apneje

duže je pri imerziji lica u hladnu vodu u odnosu na apneju na suhom, što pokazuje da trajanje ronjenja na dah u hladnoj vodi može biti produženo, što do sada nije bilo izvješteno. Može se pretpostaviti da izazvana vazokonstrikcija može smanjiti potrošnju kisika u nekim tkivima. K tome, bradikardija može rezultirati u manjoj metaboličkoj potrošnji ili manjim metaboličkim potrebama za kisikom srčanog mišića. To sve može "štedjeti kisik" pri ronjenju na dah i time produžiti apneu. Da bi to dokazali potrebno je nastaviti istraživanje uvođenjem dodatnih čimbenika praćenja, mjerenjem saturacije kisikom arterijskog hemoglobina, alveolarnog i arterijskog  $PCO_2$  i  $PO_2$ .

Ključne riječi: ronjenje u apnei, ronilački odgovor, ronilački refleksi

### THE HUMAN "DIVING RESPONSE" IN APNEIC DIVING

#### Summary

INTRODUCTION: Recreational diving is becoming an increasingly popular sport, although the ability to stay in water is physiologically limited. Understanding of these limitations increases safety and pleasure of diving. Apneic diving (breath-hold diving) include immersion in water, apnea and submersion, physical strain, cold stress and exposure to increased pressure. Each of these factors, separately, provoke prominent and specific effects. Combination of these factors create a unique and interesting physiological response, generally known as "diving response". A series of cardiovascular reflexes collectively termed the "diving reflex" permit prolonged diving in aquatic mammals. A similar physiological reactions are induced when humans are breath-holding and immersing the face in cold water. The neutral response is derived from the apnea and the facial chilling, as reaction of facial receptors. The adaptation include a selective vasoconstriction and a heart rate reduction (bradycardia). There are only few studies that investigate mechanisms which initiate the diving response. Lin YC in 1988., concluded that facial receptors are responsible

for observed body response. Paulev et al. in 1990., described a survival reflex "diving bradycardia" in man, in experiment by face immersion in 10°C water temperature, during apnea and in total lung capacity, with a strong negative chronotropic effect of 22% fall in heart rate, which developed within 10-15 seconds, accompanied by increase in systolic blood pressure. Shagatay and Holm, 1996., referred that diving response was most pronounced at immersion in water of 10°C temperature difference of ambient air. Schuitema-Schagatay and Holm, 1998., announced that chilling of the forehead and eye area elicited the diving response. Schagatay and Anderson, 1998., described the connection of "diving response" and apneic time in humans.

The aim of our study was to confirm experimentally the hypothesis that facial immersion in cold water, by itself, could permit prolonged breath-hold diving.

**SUBJECTS AND METHODS:** Diving reflex was provoked in apnea and facial immersion in cold water of 15°C and 10°C, at ambient air temperature of 21°C in 43 healthy divers, at rest, in the prone position. Cardiovascular and respiratory parameters were continuously measured by non-invasive methods: heart rate (on digital pulse rate monitor -Boso), blood pressure (on electronic blood pressure monitor-Tensoplus OS22), total lung capacity (on spirometer-Spirovit SP-10 Schiller) and skin capillary blood flow (on detector of peripheral blood flow-Sonicaid BV 105/R). At same time we recorded breath-hold duration in air and with face immersion in cold water (on digital two channel stop -watch-neoLab). Statistical significance was tested at a level  $p < 0,05$ .

**RESULTS:** The heart rate reduction and skin vasoconstriction were provoked by face immersion in cold water ( $p < 0,001$ ). It was expressed only in case when chilling the whole face in 10°C water temperature and in warm air environment. Recorded skin capillary blood flow of the extremities was reduced in average of 15,5% . Recorded systolic blood pressure increased for 15-27% of measured during apnea in air. At water temperature of

15°C and higher there were no significant cardiovascular response and we did not find significant fall in heart rate and skin blood flow. The apneic time was longer at face immersion in cold water than in air.

**DISCUSSION AND CONCLUSIONS:** These results suggest that the "diving reflex" could be triggered at apneic diving. Apneic time is longer during face immersion in cold water than in ambient air, what suggests that breath-hold diving could be prolonged in cold water, which has not been reported so far. The provoked vasoconstriction could reduce oxygen uptake in some tissues. At the same time, bradycardia may result in lower metabolic demand of the cardiac muscle. All that could "conserve oxygen" in apneic diving and thus prolong breath-holding. To confirm those results it is needed to continue this study by including some additional data, as measurement of hemoglobin oxygen saturation and alveolar and arterial partial pressures of  $PCO_2$  and  $PO_2$ .

**Key words:** apneic diving, breath-hold diving, diving response, diving reflex