



šićne mase, snage i izdržljivosti. Dosadašnja istraživanja su pokazala da imerzijska hidroterapija ima posredan analgetski učinak na pacijenta (Nganvongpanit & Yano, 2012). U humanoj medicini je dokazano da se primjenom hidroterapije mogu supresirati simptomi bolesti uslijed čega se smanjuje potreba za analgeticima (Grazio, Doko, 2013), a u pojedinim slučajevima hidroterapija je dio multimodalnog pristupa terapije boli (Corti, 2014).

Najčešće indikacija za imerzijsku hidroterapiju su preoperativna i poslijeoperativna rehabilitacija ortopedskih i neuroloških pacijenta, degenerativne bolesti zglobova i kralješnice te problemi s prekomjernom tjelesnom težinom (Prankel, 2008). Uz to, kod radnih i sportskih životinja, kondicijski treninzi uključuju aktivno vježbanje u vodi.

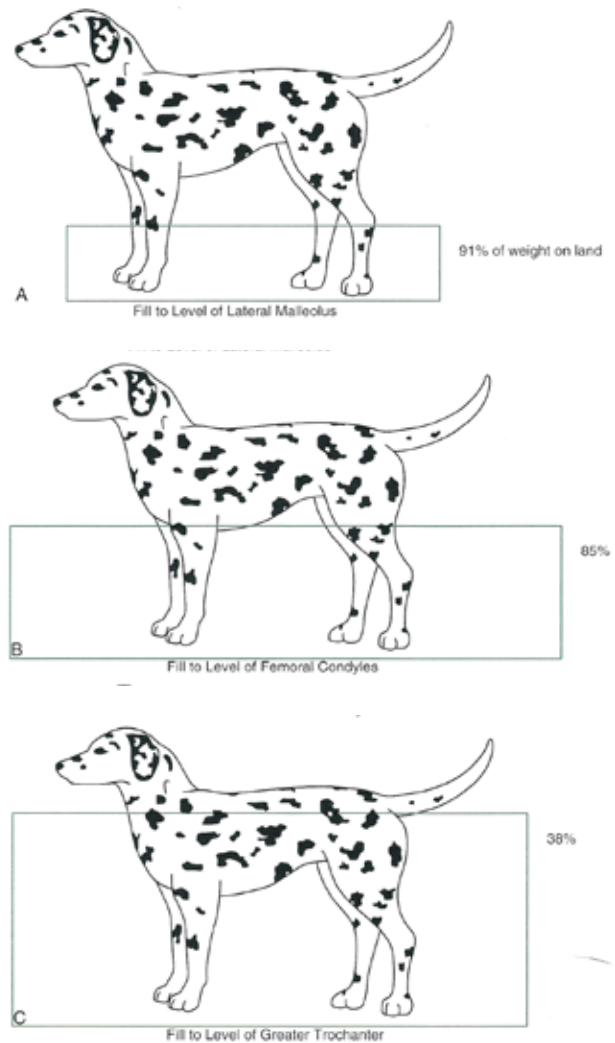
Na tijelo uronjeno u vodu djeluju različite sile. Poznavanje osnovnih fizikalnih zakonitosti omogućuje primjenu imerzijske hidroterapije, određivanjem intenziteta i frekvencije terapije, prema prethodno postavljenoj dijagnozi te izbjegavanje mogućih kontraindikacija. Svaki hidroterapijski postupak mora biti prilagođen pacijentu jer će jedino tako rezultirati pozitivnim učinkom u terapiji lokomotornog sustava i poboljšati kvalitetu života (Edge-Hughes, 2007). Fizikalna svojstva vode kod imerzijske hidroterapije su: gustoća, hidrostatski tlak, uzgon, viskoznost, površinska napetost i temperatura.

### Gustoća i specifična težina

Gustoća ( $\rho$ ) nekog tijela se definira kao omjer mase i volumena toga tijela:  $\rho = m/V$ , a mjerna jedinica, prema međunarodnom sustavu (SI) mjernih jedinica, je  $\text{kg}/\text{m}^3$  (Silberg, 2000). Ova fizikalna veličina govori nam o kompaktnosti neke tvari, odnosno koliko je mase sadržano u jedinici volumena. Na gustoću tijela utječu temperatura i tlak. Zagrijavanje nekog fluida u pravilu izaziva promjenu volumena zbog promjene međumolekulskih udaljenosti. Gustoća vode raste s porastom temperature do  $4^\circ\text{C}$  ( $0 - 3,94^\circ\text{C}$ ), dok se iznad te temperature gustoća vode smanjuje. Voda je najgušća pri  $4^\circ\text{C}$  i pri toj temperaturi gustoća iznosi  $1\text{ g}/\text{cm}^3$ . Uz temperaturu i tlak na gustoću vode također utječe količina otopljenih tvari, stoga je morska voda gušća od slatke. Relativna gustoća je fizikalna veličina kojom se izražava omjer gustoće neke tvari i gustoće referentne tvari. Sljedeća fizikalna veličina koja je važna u hidroterapiji je specifična težina. U mehanici fluida, ova veličina sredstavlja silu koju vrši gravitacija na jedinici volumena fluida, stoga je mjerna jedinica u SI sustavu  $\text{N}/\text{m}^3$ . Za razliku od gustoće specifična težina nije apsolutna vrijednost jer ovisi o sila težni.

Uz sila težu na specifičnu težinu također utječe tlak i temperatura tijela.

Navedene fizikalne veličine su izuzetno važne prilikom provođenja imerzijske hidroterapije. Ovisno o specifičnoj težini, tijelo tone ili pluta. Gornja i donja granica gustoće tijela ljudi su  $0,939\text{ g}/\text{cm}^3$  u vrlo pretelih ljudi do  $1,10\text{ g}/\text{cm}^3$  u najmršavijih. Relativna gustoća također određuje koliki dio će biti izvan vode, a koliki u vodi. Tako je izrazito mršavim i jako mišićavim životinjama, odnosno onima s malom specifičnom težinom koje imaju tendenciju tonuti, tijekom imerzijske hidroterapije indicirano staviti prsluk ili pojas koji će im omogućiti održavanje na površini. Suprotno, ukoliko želimo dodatno opteretiti pacijenta, postavljanjem utega na ekstremitete ili tijelo povećavamo ukupnu specifičnu težina što rezultira povećanim naporom životinje.



Slika 1. Utjecaj sile uzgona na uronjeno tijelo psa (Levine i sur., 2002). Preuzeto iz Millis, D, Levine, D. Canine rehabilitation and physical therapy.

## Uzgon

Uzgon je sila koja je javlja usljed djelovanja hidrostatskog tlaka na na uronjeno tijelo (Hughes, Sammons i Eldridge, 2007). Kako sila uzgona djeluje suprotno smjeru sile teže, tijelo uronjeno u vodu gubi na težinu, a taj gubitak jednak je težini istisnute vode (Edlich i sur., 1987). Hoće li neko tijelo plutati, lebdjeti ili tonuti ovisi o gustoći tijela te o gustoći fluida u kojem se to tijelo nalazi. Kada je uzgon veći od težine tijela, tijelo pliva, tijelo lebdi ako su uzgon i težina tijela jednaki, a ako je uzgon manji od težine tijela, onda to tijelo tone.

Istraživanje na psima na različitim dubinama imerzije (Levine i sur., 2002) pokazalo je kako težina psa uronjenog do visine velikog trohantera iznosi 38% njegove težine na tlu, do lateralnog kondila bedrene kosti 85 %, a do lateralnog maleolusa tibije 91% (Slika 1).

Ako su središte sile gravitacije i sile uzgona u istoj okomitoj liniji tijelo ostaje u ravnoteži. Ako središta navedenih sila nisu u ravnoteži dolazi do zakretnog momenta sile uslijed čega se tijelo počinje rotirati sve dok ne postigne ravnotežu. Sila uzgona je važna u hidroterapiji jer omogućuje rasterećenje ozlijeđenog tkiva uslijed čega pacijent obavlja vježbu unutar fizioloških kapaciteta.

## Hidrostatski tlak

Tijelo uronjeno u tekućinu sa povećanjem dubine osjeća sve veći pritisak. Taj pritisak se naziva hidrostatski tlak. (Olmsted, 1994). Hidrostatski tlak ( $p$ ) ovisi o gustoći fluida  $\rho$ , dubini na kojoj se mjeri  $h$  i Zemljinom sila teži  $g$ :  $p = \rho \cdot g \cdot h$ . Činjenica da hidrostatski tlak vrši stalan pritisak na tkivo uronjeno u vodu koristi se u liječenju pacijenata sa akutnim ozljedama zglobova ili edematoznim tkivom. Kontinuiranim pritiskom vode na tkivo pacijenta pospješuje se cirkulacija i istodobno onemogućava daljnje širenje edema. U humanoj medicini je primjećeno da se stajanjem ili hodanjem u vodi smanjuju periferni edemi nastalih zbog vaskularne ili limfne insuficijencije (Grazio i Doko, 2013).

Analgetski učinak hidrostatskog tlaka očituje se djelovanjem pritiska na aferentne živce kože. Ova prednost hidroterapije omogućuje izvođenje različitih kretnji uz manje boli povećavajući motivaciju za vježbanjem i kvalitetom života. Također indiciran je oprez kod pacijenata koji boluju od dišnih bolesti jer porast hidrostatskog tlaka smanjuje volumen pluća.

## Viskoznost

Viskoznost je otpor tekućine prema tečenju. Uzrok viskoznosti su međumolekularne sile kojima se molekule tekućine međusobno privlače i time opiru smicanju susjednih slojeva. (Mekjavić, 1996; Olmsted, 1994). Kod tekućina viskoznost opada sa temperaturom dok raste sa brzinom protoka. Kako je otpor prilikom protoka tekućine znatno veći u vodi nego u zraku, kretanje kroz vodu je teže nego kroz zrak. Otpor koji se javlja prilikom gibanja u vodi ovisi i o obliku i veličini tijela. Manje mišićava i uža tijela lakše će se gibati kroz vodu za razliku od velikih, masivnih tijela.

Reynoldsov teorem govori da postoje tri tipa protoka (Monk, 2007)

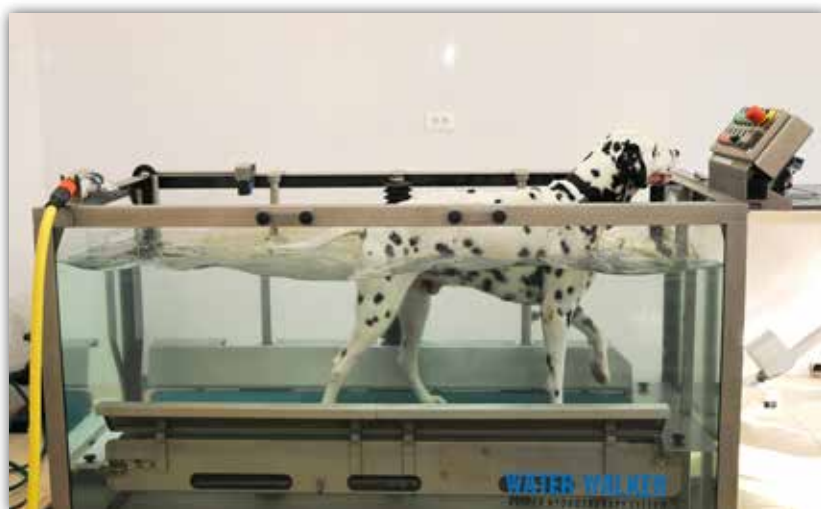
1. laminarni – jednolično strujanje tekućine,
2. prijelazni – porastom viskoziteta tekućina se počinju nepravilnije gibati,
3. turbulentni – daljnjim porastom viskoziteta gibanje tekućine postaje sve nepravilnije i dolazi do pojave "kovitlanja".

Jačina turbulencije ovisi o brzini kretanja i o obliku tijela. Veća brzina uzrokuje veću turbulenciju. Kovitlaci su oblik turbulentnog toka gdje slojevi tekućine slijede kretanje objekta u vodi u kružnom smjeru. Kovitlaci pružaju otpor kretanjama objekta u vodi gurajući objekt natrag. U imerzijskoj hidroterapiji otpor vode tijekom vježbi pojačava se s povećanjem brzine kretanja pacijenta, odnosno povećanjem površine tijela kojim se pacijent kreće kroz vodu (Šehić i sur., 2014).

Paraparetični psi lakše održavaju ravnotežu u vodi nego na tlu zbog viskoznosti i uzgona koji smanjuju opterećenje lokomotornog sustava, čime se već u ranoj fazi rehabilitacije pacijentima omogućuje samostalno kretanje.

## Termička svojstva

Zbog visoke specifične topline i termalne vodljivosti, voda je pogodna za brzo zagrijavanje i hlađenje tijela. Specifična topline vode je oko četiri puta veća od specifične topline zraka, a njezina termička vodljivost približno 25 puta veća od termičke vodljivosti zraka. Toplina između uronjenog tijela i vode prenosi se na dva načina: kondukcijom i konvekcijom. Kondukcijom se temperatura prenosi izravnim kontaktom dvaju tijela u obliku kinetičke energije. Brzina prenošenja topline ovisi o temperaturnoj razlici dvaju tijela. Konvekcija je proces u kojem se toplina prenosi sa jednog dijela fluida u drugi samim gibanjem fluida zbog temperaturne razlike. Za razliku od kondukcije, konvekcija je puno brži proces.



Slika 2. Podvodna pokretna traka

Dok vježbanje u vodi zagrijanoj iznad 33°C može izazvati osjećaj umora i iscrpljenosti, vježbanje u vodi čija je temperatura ispod 25°C uzrokuje stres i aktivira mehanizam prilagodbe kojim se opire smanjenju tjelesne temperature (Monk, 2007). Stoga je preporučena temperatura vode u bazenima za hidroterapiju između 28°-32°C.

U veterinarskoj medicini hidroterapija se provodi u obliku plivanja u bazenu ili vježbanjem na podvodnoj pokretnoj traci (Slika 2). Plivanje povećava opseg kretnji zglobova, posebice fleksiju (Davis i sur., 2015.) te utječe na kardiorespiratorni sustav (Levine et al., 2005). Kod plivanja važno je osigurati ujednačene kretnje i sprečavati neželjene i nagle pokrete, odnosno pacijent mora biti stalno pod nadzorom. Kod neuroloških pacijenata preporuča se plivanje tek u fazi povratka motoričkih funkcija, premda plutanje i potpomognuta vježba u vodi kod paretičnih i paraplegičnih pacijenata može djelovati na jačanje mišićne trupa (Drum, 2010). Za razliku od plivanja, kretanje na pokretnoj traci uronjenoj u vodi predstavlja terapiju u kontroliranim uvjetima, gdje se dubina imerzije prilagođava pacijentu. Ovakav oblik hidroterapije primjenjuje se u ranim fazama rehabilitacije budući da kontrolirano kretanje u vodi predstavlja manji napor za kralježnicu i zglobove (Marcellin-Little et al., 2015). Ovakav oblik terapije važan je i zbog senzoričkog učinka uslijed doticaja šapa s podlogom (Brundell, 2011), što je posebice važno kod neuroloških pacijenata.

Razina imerzije određuje se individualno za svakog pacijenta, što dublje uronimo pacijenta to će lokomotorni sustav biti više rasterećen. Opseg kretnji zglobova također ovisi o dubini imerzije, primjerice ekstenzija kuka je manja u dubljoj imerziji. Fleksija

zgljeba je najveća kada razina vode doseže ili je nešto iznad zgljeba (Davis i sur., 2015). Brzina pokretne trake se također može prilagođavati, ovisno o stanju pacijenta i cilju terapije. Općenito, sporije kretanje djeluje na opterećenje pojedinog ekstremiteta, dok su veće brzine primjerenije jačanju miškulature i pojačanom radu kardiovaskularnog sustava.

## Zaključak

Imerzijska hidroterapija važan je dio rehabilitacije ortopedskih i neuroloških pacijenata. Terapeutski učinci koji se postižu primjenom hidroterapijskih postupaka prvenstveno ovise o fizikalnim svojstvima vode. Poznavanje utjecaja uzgona, gustoće, hidrostatskog tlaka, viskoznosti, otpora te termičkih svojstava vode na organizam važno je pri odabiru odgovarajućeg hidroterapijskog postupka. Cilj hidroterapije je poboljšanje funkcionalne sposobnosti i skraćivanje vremena oporavka pacijenta.

## Literatura

- CORTI, L. (2014): Nonpharmaceutical Approaches to Pain Management. Review. Topics in Companion Animal Medicine, 29, 24-28
- DAVIS, M.S., DRUM, M.G., MARCELLIN-LITTLE, D.J. (2015): Principles and Applications of Therapeutic Exercises for Small Animals. Review. Vet. Clin. N. Am.-Small, 45, 73-90.
- DRUM, M.G. (2010): Physical Rehabilitation of the Canine Neurologic Patient. Review. Vet. Clin. N. Am.-Small, 40, 181-193.
- EDGE-HUGHES, L. (2007): Hip and sacroiliac disease: Selected disorders and their management

- with physical therapy. Clin. Tech. Small. Anim. Pract. 22, 183-194.
- EDLICH, F.R., TOWER, M.A., GOITZ, R.J (1987). Bio-engineering principles of hydrotherapy. J. Burn Care Rehab. 8, 580-584.
  - GRAZIO, S., DOKO, I. (2013). Balneoterapija/hidroterapija u bolesnika s reumatoidnim artritismom, ankilozantnim spondilitisom i psorijatičnim artritismom – deskriptivni pregled. Fizikalna i rehabilitacijska medicina, 25, 84-96.
  - HUGHES, M. B. A., J. SAMMONS, P. ELDRIDGE (2007): CPO Focus on Earth Science. Delta Education LLC, New Hampshire, 93-111.
  - LEVINE, D., TRAGAUER, V., MILLIS, D. L. (2002). Percentage of normal weight bearing during partial immersion at various depths in dogs. Proceedings, 189-190.
  - LEVINE, D., MARCELLIN-LITTLE, D.J., TAYLOR, R. (2005): Rehabilitation and Conditioning of Sporting Dogs. Review.Vet. Clin. N. Am.-Small, 35, 1427-1439.
  - MEKJAVIĆ, I. (1996). Fizikalna kemija 1. Osnovni pojmovi, primjeri i zadatci. Zagreb: Školska knjiga, 20-21.
  - MILLIS, D, LEVINE, D. (2014): Canine rehabilitation and physical therapy. Saunders, St. Louis. pp. 526 – 542.
  - MONK, M. (2007): Hydrotherapy. in Animal physiotherapy: assessment, treatment and rehabilitation of animals. Edited by Catherine M. McGowan, Lesley Goff, Narelle Stubb, 187-198.
  - NGANVONGPANIT, K., YANO, T. (2012): Side Effects in 412 Dogs from Swimming in a Chlorinated Swimming Pool. Thai J. Vet. Med., 42, 281-286
  - OLMSTED, W. G. (1994): Chemistry. The molecular science. Mosby-Yera Book, Inc., St. Louis, Baltimore, Boston, Chicago, London, Madrid, Philadelphia, Sydney, Toronto, 199-205.
  - PRANKEL, S. (2008): Hydrotherapy in practice. Review. In Practice, 30:272-277.
  - SILBERG, M. S. (2000): Chemistry. The molecular nature of matter and change. The McGraw-Hill Companies, Inc., Boston, New York, San Francisco, St. Louis, Bangkok, Lisabon, London, Madrid, Mexico City, Singapore, Sydney, Toronto, 22-23.
  - ŠEHIĆ, M. (1997): Fizikalna medicina u terapiji i dijagnostici domaćih životinja. Zagreb: Veterinarski fakultet.
  - ŠEHIĆ, M. (2014): Fizikalna terapija i rehabilitacija pasa. Zagreb: Veterinarski fakultet.

## BESPLATNI OGLASI



Prodajem povoljno kuću u kojoj je donedavno bila veterinarska ambulanta. Kuća se može pogledati pod šifrom 14457245 na Njuškalu. Kontakt: 098/785-147.

Prodajem trihineloskop Micro T10 compact, s opremom za umjetnu probavu. Kontakt: 098/785-147

Za rad u veterinarskoj ambulanti za kućne ljubimce u Osijeku tražimo doktora veterinarske medicine (m/ž) s radnim iskustva ili bez radnog iskustva. Životopis poslati na e-mail: zdenko-fury@net.hr. Kontakt: 031/204-747.

Prodajem povoljno pokretni stol za obaranje goveda (korekcija papaka i drugi zahvati) marke Rosensteiner. Sve informacije na mob.: 091/543-2103

Tražimo doktora veterinarske medicine (m/ž) za rad u ambulanti za male životinje u Veterinarskoj stanici Đakovo d.o.o. Uvjet je položen stručni ispit. Životopis možete poslati na e-mail: antun.strmotic@os.t-com.hr, a za sve dodatne informacije nazovite na 098/252-160.

Nudimo posao za dvoje doktora veterinarske medicine (m/ž) s položenim državnim stručnim ispitom. Životopis možete poslati na e-mail: veterinarska.stanica.pozega@po.t-com.hr, a za sve dodatne informacije nazovite na 098/256-423.