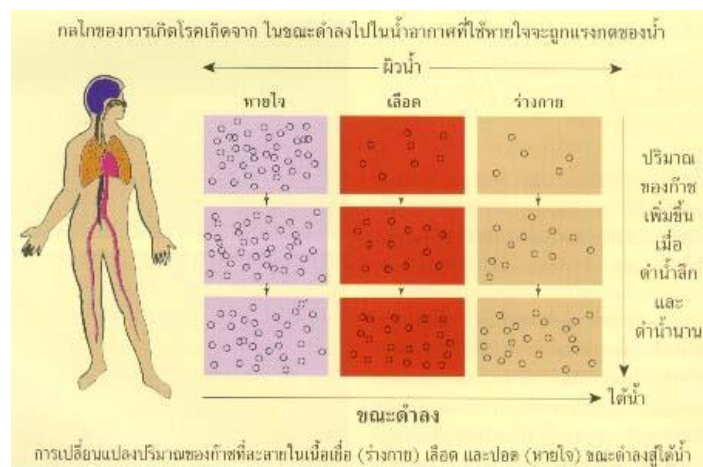


ภาวะพิษจากก๊าซในการดำน้ำ

ร.ต.หญิง ศิริวรรณ ยิ่งยืน

การดำน้ำ เป็นกิจกรรมได้รับความนิยมมากในปัจจุบันควบคู่ไปกับการท่องเที่ยวทางทะเล นอกจากนี้ อาจจะเป็นภารกิจทางทหาร การดำน้ำอาชีพ เป็นต้น ซึ่งการดำน้ำเป็นกิจกรรมที่พาร่างกายอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเมื่ออยู่ใต้น้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาของระบบการหายใจและแลกเปลี่ยนก๊าซ ระบบไหลเวียนโลหิต และการเปลี่ยนแปลงสถานะของก๊าซในร่างกาย เมื่อเพิ่มความดันบรรยากาศขณะดำลง และในการลดความดันบรรยากาศขณะดำขึ้น



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของก๊าซที่ละลายในเนื้อเยื่อ เลือด และปอด

ที่มา : <https://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=23&chap=8&page=t23-8-infodetail03.html>

น้ำหนักของอากาศที่อยู่ที่พื้นผิวมหาสมุทร ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเท่ากับ 1 บรรยากาศ หรือ 1 ATA หรือเทียบเท่า 1.01325 bar หรือมี น้ำหนัก 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ประมาณ 1 กิโลกรัม ต่อ 1 ตารางเซนติเมตร) พอลงไปใต้น้ำ น้ำมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศราว 800 เท่า จึงมีน้ำหนักมากกว่าอากาศเพียงแค่ลงไป 10 เมตร ก็จะมีน้ำหนักกดทับ เทียบเท่าอากาศที่อยู่ด้านบนทั้งหมด และน้ำทะเลหนาแน่นกว่าน้ำจืด จึงได้ข้อสรุปว่า น้ำทะเลจะมีแรงดันเพิ่ม 1 ATA ทุก ความลึก 10 เมตรหรือราว 33 ft เมื่อแรงดันที่เพิ่มขึ้นใต้น้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงร่างกาย การเปลี่ยนแปลงปริมาณของก๊าซที่ละลายในเนื้อเยื่อ (ร่างกาย) เลือด และปอด (หายใจ)

จากหลักการทางฟิสิกส์พบว่าสสารที่เป็นของเหลวมีน้ำหนัก และปริมาณคงที่ เปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ ไม่สามารถบีบอัดให้มีปริมาตรเล็กลงได้ ปริมาตรของของเหลวจึงไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศหรืออุณหภูมิ ในขณะที่ก๊าซแก๊สไม่มีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอนแต่จะมีรูปร่าง และปริมาตรตามภาชนะที่บรรจุ จึงเป็นผลให้ก๊าซถูกบีบอัด และมีปริมาตรที่ลดลงได้เมื่ออยู่ใต้น้ำ เนื่องจากการลดความดันบรรยากาศที่สูงขึ้น

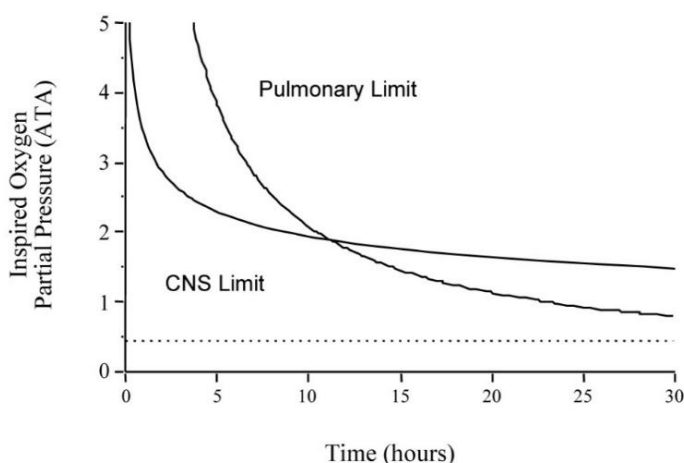
ก๊าซที่มีความสำคัญเป็นพิเศษต่อนักดำน้ำ ได้แก่ ส่วนประกอบสำคัญของอากาศ ๒ ชนิด คือ ก๊าซออกซิเจน และ ก๊าซไนโตรเจน เมื่อหายใจนานเกินไปภายใต้ความกดดันที่เพิ่มขึ้น หรือได้น้ำ ก๊าซทั้งสองชนิดจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย เรียกว่า การเป็นพิษของออกซิเจน (Oxygen toxicity) และ การเมาไนโตรเจน (Nitrogen Narcosis)

ดังนั้น นักดำน้ำจึงจำเป็นต้องรู้หลักการดำน้ำในเบื้องต้น จนกระทั่งการดำน้ำลึก เพื่อป้องกัน หรือลด การเกิดภาวะก๊าซเป็นพิษ ดังที่กล่าวมาข้างต้น

1. ภาวะออกซิเจนเป็นพิษ (Oxygen toxicity)

เกิดจากการสัมผัสกับความดันย่อยออกซิเจนเกินกว่าที่เผชิญอยู่ในชีวิตประจำวัน ขอบเขตของการเป็นพิษขึ้นอยู่กับทั้งความดันย่อยออกซิเจน และระยะเวลาในการสัมผัส ยิ่งความดันย่อยที่สูงขึ้น และระยะเวลาสัมผัสที่ยาวนาน ยิ่งเป็นพิษที่รุนแรงขึ้น เมื่อเกิดภาวะออกซิเจนเป็นพิษส่วนใหญ่จะเป็นพิษต่อ 2 ระบบสำคัญ คือ พิษต่อปอด (pulmonary Oxygen toxicity) และพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system CNS oxygen toxicity)

ดร. เจ. ลอร์เรน สมิธ บรรยายถึงผลกระทบที่เป็นพิษของออกซิเจนต่อปอดเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2442 เขาตั้งข้อสังเกตว่าความรุนแรงของผลกระทบนั้นเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ pO₂ และผลกระทบที่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้เป็นส่วนใหญ่ ดังที่แสดงในแผนภาพ ผลกระทบที่เป็นพิษของออกซิเจนที่ความบางส่วนระหว่าง 0.45 ATA ถึง 1.6 ATA มีต่อปอดเป็นหลัก ในขณะที่ผลกระทบที่เป็นพิษที่ pO₂ ที่มากกว่า 1.6 ATA นั้นอยู่ที่สมองเป็นหลัก



Graph of the predicted pulmonary and CNS toxicity limits of exposure to varying partial pressures of oxygen.

ภาพที่ 2 กราฟขีดจำกัดการเป็นพิษของออกซิเจนต่อปอด และระบบประสาท ในระดับ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน
ที่มา : <https://www.diverite.com/articles/oxygen-toxicity-signs-and-symptoms/>

➤ พิษต่อปอด (pulmonary Oxygen toxicity)

จากการศึกษาวิจัย Oxygen Toxicity and Special Operations Forces Diving: Hidden and Dangerous ของ Thijs T. Wingelaar แพทย์ประจำศูนย์การดำน้ำ กองทัพเรือเนเธอร์แลนด์ พบว่าเมื่อไวก้ตามทีสัมผัสออกซิเจนทีความดันย่อยออกซิเจนมากเกิน 0.5 ata ถือเป็นการสร้างความเสียหายต่อระบบปอด ในมนุษย์ อาการเริ่มแรก ได้แก่ การระคายเคืองต่อหลอดลมพร้อมกับอาการปวดหลังและเริ่มไอ การสัมผัสทียาวนานทีออกซิเจนระดับสูง ซึ่งเมื่อระดับออกซิเจนทีสูงเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อปอดได้ ฤุณลมเล็กๆในปอดอาจเต็มไปด้วยของเหลว หรืออาจไม่เกิดการพองตัว ปอดจึงไม่สามารถรับอากาศได้ตามปกติ ซึ่งจะทำให้ปอดส่งออกซิเจนเข้าสู่กระแสเลือดได้ยากขึ้น

อาการ และอาการแสดง

- หายใจขัดแสบเวลาหายใจเข้า
- ไอเล็กน้อย จนกระทั่งไอเป็นเลือด
- แน่นหน้าอก หายใจลำบาก

การรักษา (Treatment)

- หลีกเลียงการสัมผัสกับระดับความดันย่อยทีสูง และระยะเวลาทีนานเกินกำหนด

➤ พิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system CNS oxygen toxicity)

สามารถเกิดได้เมื่อใดก้ตามทีความดันย่อยสูงเกิน 1.3 ATA ซึ่งความเสี่ยงต่อการเกิดพิษออกซิเจนต่อระบบประสาทส่วนกลางขึ้นอยู่กับความดันย่อยของออกซิเจน และระยะเวลามัผัส ความดันย่อยย้งสูง และระยะเวลามัผัสยาวนาน ความเป็นไปได้ในการเกิดอาการทางระบบประสาทย้งมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นข้อจำกัดของเวลาการสัมผัสออกซิเจน ในแต่ละประเภทของการดำ

อาการ และอาการแสดง

- การมองเห็นลอดอุโมงค์ (Tunnel vision) การลดลงของลานสายตาดานข้างของนักดำและอาการอื่น เช่น สายตามองเห็นเบลอ (ไม่ชัด) อาจเกิดขึ้น
- เสียงอื้อในหู (Tinnitus) หรือเสียงอื่นใดรับรู้โดยหู หากแต่ไม่ได้เกิดขึ้นจากสิ่งเร้าภายนอก อาจคล้ายเสียงสันระฆัง เสียงดังกอง (roaring) หรือเสียงสันคล้ายเครื่องจักร
- เวียนศีรษะ คลื่นไส้ หรืออาเจียนเป็นระลอก อาการเหล่านี้อาจเป็นห้วงๆ (intermittent)
- กล้ามเนื้อใบหน้ากระตุก ริมฝีปาก หรือแขนขา
- กระสับกระส่าย
- ชัก (convulsion)

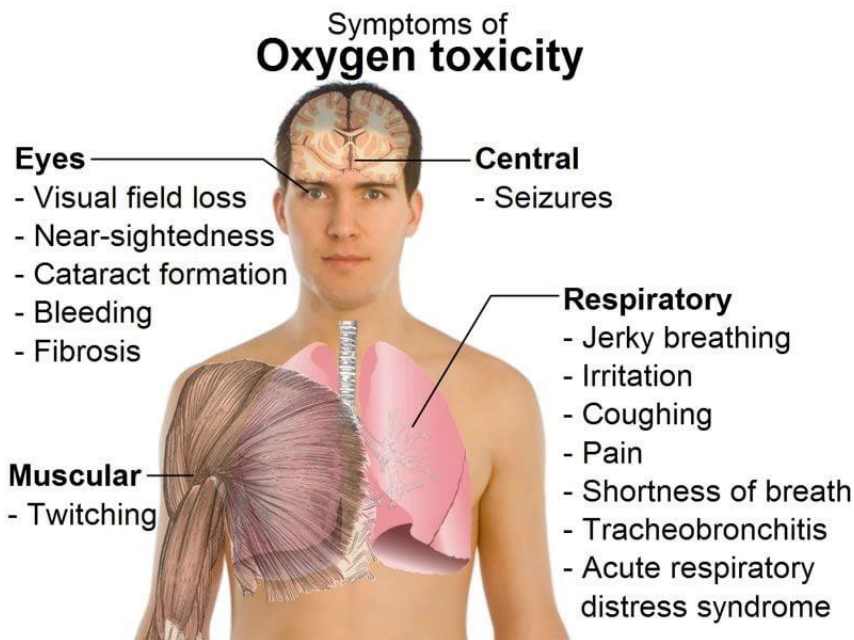
การรักษา (Treatment)

นักดำน้ำที่ประสบกับอาการเตือนของพิษออกซิเจน ต้องรายงานให้ผู้ควบคุมการดำทราบทันที หรือแจ้งศูนย์ดำทันที

- การดำขึ้นอย่างเหมาะสมเพื่อลดความดันย่อยออกซิเจน
- การกลับไปยังอากาศผสมที่หายใจที่มีเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนต่ำลง
- ในห้องเพิ่มความกดกลับ ให้เอาหน้ากากออก

การป้องกันพิษออกซิเจนต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Prevention of CNS Oxygen Toxicity)

- ตรวจให้มั่นใจว่าอุปกรณ์หายใจอยู่ในสภาพที่ดี สังเกตขีดจำกัด ระดับความลึก-เวลา
- หลีกเลี่ยงการออกแรงอย่างหนัก และให้ความสนใจอาการผิดปกติที่อาจปรากฏ
- การหยุดคั่นการหายใจด้วยออกซิเจนด้วยการหยุดด้วย "อากาศ" หรือ "air" เป็นระยะ



ภาพที่ 3 Symptoms of Oxygen toxicity

ที่มา : https://scubatechphilippines.com/scuba_blog/oxygen-toxicity-thalmann/

2. ภาวะเมาไนโตรเจน (Nitrogen narcosis)

ภาวะง่วงซึมจากไนโตรเจนเกิดขึ้นเมื่อนักดำหายใจเอาอากาศผสมที่มีความดันย่อยไนโตรเจนสูงเกินกว่า 4 ATA ซึ่งในน้ำนั้นมีออกซิเจนประมาณ 21 % ก๊าซอื่น ๆ 1 % และที่เหลืออีก 78 % เป็น “ก๊าซไนโตรเจน” การดำน้ำในเวลานานก็ไม่ต่างจากการสูดเอาก๊าซไนโตรเจนเข้าสู่ร่างกายในระดับน้ำทะเลลึกมวลความหนาแน่นของอากาศจะมากขึ้น ยิ่งดำลึกตั้งแต่ 70–100 fsw (21–31 msw) ความดันก๊าซ Nitrogen จะเพิ่มขึ้นเยอะมาก และแทรกเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย จนสามารถส่งผลให้เกิด “ภาวะเมาไนโตรเจน (Nitrogen Narcosis)”

อาการ และอาการแสดง (Sign and Symptom)

- ง่วงซึม
- สูญเสียการตัดสินใจ หรือทักษะ
- รับรู้ของความสุขสบายผิดไป (A false feeling of well-being)
- ขาดการสนใจต่องานหรือความปลอดภัย
- ปรากฏความโง่ที่ชัดเจน (Apparent stupidity)
- หัวเราะอย่างไม่สมเหตุผล
- รู้สึกเหมือนเข็มแทง (Tingling) และไม่รู้สึกลม หนาว ร้อน คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ และขา

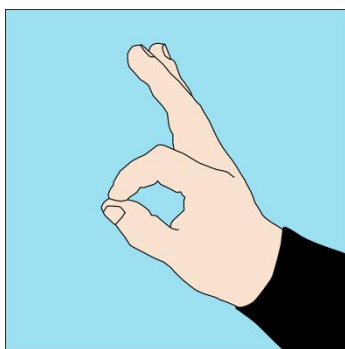
การรักษา (Treatment)

- ให้รับลดระดับแรงดันย่อยไนโตรเจน โดยการพาตัวขึ้นมาสู่วิถีน้ำในความเร็วที่เหมาะสม

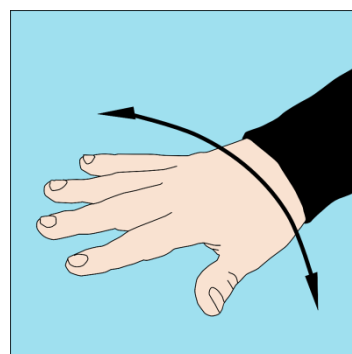
การป้องกัน (prevention)

- การดำโดยมีบัดดี้ จะเป็นการสังเกตอาการผิดปกติของคู่ดำน้ำได้ดีที่สุด และสามารถช่วยเหลือแก้ไขได้ทันทีที่แสดงอาการ
 - หลีกเลี่ยงการดำน้ำที่ความลึกเกินไป กำหนดความลึกของการดำน้ำที่ใช้ “อากาศอัด” (compressed air) ไว้ที่ความลึกไม่เกิน 30 เมตร (4 ATA)
 - สำหรับการดำที่ใช้ก๊าซผสม (mixed gas) ควรจำกัดความดันย่อยของไนโตรเจนไว้ไม่เกิน 3.2 บาร์
- นอกจากนี้นักดำน้ำทั้งดำน้ำตื้น และน้ำลึก ทราบถึงภาวะก๊าซเป็นพิษแล้ว ยังจำเป็นต้องทราบถึงสัญลักษณ์มือต่างๆที่ต้องใช้ในการสื่อสารใต้น้ำกับคู่บัดดี้ หรือผู้ที่ร่วมดำน้ำ เนื่องจากประดาน้ำไม่สามารถพูดผ่านอุปกรณ์ควบคุมการดำน้ำแบบธรรมดาได้ เพื่อให้การช่วยเหลือเป็นไปได้อย่างทันท่วงที ดังนี้

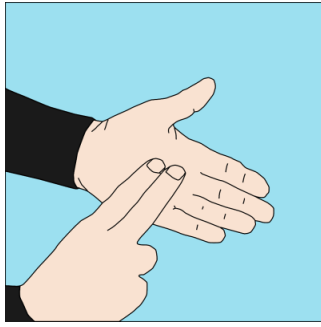
สัญลักษณ์มือ และความหมาย



1. สัญลักษณ์มือ “โอเค”



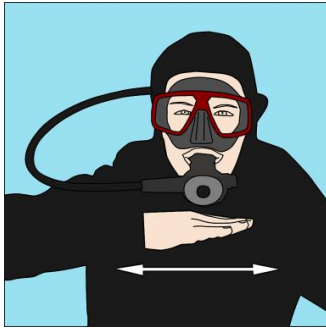
2. สัญลักษณ์มือ แสดงว่ามีปัญหาหรือ “ไม่โอเค”



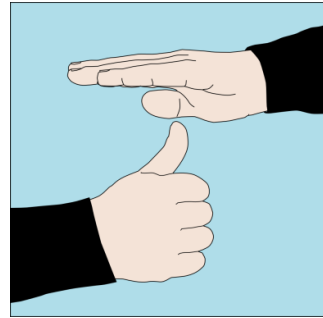
3. สัญญาณมือ “ถามปริมาณอากาศในแทงค์”



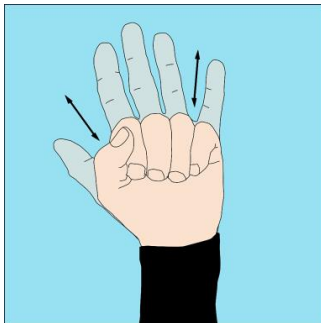
4. สัญญาณมือ “อากาศเหลือน้อย”



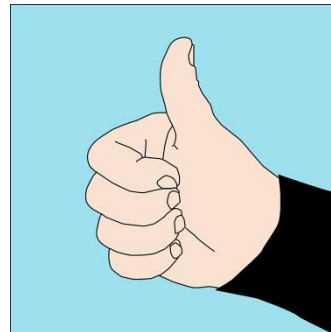
5. สัญญาณมือ “อากาศหมด”



6. สัญญาณมือหยุดเพื่อความปลอดภัย



7. สัญญาณมือเมื่อเป็นตะคริว



8. สัญญาณมือขึ้นและลง หรือขึ้นสู่ผิวน้ำและลงใต้ผิวน้ำ



New signal: "I don't feel well." Diver encircles front of body-head to torso.

9. สัญญาณมือมีบางอย่างผิดปกติหรือ “ฉันรู้สึกไม่ดี”

ภาพที่ 4-12 สัญญาณมือ และความหมาย

ที่มา: <https://www.blackturtledive.com/th/blog/10-scuba-diving-signals-every-diver-needs-to-know/>



ภาพที่ 13 สัญญาณมือ PADI Scuba

ที่มา: <https://www.private-scuba.com/thai/scuba-hand-signals.html>.

ภาวะพิษจากการดำน้ำ เป็นภาวะผิดปกติที่เกิดจากการดำน้ำ โดยส่วนมากมักจะเกิดกับการดำน้ำลึก และคือการดำน้ำลึก และมีอุปกรณ์ช่วยหายใจติดตัวไปกับนักดำน้ำ ทำให้เราสามารถหายใจเมื่ออยู่ใต้น้ำได้เป็นระยะเวลานาน หรือที่เรียกว่า “การดำน้ำแบบสคูบา (Scuba)” ซึ่งอาการที่พบบ่อยจากภาวะก๊าซเป็นพิษ เช่น ภาวะออกซิเจนเป็นพิษ (Oxygen toxicity) ภาวะเมานโตรเจน (Nitrogen Necrosis) เป็นต้น ที่มีผลต่อระบบต่างๆของร่างกายมากที่สุด โดยเฉพาะระบบหายใจ และระบบประสาท ดังนั้นหากเกิดภาวะก๊าซเป็นพิษขณะดำน้ำ ก็อาจจะทำให้การช่วยเหลือด้วยการบอกกล่าวหรือพูดคุยเป็นไปได้อย่างยากลำบาก นักดำน้ำจึงได้มีการกำหนดสัญญาณมือต่างๆที่ใช้ในการสื่อสารขณะดำน้ำ เพื่อให้คู่บัดดี้ได้ทราบ และช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงที อาจจะไม่เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

อ้างอิง

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ. (2565). *Amazing Underworld สุขสงบ หรือพบมัจจุราช*.

https://www.si.mahidol.ac.th/Th/division/nursing/NDivision/N_OBS/admin/knownledges_files/39_65_1.pdf.

ธนวัฒน์ ชัยกุล (บ.ก.) (2555). *เวชศาสตร์ใต้น้ำ Underwater Medicine: เนติกุลการพิมพ์*.

Gerhard Whitworth, R.N. (2018). *Nitrogen Narcosis: What Divers Should Know*.

<https://www.healthline.com/health/nitrogen-narcosis>

Southwood P. (). *สัญญาณมือในการดำน้ำลึกที่จำเป็น*. <https://www.blackturtledive.com/th/blog/10-scuba-diving-signals-every-diver-needs-to-know/>.

Wingelaar.Thijs T. (2017). *Oxygen Toxicity and Special Operations Forces Diving: Hidden and Dangerous*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5524741/>.