



Respiratory physiology during swimming: Better exhale and inhale

Yüzmede solunum fizyolojisi: Etkili nefes verme ve alma

Mesut İzzet Titiz¹

Abstract

Water is not a physiologically friendly environment for humans. Due to limited movement and unnatural adjustment to breathing patterns, we feel stressed, nervous, anxious, and physically tense. These psychological conditions are detrimental to the performance for beginner swimmers. As with most sports, the physiologically optimal state during non-sprinting performance in swimming is aerobic respiration. As performance intensity increases, effectively increased rate of respiration must follow. The diaphragm is the primary respiratory muscle. The diaphragm and auxiliary respiratory muscles work together to accommodate the condition the body in accordingly.

Fish breathe continuously during their life in the water by their gills which allow them extract oxygen from the water in a way without interruptions for inspiration or expiration. They do not change their optimal swimming position during breathing. Mammalian fishes like dolphins breathe not with their gills but with their lungs like we do. Dolphins must come to the surface of the water to breathe through their blowhole at their humpback. Observation of the the way dolphins breathe and use the experience wisely to the swimming exercises may help improve swimming and the fun of it. If we cannot swim fishlike we have to investigate and research for what we are doing wrong.

Keywords: Swimming; respiratory physiology; fishlike.

[\(Extended English summary is at the end of this document\)](#)

Özet

İnsanlar hep suda balıklar gibi yüzmeyi hayal etmişlerdir. Ancak su insan için yabancı bir ortamdır, rahat solunum yapamaz, rahat hareket edemez, kaslarımız su içinde karada olduğundan daha gergindir, su ortamında solunum yolunu etkin kullanma doğal olmadığından nefes verme ve alma streslidir. Su ortamında solunum yapma, nefes alıp-verme hareketi streamline pozisyonunu geçici olarak bozacaktır. Fizyolojik olarak insan metabolizmasının optimum devamı için en verimli ortam aerobik ortamdır. Anaerobik şartlarda çabuk yoruluruz, bu nedenle yüzerken harcanan eforun doğru ve etkili solunum ile desteklenmesi gereklidir. Fizyolojik olarak eforla artan metabolik ihtiyaca göre solunum temposu da artar. Bu nedenle egzersiz sırasında daha sık nefes alırız. Etkili solunum için tüm primer ve yardımcı solunum kasları etkili nefes verme ve alma yönünde maksimum verimle çalışır. Su ortamında yaşayan yunusların, akciğerli balıkların davranışlarının incelenmesi, su ortamı dinamiklerine uyumlarının gözlemi, elde edilen bilgilerin yüzme çalışmalarında akılcı kullanılması, yüzme sporunu geliştirebilir, çok daha eğlenceli hale getirebilir. Eğer balıklar gibi yüzemiyorsak nerede hatalı davrandığımızı incelememiz gerekir.

Anahtar Kelimeler: Yüzme; solunum fizyolojisi; fishlike.

¹Prof. Dr., Namık Kemal University, Faculty of Medicine, mitiz@nku.edu.tr

Giriş

İnsanlar hep suda balıklar gibi yüzmeyi hayal etmişlerdir. Ancak su insan için yabancı bir ortamdır, rahat solunum yapamaz, rahat hareket edemez, kaslarımız su içinde karada olduğundan daha gergindir. İnsan karada yaşar ve solunumunu akciğerle yapar. Yüzerken, su ortamında solunum yolunu etkin kullanma doğal olmadığından nefes verme ve alma streslidir. Balıklar suda yaşadıkları ve solungaçlarıyla devamlı solunum yaptıklarından, bu durumun farkında değillerdir.

Yüzerken suya en az direnç oluşturan “streamlining” pozisyonunu olabildiğince korumak, vücudu suya rahatça bırakmak yüzmede verimi en olumlu etkileyen parametrelerdir (Tizin, 2017; Laughlin & Delves, 2004).

Su ortamında solunum yapma, nefes alıp- verme hareketi streamline pozisyonunu geçici olarak bozar. Nefes alma sırasında optimum verimi almak için baş sudan kısa süre çıktığında sadece nefes almak için süre vardır, nefes vermeye geçecek zaman yoktur. Streamline pozisyonunda tekrarlayan hareketlerle yüzmeye devam ederken, su içinde nefes vermenin bitirilmiş olması gerekmektedir. Başın suyun dışına çıkarılmasından sonra hızla nefes alıp, rahatlayıp, tekrar su içine girmelidir (Tizin, 2017; Laughlin & Delves, 2004). Nefesin en kısa yol ve sürede akciğerde difüzyon ile gaz alışverişinin olacağı alveollere kadar gitmesi sağlanmalıdır.

Solunum merkezini uyaran, kanda artan CO₂ parsiyel basıncıdır. Eforla merkeze giden uyarı artar. Fizyolojik olarak insan metabolizmasının optimum devamı için en verimli ortam aerobik ortamdır. Anaerobik şartlarda çabuk yoruluruz, bu nedenle yüzerken harcanan eforun doğru ve etkili solunum ile desteklenmesi gereklidir.

Aerobik şartlarda: $\text{Glukoz} + \text{O}_2 \rightarrow \text{enerji} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Anaerobik şartlarda: $\text{Glukoz} \rightarrow \text{daha az enerji} + \text{laktik asid}$

Efor arttıkça solunum sayısı da artmalı, akciğerlerden daha çok CO₂ atılmalı ve daha çok oksijen alınmalıdır. Aksi takdirde, eforla artan metabolizma ile kanda CO₂ birikmesi nedeniyle oluşan hiperkapni ve hipoksi, kan pH'ında düşme, beynin hiç hoşlanmadığı bir tehlike sinyali olarak limbik sistemi uyarır. Serotonin düşer ve otonom sinir sistemi uyarılır, kanda reaktif artan stres hormonları psikolojiyi etkiler, adrenalin gerginlik yaratır, boğulma hissi oluşturur ve yüzme verimini düşürür.

Doğru ve etkili nefes alıp verildiğinde ise kanda CO₂ normale yakın değerlerde kalacağından boğulma hissi azalır, adrenerjik sistem uyarısı az olur. Yüzücünün gerginliği azalır, kendine güveni ve su ile ilişkisi düzelir, hareketlerin dengesi ve verimi artar.

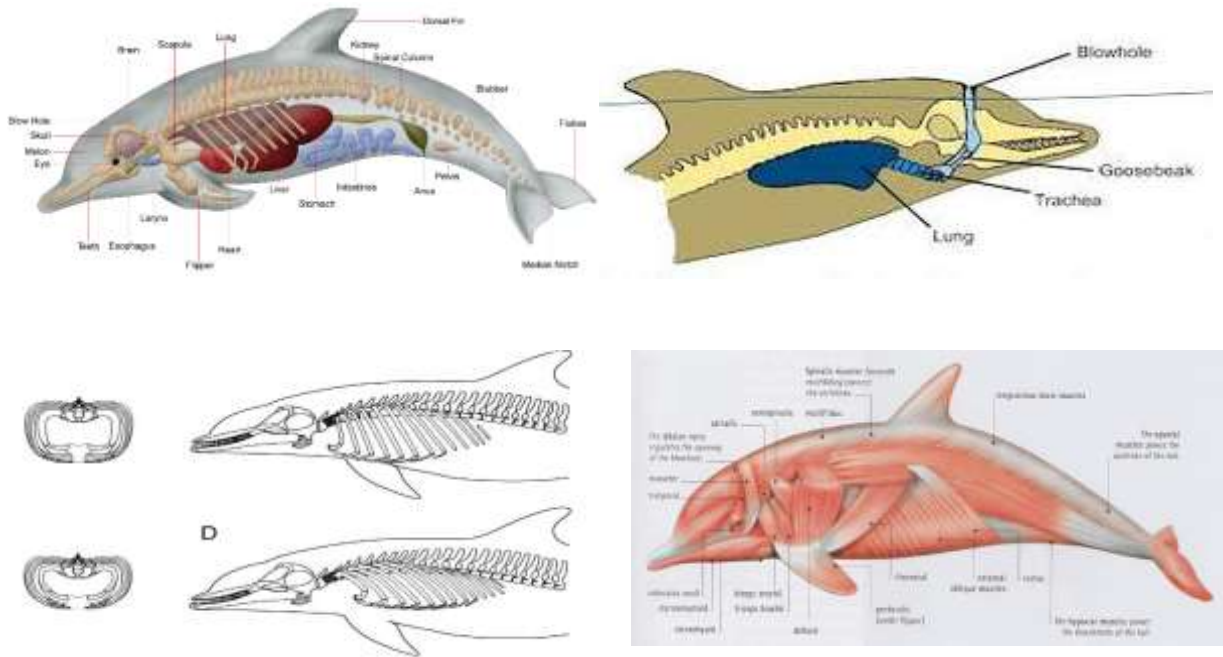
İnsan solunum yolu ağız ve burun deliklerinden başlar alveollerde biter. Normal solunum temposu, nefes verme ve alma hareketi olarak dakikada 10-12 sayıdadır. Fizyolojik olarak artan metabolik ihtiyaca göre solunum temposu da artar. Bu nedenle egzersiz sırasında daha sık nefes alırız. Etkili solunum için nefes almanın ve nefes vermenin de, etkili ve tam olması gereklidir. Artan solunum sayısını desteklemek için tüm primer ve yardımcı solunum kasları etkili nefes verme ve alma yönünde çalışır.

Balıklar yüzerken suyun içinde solungaçları arasından geçen ortam suyu ile devamlı sudaki oksijeni kullanmakta, kesintisiz solunum yapmaktadırlar. Balıkların CO₂'yi vermesi, sudan oksijeni alması yani solungaç solunumu devamlı karakterdedir. Su onların sürekli yaşadıkları ortamdır, solunum ihtiyacı balıklarda gerginlik yaratmaz.

Karada yaşayan canlılarda solunum evrim gereği, solungaçtan akciğer solunumuna doğru gelişim göstermiştir. İnsan embriyonik hayatta gelişirken, genetik materyel şifreleri solungaç gelişimine değil akciğer gelişimine göre evrim geçirmiştir. Epigenetik faaliyet büyüme esnasında solungaç yönünde değil, akciğer gelişmesi yönündeki enformasyonu kullanmak üzere evrilmiştir. İnsanlarda solunum, karada yaşama uyum gereği balıklarda olduğu gibi devamlı değil, ihtiyaca göre nefes verme – alma şeklindedir.

Denizde yaşayan ancak akciğer solunumu yapan memeliler olan, yunuslar ve balinalar da solunumu insanlar gibi, nefes verme ve alma şeklinde ihtiyaca göre yapmaktadırlar. Su ortamında yaşayan yunusların, akciğerli balıkların davranışlarının incelenmesi, su ortamı dinamiklerine

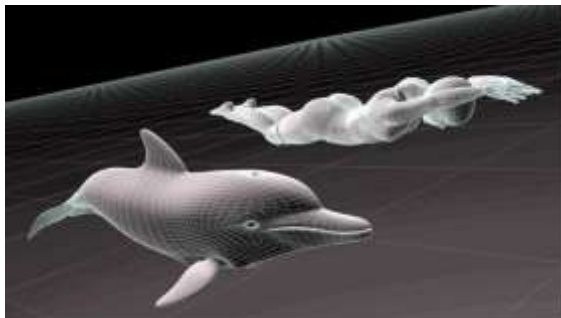
uyumlarının gözlemi, elde edilen bilgilerin yüzme çalışmalarında akılcı kullanılması, yüzme sporunu geliştirebilir ve çok daha eğlenceli hale getirebilir.



(www.wikipedia.com)

Yunusun ve balinanın solunum yolu hava alma delikleri anatomik olarak ense bölgesindedir. Bu organ memeli yunusun evriminde, streamline pozisyonda yüzmesinin verimini en az etkileyecek bir anatomik yerde ve yapıda gelişmiştir.

Yunuslar su yüzeyine yaklaşır ve delikleri ile havayla temas eder ve nefes alır. Yunuslar yüze gelene kadar nefes vermeyi tamamlamışlardır. Yüzücüler de verimli yüzme için mutlaka streamlining' i yunuslar gibi korumalı ve en az bozacak şekilde nefes almalıdır (Tizin, 2017)



(www.wikipedia.com)

Solunum sistemi memelilerde, solunum yolu ve alveollerden yapılmıştır. Burun ve ağızdan alveoller arasında kalan anatomik mesafe olan solunum yolu, solunuma iştirak etmez, ölü boşluktur. Hava ancak alveollere geldiğinde solunum, difüzyon ve kandan gaz alışverişi olur.

Solunumun verimini arttırmak için alveollere kadar olan mesafeyi kısaltmak amacıyla daha kısa yol olan ağızdan hava alınması, üst solunum hava giriş yollarının tam açık olarak kullanılması önemlidir. Larinks olabildiğince açık olmalıdır, sanki kalın ses çıkarır gibi (aaaaooo sesi) hava yolları maksimum açık halde nefes alınmalıdır (Oruç, 2005; Souza ve ark., 2015).

Yüzerken alınan havanın yardımcı solunum kaslarının da yardımıyla akciğerde derinlere, en uçtaki alveollere kadar, sırt ve üst karın bölgesine kadar gittiğinin hissedilmesi önemlidir.

Solunum olayını gerçekleştiren kaslar, içinde akciğer olan toraks duvarına yapışan kaslardır:

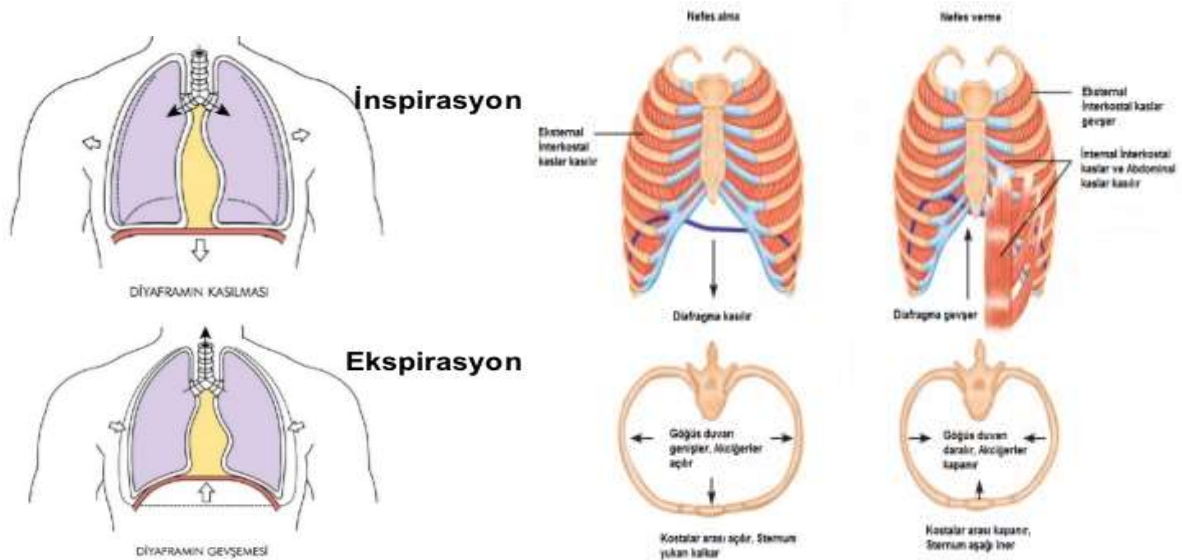
- Diafragma,
- İnterkostal iç ve dış kaslar,
- Pektoral kaslar
- Serratuslar,
- Skalen kasları,
- Sternokleidomastoid kaslar.

Ana solunum kasları diafragma ve interkostal kaslardır. Boyun kasları olan skalen ve sternokleidomastoid yardımcı solunum kaslarıdır. Diafragma kası nervus frenikus ile diğerleri interkostal sinirlerle innerve olurlar.

Nefes alırken; diafragma, göğüs ve karın boşluğunu ayıran kubbe biçimli kas, kasıldığında düzleşir. Eksternal interkostal kaslar kasılarak göğüs kafesini yükseltir, sternokleidomastoid sternumu, pektoral kaslar ve serratuslar kostaları, skalen kaslar ise ilk 2 kostayı yukarı kaldırır. Genişleyen toraks içinde oluşan negatif basınç akciğeri pasif olarak bu duruma uyuma zorlar, akciğer genişler. Bu durumda solunum yollarından hava içeri girer.

Nefes verirken; inspirasyon kasları gevşer, iç interkostal kaslar kasılarak kostaları aşağı çeker. Toraks iç hacmi azalır. Akciğer duruma uyarak kapanır, pasif olarak hava dışarı çıkar. Zorlu soluk verme esnasında ek olarak karıncı organları yukarı iten karın ön duvar kasları; rektus, eksternal ve internal oblik kaslar ve transvers kaslar da çalışır. Toraks daralır, hava çıkışı maksimize edilir.

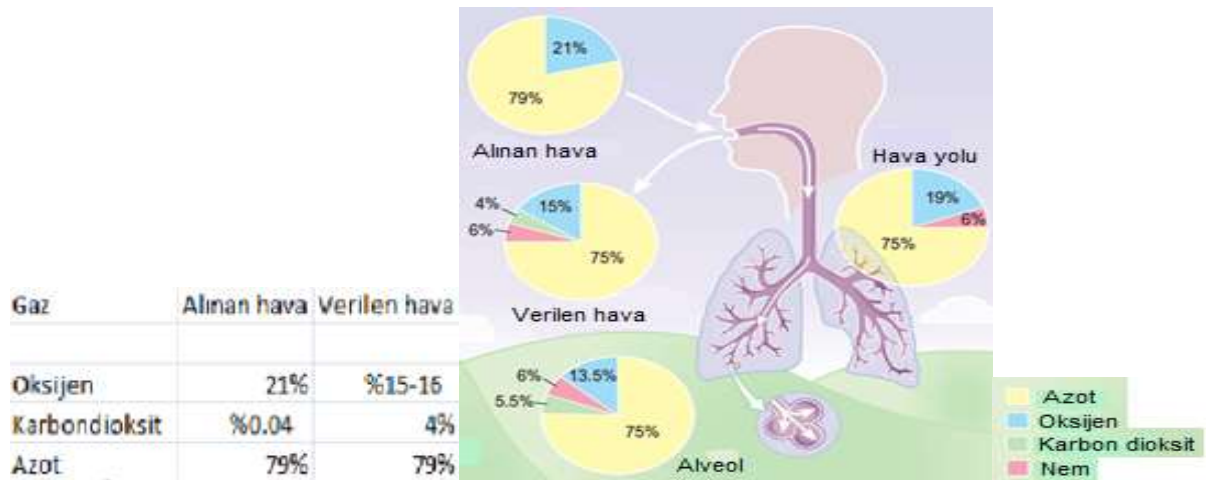
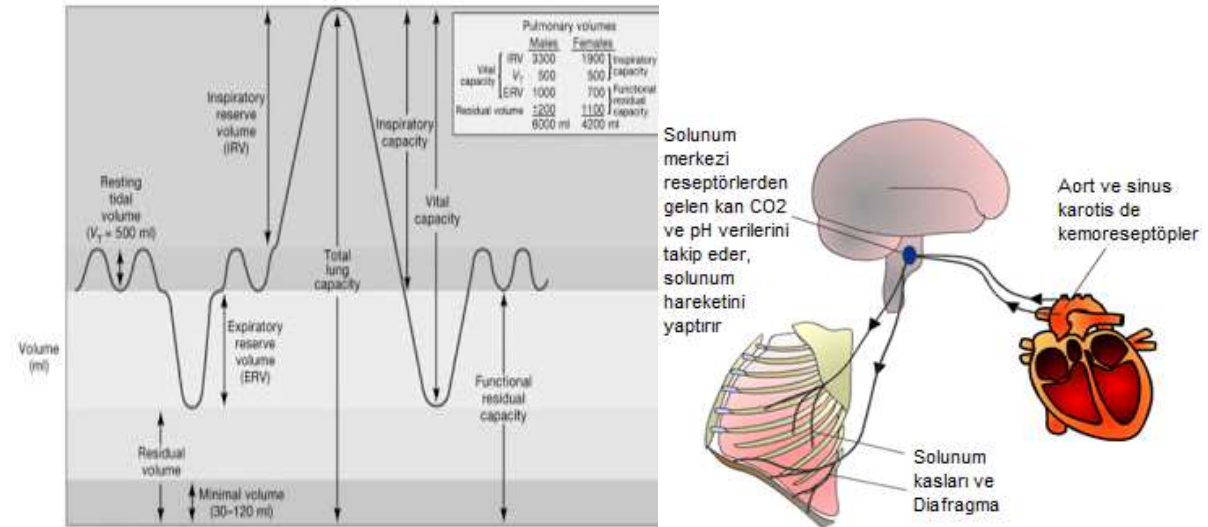
Etkili nefes verme ve almak için solunum kaslarının etkin ve verimli kullanılması gerekmektedir. Efor esnasında yardımcı solunum kasları maksimum çalışarak etkinliği sağlarlar. İlginç olarak yüzme esnasında da sırt ve omuz kaslarına ilave olarak boyundaki yardımcı solunum kaslarının da kullanılması gerekir.



(www.wikipedia.com)

“Tidal volüm”, istirahat halinde iken tek soluk alış esnasında akciğerle giren ya da tek soluk veriş esnasında akciğerlerden çıkan hava miktarı yani soluk hacmidir ve ortalama 0,5 L. dir. Egzersiz esnasında mecburen tidal volümü ve ventilasyon sayısını arttırmaya çalışırız. Hafif egzersizlerde tidal volüm ve nefes alma sayısı birbiri ile orantılı artar. Ağır egzersizlerde tidal volüm artarak sonunda bir platoya, maksimum’a ulaşır, daha fazla solunum için nefes alma sayısını arttırmaktan başka çare

yoktur. Ciddi egzersizlerde sporcu ihtiyaçtan dakikada 35-40 kez nefes alır verir. Bazen bisiklet dayanıklılık antrenmanlarında, sayı 60-70 olabilir. Ağır egzersizlerde, tidal volüm ve ventilasyon miktarı 200 L/Dk.'yı bulabilir (Oruç, 2005; Souza ve ark., 2015).



(www.wikipedia.com)

Her ne kadar sağlıklı akciğerlerde solunumun etkinliği fonksiyonel alveol sayısı ile doğru orantılı olsa da solunum yolundaki ölü boşluklar alınan havanın tam kullanılmasını engeller. Alınan havanın tamamı alveollere gidemediğinden havanın O_2 sinin de tamamı kullanamamaktadır. Alınan havadaki O_2 %21 iken, verilen havadaki O_2 % 15-16 dır (Laughlin ve Delves, 2004; Oruç, 2005). Zor şartlarda nefes tutmak zorunda kalındığında, ölü boşlukta kalan havadaki oksijenin bir miktarı alveollere ulaşabilmekte ve kana karışabilmekte, kullanılmış havadaki O_2 ile nefes tutmaya devam edilebilmektedir. Kötü şartlarda bile kullanılan havadaki %15-16 O_2 ile de kanda %100 O_2 satürasyonu, (normal hemoglobin ve eritrosit miktarı varlığında) sağlanabilir. İhtiyaç olan O_2 , aslında nefes verme havasından tekrar alınabilmektedir (Oruç, 2005; Souza ve ark., 2015; Rodriguez-Zamora ve ark., 2012).

Yüzerken artan metabolizmada kullanılması sonucu kanda oksijen azalmasından değil, CO₂ miktarı artması (Hiperkapni) uyarısından nefes alma ihtiyacı doğar. Apne hissi solunum ihtiyacında tehlike sinyali olarak ortaya çıkar ve otonom sistemi uyarılır. Parasempatik sistem bradikardi ve hipotansiyona yol açar, kardiyak output düşer. Sempatik sistem uyarılması ise refleks olarak periferde vazokonstriksiyon yaparak kanı merkeze hayati organlara yönlendirir.

Su ortamında yapılan egzersizde, yüzerken doğru ve yeterli solunum yapamamak, zamanla tekrarlayan hareketlerle gittikçe birikerek artan hipoksi, hiperkapni daha çok solunum ihtiyacı oluşturur ve strese yol açabilir. Zamanla biriken ve fark edilen stres ve sonucu ortaya çıkan tehlike sinyalleri, orta beyinde serotonin salgılanmasında azalma yaparak negatif duygudurum değişikliğine yol açar, anksiyete ve panik oluşturabilir (Oruç, 2005; Souza ve ark., 2015; Rodrigez-Zamora ve ark., 2012; URL1, URL2). Ortaya çıkmakta olan boğulma hissi kişiyi rahatsız eder, tehlike sinyalleri vücudun mevcut refleks adaptasyon ve korunma mekanizmalarını aktive eder.

Hipoksi ve hiperkapniye dayanıklılığı arttırmak mümkündür; dalgıçlarda, hiperventilasyon ve nefes tutma egzersizleriyle dayanıklılık geliştirilebilmektedir (Rodriguez-Zamora ve ark., 2012; URL1).

Hiperventilasyon çalışmalarıyla geçici olarak kanda CO₂'nin ciddi düzeylerde azalması, hipokapni sağlanarak direnç arttırılabilmektedir. Ancak hiperventilasyon ve hipokapni de otonom sistemi uyarıp bradikardi'ye ve yetersiz kardiyak outputa neden olabilir.

Yarışmalarda uzun süre su altında gitmeyi planlayan yüzücüler bilinçli olarak riski kabul ederek hiperventilasyonu kullanabilirler. Yüzme esnasındaki şartlara bağlı olarak solunum ile ilgili mekanizmaların devamlı, hafif ya da şiddetli aktive olması mevzubahistir. Düzenli egzersizlerle çalışılırken, nefes alma ve vermenin bilimsel veriler paralelinde etkin yapılması fiziki ve mental performansı olumlu etkileyecektir. Sporcu egzersizlerle kendi kondüsyonunu geliştir ve durumu tolere ettiği oranda verimli yüzer.

Kaynakça

- Laughlin, T., & Delves, J. (2004). Total immersion: The revolutionary way to swim better, faster, and easier. Simon and Schuster.
- Oruç, T. (2005) Solunum Regülasyon, Solunum Vol: 7 Özel sayı, s. 22-26
- Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Barrero, A., Chaverri, D., Erola, P., & Rodríguez, F. A. (2012). Physiological responses in relation to performance during competition in elite synchronized swimmers. *PLoS One*, 7(11), e49098.
- Souza, J. F. T. D., Giampá, S. Q. D. C., Lemos, V. D. A., Santos, S. A. D., Silva, E. T. D., De Mello, M. T., ... & Antunes, H. K. M. (2015). Exercise performed at hypoxia influences mood state and anxiety symptoms. *Motriz: Revista de Educação Física*, 21(2), 177-184, DOI: 10.1590/S1980-65742015000200
- Titiz, M. İ. (2017). Verimli yüzme için suya anatomik uyum; bir bakış açısı. *Journal of Human Sciences*, 14(2), 1792-1798.
- URL1 <http://www.gayyoga.gn.apc.org/Respiration.htm>
- URL2 <http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/pe/exercise/>
- Wells, G. D., Plyley, M., Thomas, S., Goodman, L., & Duffin, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European journal of applied physiology*, 94(5-6), 527-540.

Extended English Summary

Humans always have a dream to swim like a fish. But water is not a physiologically friendly environment for humans. Humans have evolved to live on the land and breathe air to live. Due to the limited movement and the unnatural adjustment to breathing patterns in the water, we feel stressed, nervous, anxious, and physically tense. These psychological conditions are detrimental to the performance of beginner swimmers.

As with most sports, the physiologically optimal state during non-sprinting performance in swimming is aerobic respiration. As performance intensity increases, effectively increased rate and depth of respiration must follow. During exercises metabolic demands of the body to stay aerobic, forces the respiratory system to inspire more.

Effective respiration means, taking deep breath of air that is deep enough to reach the deepest alveoli where the gas exchange will happen. This type of respiration needs to give an effective expiration to make sure the next effective deep breath intake is possible. Effective expiration is necessary before to take a deep breath. Respiratory muscles must be conditioned for the purpose of effective expiration and inspiration during regular exercises. During swimming the forceful expiration must be completely done before taking the head out of the water to take the deep breath. This should be done without disturbing the streamline position so the time is not too much to exhale and inhale when the head is out during swimming. When the head is out of the water there is limited time for inspiration only.

Swimming is performed by regular repeat drills. If the respiration of the swimmer is not effective to meet the demand accordingly, hypercapnia develops which causes tiredness, and also a danger signals to the brain, causing a drawing feeling and anxiety. These feelings can be detrimental to swimming and cause the poor performance of the swimmer.

Respiration is done by the respiratory muscles in humans. The respiratory muscles are attached to the bony structure of the thoracic cage. Their function creates a necessary negative pressure in the thoracic cage, which is a closed space, to help air get into the airways and to the lungs for inspiration.

The diaphragm is the primary respiratory muscle which does the main work. Normally diaphragm is a dome shaped muscle anatomically separating thoracic and abdominal cavity from each other. During inspiration diaphragm contracts, becomes flattened, increase the space in the thoracic cavity, and creates a negative pressure in the cavity needed to inflate the lungs by air passively. Lungs have a structure that is inflatable and respiration physiology has been developed accordingly. Auxiliary respiration muscles, especially exterior intercostal muscles, help spread the intercostal distances to extend the thoracic cavity to increase the intensity of this condition. Their help is very important during exercise and in stressful conditions when necessary. The diaphragm and auxiliary respiratory muscles work together synergically to accommodate the physiologic aerobic condition the body must be in.

During normal condition, inspiration is 11-12 times per minute. Each volume of air inspired is called physiologic tidal volume. At the beginning of the exercise, the tidal volume is increased for to keep the aerobic physiology. As the effort increases, we need to increase the frequency and the efficacy of the inspiration accordingly, to stay aerobic. If the respiration is not done properly during swimming, carbon dioxide accumulates gradually in the blood and stimulate the respiratory center and this affects the psychology forces the body to inspire more. The feeling of needing more air and anxiety is detrimental to the swimmer, creates a degree of panic feeling, and disturbs the muscle coordination and concentration. Swimmer loses his/ her joy.

Fish has a very different respiration physiology during their life in their underwater environment. Fish breathe continuously during their whole life in the water by their gills which allow them extract oxygen from the water in a way continuously, without interruptions for inspiration or expiration. This is their life style and they do not need to change their optimal swimming position during breathing.

Mammalian fish like the dolphins and whales breathe not with their gills but with their lungs like we do. Dolphins must come to the surface of the water to breathe through their blowhole at their back. The anatomy of the dolphins provides them to drill and breath effectively without disturbing their streamline position in the water. Observation of the way dolphins breathe and use the experience wisely to the swimming exercises may help improve swimming and the fun of it. If we want to swim fishlike, we have to investigate and make research for what we are doing wrong.