

## אסטרטגיות דקומפרסיה

דן אשכנזי

טקסט זה הנו תקציר פרסום של ריצ'ארד פייל המתמקד באסטרטגיות דקומפרסיה, אסטרטגיות ש"צמחו מלמטה" כתוצאה מנסיון אמפירי שנצבר במהלכן של עשרות אלפי צלילות טכניות. עוד מציג הפרסום תזה הקושרת בין תסמינים ותהליכים פיזיולוגיים נוספים לבין שכיחות הופעתה של מחלת הדקומפרסיה. פייל מציע אימוץ של מספר נהלים אשר מטרתם הפחתת הסיכון. הוא נוגע בנושא הרקומפרסיה הרטובה, אם כי ברזולוציה נמוכה יותר מאשר במאמר הקודם שלו, מאמר שתרגומו פורסם בפורום. ייתכן וחלק מהשיטות פחות מוכרות בקהילה הטכנית, חלקן ודאי חורגות ממוסכמות.

### הקדמה

בעבר היה גז ההליום נחלתם של צוללים מסחריים וצבאיים והשימוש בו היה בעיקר בצלילות רוויה. במהלך שנות השמונים החלו צוללים ספורטיביים לעשות שימוש בגז ההליום במטרה לבצע צלילות לעומקים שבין 60 ל 100 מטרים וזמני תחתית שנעו בין דקות לשעות ספורות "קצר עמוק", נסיונות אלו הובילו להתפתחות של ענף "הצלילה הטכנית" כפי שהוא מוכר היום. בהעדר מחקר מדעי מסודר, הביא הנסיון אמפירי הרב שנצבר במהלך של עשרות אלפי צלילות טכניות לאבחנות חשובות לגבי מספר תופעות הקשורות לשכיחות הופעתה של מחלת הדקומפרסיה (DCI) בתנאים שונים.

### דקומפרסיה - מודלים תיאורטיים מול נסיון אמפירי

למעט יוצאים מהכלל מבוסס תכנון הדקו' בצלילה הטכנית על של קבוצת מודלים המכונים "נאו הלדניים" ובמיוחד על מודל ZH L16 שפותח ע"י פרופסור בוהלמן מאוניברסיטת ציריך בשווייץ. (2) היות ומודלים אלו הנם בעצם אקסטרפולציה של מודלים מתמטיים המותאמים לתערובות גזים וטווחי העומק של הצלילה הטכנית, הצלחתם במניעת מחלת הדקומפרסיה (כמו גם תסמינים שלא שויכו בעבר למחלה אך מופיעים לאחר צלילות דקו'), חלקית בלבד. נסיון שנצבר במהלך צלילות טכניות ואבחנות אקראיות הביא צוללים להוסיף לתהליך הדקומפרסיה מרכיבים חדשים שלא התחייבו מהנהלים המקובלים", אלו הביאו להפחתה משמעותית בשכיחות הופעתם של תסמינים המשוייכים למחלה.

### חניות עומק

לפני כ 20 שנה גילה חוקר בשם ריצ'ארד פייל כי בסימון של צלילות בהן ביצע עצירות עומק לצורך ריקון שקי הציפה של דגים שאסף, הרגשתו הכללית היתה טובה יותר מאשר בצלילות בהן לא ביצע עצירות כאלו, אותן סיים בתחושת עייפות שליוותה אותו למשך מספר שעות.. פייל החל להוסיף חניות עומק לפרופיל הצלילה השכיח שלו ל 60 מטר אשר התבסס על מודל בוהלמן וכלל חנייה ראשונה בעומק של 12.5 מטרים. צוללים טכניים אחרים גם הם הבחינו בתופעה ובמהלך השנים התפתחו ויישמו מס' שיטות של הוספת חניות עומק. מודלים מתקדמים יותר לדקומפרסיה (מבוססי בוועיות) מספקים היום תמיכה מדעית לחשיבותן של חניות העומק במניעת תסמיני דקו'. (3)

### האטת קצב העלייה הסופית לפני הים.

אסטרטגיה נוספת אשר קהילת הצוללים הטכניים מתחילה לאמץ היא האטת קצב העלייה לפני הים לאחר סיום הדקומפרסיה. כיום נוהגים צוללים רבים לחבר את שתי החניות האחרונות (3 ו 6) ולשהות בעומק של 6 מטרים תוך נשימת 100% חמצן. נוהג זה נתמך ע"י המודלים ה"נאו הלדניים" שכן נשימת חמצן טהור בעומק 6 אינה משנה את פרופיל הדקו' והשהייה בעומק האמור בו הלחץ הסביבתי גבוה יותר בשלבי הדקו' האחרונים, אף נחשבת לבטיחותית.



פייל(ניצקי) והדג.

אם זאת ולמרות העובדה שאין הוכחות שמקורן במחקר מסודר, מצביע הנסיון האמפירי המצטבר כי הכפלת עומק ממנו מתבצעת העליה הסופית בשילוב עלייה מהירה לפני המים (במיוחד לאחר פרופיל דקו' ארוכים) מגביר בצורה משמעותית את הסיכון בהופעת תסמיני מחלת הדקומפרסיה מיד בסיום הצלילה. כתוצאה מכך החלו צוללים רבים להאט את קצב העליה הסופית לפני המים ובהתאם לפרופיל הצלילה לשהות בעומקים הרדודים בין 10 ל 20 דקות. היום קיימות כבר אינדיקציות ראשונות לכך שנוהל זה תורם להפחתה בהופעת תסמיני DCI, אירגון GUE ממליץ על קצב עלייה מירבי של 1 מטר לדקה בסיום הדקו'.

## ארבעה משתנים מגבירי סיכון

הנסיון אשר נצבר בענף הצלילה הטכנית מצביע על כך כי במרבית המקרים יופיעו תסמיני מחלת הדקומפרסיה בסמוך לסיום הצלילה, רק לעיתים נדירות יופיעו תסמינים זמן ממושך לאחר הצלילה ושכיחות הופעתם במהלך ביצוע הדקומפרסיה נמוכה עוד יותר. דפוס זה מצביע על כך שעצם סיום הצלילה מהווה זרז להופעת התסמינים.

קיימים ארבעה משתנים המתרחשים כמעט בו זמנית בסיום הצלילה, הראשון הוא השינוי הדרמטי בלחץ הסביבתי המתרחש בעליה מעומק של 6 / 3 מטרים. השני הוא המעבר מנשימת חמצן טהור בלחץ חלקי של 1.6 אטמ' לנשימת אוויר על פני הים ונחיתת לחצו החלקי של החמצן ל 0.2 אטמ'. שינוי זה משפיע על מערכת הדם. המשתנה השלישי הוא המעבר ממצב של מנוחה ייחסית המאפיין את שלב הדקומפרסיה למצב של פעילות פיזית מוגברת ( טיפוס על סולם הסירה תוך נשיאת ציוד כבד ו/או מאבק בגלים / זרמים על פני המים) לפעילות השרירים המוגברת יכולות להיות מספר השפעות רלוונטיות להופעת תסמיני מחלת הדקו', המשמעותית שבהן היא הווצרות מספר רב של גלעיני בועיות מיקרוניים בגוף. המשתנה הרביעי והאחרון הוא כוח הכבידה והשפעתו על זרימת הדם בגוף. המעבר החד ממצב שבו הגוף אינו נושא בנטל משקלו לסביבה בה כוח הכבידה חוזר להשפיע, עשויה לגרום לזרימה מוגברת של דם ממרכז הגוף לגפיים התחתונות. ההופעה של ארבעת משתנים אלו בתוך פרק זמן קצר מהווה מתכון בטוח לזרז הופעתה של מחלת הדקומפרסיה.

צוללים טכניים רבים מתמודדים עם הסיכון ע"י נסיון למנוע את התרחשותם של ארבעת המשתנים במקביל.

- א. האטת קצב העליה הסופית לפני המים. (10 – 20 דקות ע"פ פייל או 1 מטר לדקה ע"פ GUE)
- ב. המשך נשימת חמצן טהור על פני המים למשך מס' דקות. (10 דקות ע"פ פייל)
- ג. נשימת אוויר על פני המים למס' דקות נוספות לפני היציאה. (10 – 15 דקות נוספות ע"פ פייל)
- ד. המנעות ממאמץ פיזי למשך כ 30 דקות מסיום הצלילה.

## סף הדקומפרסיה 110 מטרים

ריצארד פייל מציג במאמרו נתונים אמפיריים המתבססים על 194 צלילות שביצע לעומקים שמעבר ל 60 מטרים, מתוכן 24 צלילות לעומקים שמעל 110 מטרים. מהצלילות אשר בוצעו כולן במערכת סגורה CIS LUNAR CCR בולט נתון מעניין, באף אחת מ 170 הצלילות הרדודות יותר לא הופיעו תסמיני מחלת הדקו' בעוד שב 33% מהצלילות לעומקים שמעבר ל 110 מטרים הופיעו תסמינים כאלו או אחרים של המחלה. ע"פ פייל מצביעים נתונים אמפיריים אלו (ששוב אינם נתמכים ע"י מחקר מדעי מובנה ומסודר) על כך שרמת הסיכון ללקות במחלת הדקו' גדלה בצורה משמעותית בעת ביצוע צלילות לעומקים שמעבר ל 110 מטרים.

## קישור לדיון בפורום

### מקורות:

- (1) קישור לתרגום מאמר מקיף של ריצ'ארד פייל בנושא רקומפרסיה רטובה :  
<http://www.tek-dive.com/portal/upload/iwr.pdf>
- (2) קישור לתרגום מאמר של פול צ'פמן על מודל Buhlmann ZH-L16 :  
<http://www.tek-dive.com/portal/upload/ZH-L16.pdf>
- (3) חניות עומק אריק סי' בייקר (אנגלית):  
<http://www.tek-dive.com/portal/upload/DeepStops.pdf>

Insights on Deep Bounce Dive Safety from the Technical Diving Community.  
Richard L. Pyle Ichthyology, Bishop Museum Honolulu November 2001