כוויות

כוויה היא פגיעה ברקמות הגוף הנגרמת מחום, מחומרים כימיים או מחשמל. היא מתבטאת בשינוי מבני ובלתי הפיך של החלבונים הבונים את העור ועקב כך יש פגיעה בתפקוד העור. פצע כוויה עלול לגרום לירידה בנפח הדם בשל פגיעה בכלי הדם והגברת חדירותם. כוויה יכולה לגרום גם להשפעות מערכתיות כמו הלם תת־נפחי, זיהומים או פגיעה בקנה הנשימה, פגיעות שהן איום גדול יותר על חיי הנפגע מאשר פגיעות חיצוניות או מקומיות. כשההחלמה מהכוויה היא ספונטנית הרקמות המתות נושרות ורקמת אפיתל חדשה מכסה את אזור הכוויה.

הערכת חומרת הכוויה

כוויה יכולה להיות פגיעה פשוטה מאוד או מסכנת חיים או להתחיל כפשוטה ולהידרדר לדרגה של סיכון חיים. חומרת כוויה נקבעת לפי ארבעה גורמים עיקריים: (1) עומק הכוויה (2) שטח הכוויה (3) מקום הכוויה ו־(4) קבוצות סיכון.

(1) עומק הכוויה

עומק הכוויה מחולק לדרגות לפי מספר השכבות שנפגעו (איור 15.2):

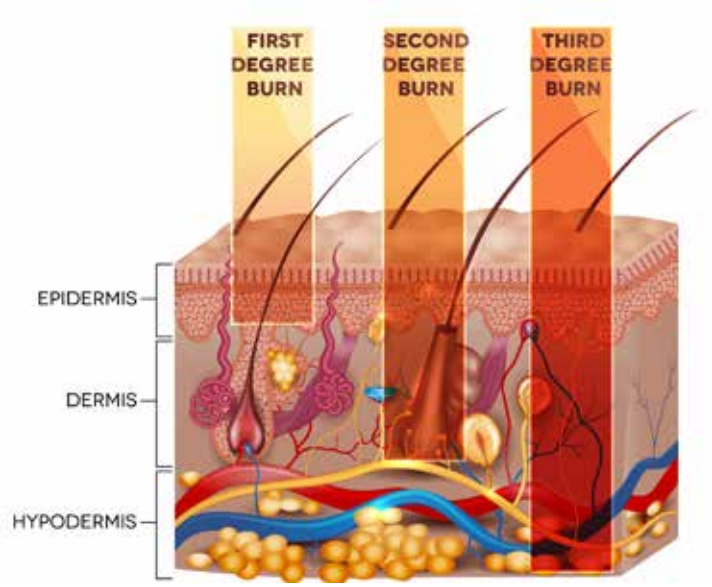
1) **כוויה מדרגה ראשונה** - פגיעה בשכבת העור החיצונית (אפידרמיס) בלבד. הסימפטומים כוללים כאב, אדמומיות ונפיחות קלה. הכוויה תהיה רגישה למגע. כוויה מדרגה זו נגרמת מחשיפה מהירה למקור חום גבוה או מחשיפה ממושכת למקור אנרגיה נמוך יחסית כמו מכת שמש.

2) **כוויה מדרגה שנייה** - פגיעה באפידרמיס ובדרמיס. הסימפטומים כוללים כאב, אדמומיות, נפיחות קלה והופעת שלפוחיות בדרגות שונות: חלק מהשלפוחיות יהיו עם נוזל בתוכן ואחרות ללא נוזל, והן יכולות להופיע במהלך השעות שלאחר הפגיעה. הכוויה כואבת גם ללא מגע. השלפוחיות מופיעות בגלל העלייה בחדירות כלי הדם עקב הפגיעה. מכיוון שאספקת הדם עצמה לא נפגעה העור ילבין כשיופעל עליו לחץ (למשל מגע) ויאדים שוב עם שחרור הלחץ. כוויה מדרגה זו נגרמת מחשיפה למקור חום גבוה כמו מים רותחים.

3) **כוויה מדרגה שלישית** - פגיעה בשלוש שכבות העור: אפידרמיס, דרמיס והשכבה התת־עורית - היפודרמיס. כוויה זו נחשבת לכוויה עמוקה מכיוון שהיא פוגעת גם בשכבות הבסיסיות של העור, דבר שמונע אפשרות של חידוש העור, ולכן תידרש השתלת עור. הפגיעה בסיבים התת־עוריים תשאיר צלקת לאחר ההחלמה. אין אספקת דם לרקמה והיא תהיה לבנה (כצבע השומן) או שחורה (עור חרוך) ונוקשה. מכיוון שגם קצות העצבים נשרפים לא תהיה תחושה של כאב, אם כי שולי הכוויה (מקום שבו הכוויה היא בדרגה 1 או 2) יכאבו. כוויה זו נגרמת מחשיפה למקור חום גבוה במיוחד כמו ברזל מלובן, אש או חשמל. גם כוויות כימיות נחשבות לכוויות מדרגה שלישית.

4) **כוויה מדרגה רביעית** - כוויה עמוקה מאוד הפוגעת בכל שכבות העור והשרירים שמתחתיו. כוויה מדרגה זו מעידה על חשיפה ממושכת למקור חום גבוה, לדוגמה מגע בברזל מלובן. לאחר הכוויה השרירים והאיברים הפנימיים יהיו חשופים לסביבה החיצונית ללא ההגנה המסופקת בדרך כלל על ידי העור.

5) **כוויה מדרגה חמישית** - פגיעה בכל השכבות כולל העצם. האיבר הופך לגוש פחם ומועמד לקטיעה.



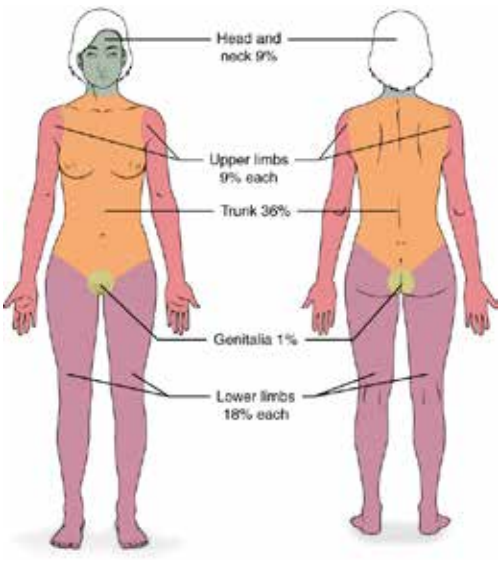
איור 15.2 דרגות העומק של הכוויה

דרגות הכוויה נקבעות לפי מספר שכבות העור שנפגעו. ככל שיותר שכבות נפגעו הכוויה עמוקה וחמורה יותר.

(2) שטח הכוויה וחומרת הכוויה

הסכנות העיקריות מכוויה הן איבוד נוזלים וכניסת מזהמים. ככל שהשטח הנפגע גדול יותר, כך כמות הנוזלים האובדת גדולה יותר והסיכוי לזיהום גדל. מכיוון שכך, חשוב מאוד להתייחס לשיעור השטח שנפגע. שיטה בסיסית לחישוב שיעור השטח שנפגע היא "שיטת כף היד". שטח כף היד של הנפגע (ללא האצבעות) הוא 1% מכלל שטח הפנים של העור שלו, ולכן מספר הפעמים שכף היד מכסה את אזור הכוויה זה אחוז הכוויה.

שיטה מהירה יותר היא שיטת התשיעיות (איור 15.3). בשיטה זו הגוף מחולק ל־11 אזורים שכל אחד הוא 9% משטח העור. האזורים הם: הראש, החזה, הבטן, הגב העליון, הגב התחתון, שתי הידיים, שתי הירכיים, שני השוקיים. ואיברי המין 1%. זו החלוקה במבוגרים. אצל ילדים, משום שהגודל היחסי של האיברים שונה, תהיה חלוקה שונה.



איור 15.3 שיטת התשיעיות לחישוב שטח הכוויה (Rule of 9's)

חישוב אחוז שטח הכוויה בגוף על פי אזורים שונים. מחולק ל־9% ומכפלותיו (למעט אזור איברי המין שהוא 1%).

(מזכה: OpenStax College, Anatomy & Physiology, Connexions Web site. http://cnx.org/content/col11496/1.6/, Jun 19, 2013., CC BY 3.0)

חומרת הכוויה נקבעת לפי שילוב של שני מדדים: שטח הגוף שנכווה (body surface area: BSA) ועומק הכוויה.

- שטח הגוף (BSA) שנפגע:
  - קטן = פחות מ־15% BSA
  - בינוני = 15%-49% BSA
  - גדול = 50%-69% BSA

א) דירוג עומק הכוויה: מ־1 עד 4.

- כוויה תיחשב קשה אם היא יותר מ־10% בדרגה 3 או מעל 40% בדרגה 2.

(3) מקום הכוויה

גורם נוסף המשפיע על חומרת הכוויה הוא מקומה בגוף. אחד המקומות החשובים ביותר שיש להתייחס אליהם הוא אזור הפנים והצוואר. כאשר יש כוויה נפגעת היכולת לשמור את הנוזלים בתוך הרקמות, מצב שמתבטא בשלפוחיות. בריריות זה מתבטא בבצקות שיכולות לחסום את דרכי האוויר. כוויות בקנה הנשימה הן בדרך כלל תוצאה של שאיפת עשן ותוצרי בעירה שיכולים לפגוע בריריות מערכת הנשימה. שאיפת אדים חמים (קיטור) היא הסיבה השכיחה לפגיעה בדרכי הנשימה התחתונות. בכל מקרה, שאיפת גזים חמים תגרום לפגיעת חום בדרכי האוויר התחתונות ולחסימה מיידית של דרכי האוויר העליונות, לבצקת בקנה הנשימה ולכשל מתמשך של הנימים בנאדיות. כל זה יקרה בעיקר אם בעשן מעורבים חומרים כימיים כמו CO, תוצרי בעירת פלסטיק וציאניד.

יכולה להיות גם פגיעה במכניזם של הנשימה עצמה אם יש כוויות נרחבות באזור החזה. במקרה זה, נוסף על הפגיעה הפיזית בבית החזה, תהליך הנשימה מלווה בכאב שיגרום למטופל להימנע מנשימה עמוקה. אם מדובר בכוויה מדרגה שלישית, יש גם בעיה של היווצרות גלד. גלד (תמונה 15.1) הוא האזור הקשה והלא גמיש שנוצר עקב כוויה בדרגה שלישית. מצב זה יפגע ביכולת בית החזה להתרחב והוא אף עלול למנוע לחלוטין תנועה של בית החזה ואז תהיה סכנה של חנק עקב הפסקת הנשימה. אם יש כוויה היקפית מסביב לגפה (יד או רגל), כאשר הגלד יתקשה הוא יהפוך להיות חוסם עורקים שיסכן את הגפה כולה. הגפיים אינן מקום מסוכן מבחינת הכוויה רק בגלל הסכנה לגלד אלא גם בגלל רגישות מקומית גדולה. כפות הידיים והרגליים הן מקומות רגישים ביותר (עצבוב מפותח) וכוויות בהן דורשות התייחסות כירורגית מיוחדת. בעיה נוספת היא בעיית הגישה לווריד בגפיים לצורך מתן נוזלים ותרופות. גם אזור המפשעה נחשב רגיש מאותה סיבה.

תמונה 15.1 גלד

גלד הוא אזור קשה שנוצר לאחר פגיעה בעור. אם הגלד נמצא בבית החזה, יכולת התזוזה של בית החזה תיפגע; תופעה זו מסוכנת מכיוון שהיא עלולה לפגוע ביכולת לנשום.

(4) קבוצות סיכון

פגיעה נרחבת בעור מלווה בשני סיכונים: התייבשות עקב איבוד נוזלים וזיהום בגלל חשיפה מרובה לסביבה החיצונית ללא הגנה של העור. חשיפה כזו אינה טבעית, ולגוף הבריא יהיה קשה להתמודד, בפרט אם זו פגיעה נרחבת מאוד, קל וחומר כשמדובר בגוף שמערכות ההגנה שלו

חלשות יחסית ואף במצב רגיל הוא מועד לזיהום. לקבוצות הסיכון שייכים אנשים שגם במצב רגיל מערכות ההגנה שלהם חלשות: זקנים, ילדים, תינוקות וחולים כרוניים. כל פגיעה נוספת בכוויה עצמה (טראומה וכדומה) מחמירה את המצב, במיוחד אם מדובר בבעיות במערכת הנשימה כמו אסתמה.

כוויות חשמל וכוויות כימיות

יש שני סוגי כוויות מיוחדות שיש לתת עליהן את הדעת: כוויות חשמל וכוויות כימיות.

את זרם החשמל מחלקים לשני סוגים - זרם חילופין (AC) וזרם ישר (DC). זרם AC הוא הזרם המסופק לרוב הבתים בעולם, ואילו זרם DC הוא הזרם המופק מסוללות והוא נמצא למשל במכשירים קטנים שאינם מחוב־רים לזרם החשמל או במכונית. עוצמת המתח החשמלי AC בחשמל הביתי גבוהה הרבה יותר: 120-220 וולט לעומת 1.5-3 וולט בסוללה. לכן כוויה מזרם AC מסוכנת הרבה יותר (כי הזרם גבוה הרבה יותר). בעמודי מתח גבוה המתח יכול להגיע לעשרות אלפי וולט והזרם העובר בהם גבוה הרבה יותר.

הארקה - היא המצב שבו הזרם החשמלי עובר מהמקור החשמלי אל האדמה. בכל מנגנון חשמלי תקין יש הארקה שהיא מנגנון בטיחות כדי למנוע התחשמלות, אבל אם אדם נוגע בזרם ישירות, גופו יהפוך להיות הנתיב להארקה והזרם יעבור דרך הגוף אל האדמה, מה שיגרום לכוויות קשות ולהפרעות הולכה בלב.

כוויית חשמל

זו כוויה הנגרמת מזרם חשמל המגיע עד 5,000°C (מעלות צלזיוס) (שילוב של זרם גבוה ומתח גבוה מעל 100 ואט). מכיוון שרוב ההתנגדות לחשמל נמצאת בעור, פגיעת החשמל תופיע בעור וברקמות שמתחתיו והיא יכולה להיות בגודל ובעומק רבים. הסימפטומים של כוויית חשמל הם נמק מתמשך והשלה של גלדי עור גדולים ועמוקים יותר מבכוויות אחרות או יותר משהעיד הפצע המקורי. פגיעת חשמל ממקור זרם חילופין (AC) היא קשה יותר ויכולה לגרום לשיתוק מיידי של מערכת הנשימה, להפרעות קצב חדריות או לשניהם גם יחד. פגיעות חשמל מזוהות על ידי שתי כוויות נקודתיות: פתח כניסה באזור המגע עם הגורם המחשמל ופתח יציאה באזור הסמוך להארקה (בדרך כלל דרך כף הרגל כי הקרקע משמשת הארקה) ומאופיינות בכך שהן כוויות מדרגה שלישית ממוקדות בלי אזורי דרגה 2 ו־1 מובהקות מסביב (ולכן יש אפשרות שלא תהיה תחושת כאב).

כוויות כימיות

כוויות מחומר כימי בסיסי או מחומצה חזקה: חומצה קרבונית, פניל מתילי (תרכובת נוזלית המופקת בתהליכים אורגניים מברום ומשמשת חומר חיטוי), גז חרדל או זרחן. כל החומרים האלה יוצרים נמק שמתפשט באיטיות במשך שעות בשל תגובת החומר הכימי עם רקמות הגוף. שלא כמו בכוויות חום וחשמל, כוויה כימית מתמשכת כל עוד החומר הכימי קיים בגוף, גם אם הנפגע התרחק ממקור הסכנה.

כוויות כימיות יכולות להיגרם גם מחומרי ניקוי ביתיים כגון: חומצת מלח, חומצה לניקוי אסלות, מנקה תנורים, פותח סתימות וכדומה.

כוויות כימיות חמורות יכולות להיגרם במפעלים פטרוכימיים עקב דליפה או פיצוץ. הן עלולות להיגרם גם מתאונה של משאיות שמובילות חומרים כימיים.

הטיפול בכוויות

(1) בטיחות (S)

הטיפול הראשוני והמיידי הוא הרחקתו של הנפגע ממקור הכוויה בצורה בטיחותית (בין אם מדובר במקור חום, חשמל או חומר כימי). יש לדאוג להסרה של כל הבגדים, בייחוד החרוכים, כמו חולצות מחומר סינתטי או כאלה הספוגים בזפת חמה. כמו כן, יש להוריד טבעות, צמידים וכדומה שעלולים להיות חוסם עורקים עם התפתחות הבצקת. חומרים כימיים יש להבריש מהגוף ואחר כך לשטוף בכמויות גדולות של מים זורמים. יש לשים דגש מיוחד על שימוש במים זורמים דווקא מכיוון שמים שבאו במגע עם החומר הכימי הם מזוהמים, ולכן אסור לגעת בהם. יש לשטוף בזרימה את הכוויה הכימית עד שכל שאריות החומר הכימי הוסרו. כוויה מזרחן יש לשטוף בתמיסת נחושת גופריתית 1% כדי לעטוף ולבודד כל חלקיק זרחן. בהמשך מטפלים בכוויות מסוג זה כמו בכל כוויית חום באותו גודל ועומק. אם מדובר בנפגע מהתחשמלות, יש לוודא שזרם החשמל מנותק לפני שניגשים לזירה. יש לוודא שהמפסק הראשי של האזור הורד ובמידת הצורך אף לערב את חברת החשמל (סילוק כבלי מתח גבוה שנקרעו וכדומה).

(2) נתיב אוויר פתוח (A)

בפגיעות אש או עשן יש לספק מייד חמצן בריכוז גבוה כדי להעלות את רמתו בדם ולסייע בסילוק ה־CO שנקשר חזק יותר להמוגלובין. בנפגע עשן יש לדאוג מייד לנתיב אוויר חלופי - טובוס, עוד לפני שתתחיל הבצקת (כי כשתהיה בצקת אינטובציה עלולה להיות בלתי אפשרית), יש לבצע אינטובציה או לחבר למערכת CPAP. אינדיקציה מוחלטת לאינטובציה היא נשימה שטחית ומהירה עם טכיפניאה הגדולה מ־30 נשימות לדקה או ברדיפניאה הקטנה מ־8 נשימות לדקה; כמו כן, אם מתח החמצן קטן מ־60 ממ"כ, הסטורציה נמוכה מ־90% או מתח פחמן דו־חמצני גדול מ־50 ממ"כ. התוויה יחסית לאינטובציה תהיה שריפה במקום סגור, שערות אף חרוכות, רירית פה מפויחת, שיעול (סטרידור)*, חוסר שקט או לוחמנות. אם מנגנון הנשימה נראה תקין, אפשר לספק חמצן באמצעות מסכת פנים או מערכת CPAP (continuous positive airway), אך חובה להשגיח על הנפגע כי הבצקת עלולה להתפתח מאוחר יותר.

(3) החזרת נוזלים וטיפול בכאב

כוויה יכולה לגרום לאיבוד נוזלים רב, ולכן יש להשיבם בהקדם. הלם תת־נפחי צפוי להתפתח אצל נפגעי כוויות עם כוויות נרחבות מדרגה 2 או 3 הגדולות מ־25% BSA או גדולות מ־30% BSA בילדים. במצב של הלם תת־נפחי יש לוודא מייד את השלמת נפח הדם באמצעות פתיחה של שני ורידים פריפריים וכן וריד מרכזי. ייתכן שבשלב הראשוני לא יהיה צורך בוריד מרכזי, אך פתיחתו בהמשך תהיה בעייתית בשל התפתחות בצקת. בלית ברירה, ורק כאפשרות אחרונה, ייפתחו הוורידים מבעד לפצע הכוויה למרות סכנת הזיהום. בבית החולים יש לעשות בדיקות דם כדי לקבוע

תמונה 15.2 כף רגל עם כוויה

האזור הפגוע יכול להיות מקום אופטימלי להתרבות חיידקים בגלל הרקמה המתה, החום והלחות.

* סטרידור הוא שיעול הנשמע כמו נביחה

רמות HB, HCT, אלקטרוליטים, סוג דם והצלבה. אם נפגע כוויות מידרדר להלם כבר בדקות הראשונות, יש לחשוד בדימומים פנימיים ויש לחפש גורם להלם, מלבד הכוויות.

העמסת נוזלים לנפגע כוויות תתבצע לפי נוסחת פרקלנד (Parkland) שאומרת שב־24 השעות הראשונות לאחר האירוע יש להחזיר 4 מ"ל נוזלים לכל ק"ג משקל גוף, כפול שטח הכוויה באחוזים. ומחצית הכמות הזו צריכה להינתן תוך 8 שעות מהאירוע. המחצית השנייה תינתן בקצב המותאם למצב המטופל. זו הנוסחה:

first 24 hours = 4ml x body weight (kg) x BSA

נוזלים ב־24 השעות הראשונות = 4 מ"ל x משקל הגוף (בק"ג) x BSA

בכאב מכוויות קלות אפשר לטפל בקודאין 30-60 מ"ג הניתן דרך הפה (פומי) או תת־לשוני. אפשרות נוספת היא אספירין 650 מ"ג דרך הפה (פומי) מדי 4-6 שעות. חשוב לשים לב להתוויות נגד, בייחוד כשיש חשש לדימום. בכוויות קשות המלוות בכיווץ כלי דם פריפרים אפשר להקל את הכאב באמצעות מתן פנטניל/קטמין.

(4) סכנות עתידיות למטופל עקב זיהום ואיבוד חום

זיהום - לאחר הטיפול בנתיב האוויר והחזר הנוזלים יש להתייחס גם לנושא הסכנה העתידית והיא זיהום. זיהום מתפתח כשיש פגיעה באפידרמיס. הרקמות המתות, החום והלחות במקום הכוויה (תמונה 15.2) משמשים מצע עשיר לצמיחת חיידקים. תחילה יופיעו חיידקים מסוג סטרפטוקוקוס וסטפילוקוקוס ולאחר כשבוע יתווספו חיידקים מתגים גראם־שליליים (Gram-negative bacteria). יש לשטוף את הפצע ולשמור על סטריליות של אזור הכוויה. יש לאבחן בעיות ופתרונות רפואיים בנפגעי כוויות מייד לאחר החייאת הנוזלים. אבחון כזה יכלול היסטוריה רפואית מפורטת של הנפגע עם הערכה קפדנית של הפציעה ושאר מדדי המטופל. זריקת דחף לטטנוס תינתן לנפגעי כוויות שקיבלו זריקת טטנוס יותר מ־5 שנים קודם לפציעתם. מטופלים שאינם מחוסנים יקבלו חיסון סביל של זריקת טטנוס. עליה אפשר לחזור כל שישה שבועות במקרה הצורך. יש לבחון היטב את סביבת האירוע כדי שאפשר יהיה לספק מידע חשוב לבית החולים, לשטוף את הפצע ולשמור על סטריליות (או לפחות ניקיון) באזור הכוויה.

איבוד חום - אחד מתפקידי העור הוא ויסות חום הגוף. הרס רקמת העור יכול להוביל לבריחת חום, לכן מבצ־עים מעקב קפדני אחרי חום גופם של נפגעי כוויות, מכיוון שהיפותרמיה עלולה להופיע כששטח הכוויה נרחב. טמפרטורת ליבה הנמוכה מ־ 36°C תטופל באמצעות הרטבה חיצונית ומתן שתייה של נוזלים מחוממים. טמפרטורת ליבה הנמוכה מ־30°C עלולה לגרום להפרעות קצב קטלניות. מטופלים אלו יחוממו באיטיות וסימנים חיוניים ינוטרו ללא הפסקה.

נפגעי כוויות עם רקע של מחלות לב או כליה

אם לנפגע יש מחלות או פגיעות נוספות (עם או בלי קשר לאירוע הכוויה) יש להתייחס גם לפגיעות אלה. יש לשים לב לנפגעים עם מחלות לב או כליות. במטופלים אלה יש הגבלה במתן נוזלים. מתן נוזלים, אלקטרוליטים וקולואידים מוגבל עד ליצירת תפוקת שתן מספיקה (0.5 מ"ל לק"ג לשעה) במבוגר. יש להימנע מהצפת המטופל בנוזלים. יש לנטר לחץ דם, דופק, חום גוף, אק"ג וגזים בדם אצל זקנים או חולים במחלות לב או כליה.

רוב הפרעות הקצב נגרמות מתת־נפח דם, מהיפוקסיה, מחמצת או מהיפרקלמיה. יש לטפל בהפרעות אלה אם הן מופיעות לפני השימוש בתרופות קרדיאליות, למעט במצבים של פרפור חדרים (VF) או טכיקרדיה ללא דופק (VT) הדורשים טיפול מיידי. משחת Silver Nitrate 0.5% המיועדת לטיפול בזיהום הנוצר בכוויות היא משחה היפוטונית הסוחבת נתרן וכלור ומוציאה אשלגן מהרקמות החוצה אל התחבושות, ובכך עוזרת להוריד את הבצקת. מצד שני ירידה בריכוז יסודות אלו עלול לגרום להיפונתרמיה, להיפוכלורמיה (ירידה ברמת הכלור בדם) ולבססת היפוכלורמית.

כוויות פשוטות

כוויות פשוטות הן כוויות שטחיות המכסות שטח גוף קטן, ללא מעורבות של מערכת הנשימה ושאינן מחייבות בדרך כלל טיפול בבית החולים.

הקריטריונים לקביעת כוויה שטחית קטנה הם:

- כוויה מדרגה 1 ו־2 קטנה מ־15%-20% BSA במבוגרים או קטנה מ־10% BSA אצל ילדים
- כוויות בינוניות ועמוקות מדרגה 2 הקטנות מ־10% BSA
- כוויות מדרגה 3 הקטנות מ־1% BSA

על הנפגע להגיע לבדיקה בבית החולים במקרים האלה:

- הכוויה אינה נרפאת באופן ספונטני עד 3 שבועות מיום הפציעה
- הפגיעה היא בפנים, בכפות הידיים, ברגליים ובפרינאום
- הטיפול המקומי אינו מגיב
- גיל המטופל מעל 70 שנה או פחות משנתיים

הטיפול בכוויות פשוטות

כוויות קטנות שוטפים מייד במים קרים וסבון ומרחיקים שרידי לכלוך. אם הלכלוך שקוע בתוך פצע הכוויה יש למרוח משחה אנטיביוטית לפי המלצת רופא ולכסות בגזה סטרילית ותחבושת.

1) מרחיקים מגורם הכוויה, תוך דגש רב על בטיחות
2) מעריכים ABC ומטפלים בבעיות מיידיות
3) מסירים בגדים, תכשיטים וכדומה במידת הצורך
4) מתייחסים לנתיב אוויר, מספקים חמצן ואינטובציה מניעתית
5) מחזירים נוזלים בהתאם
6) שוטפים את הכוויה ושומרים על סטריליות/ ניקיון
7) מכסים את הנפגע לשמירה על חום גופו
8) מפנים לבית חולים לפי הסוג הכוויה
9) מתייחסים לבעיות נלוות או לבעיות רקע

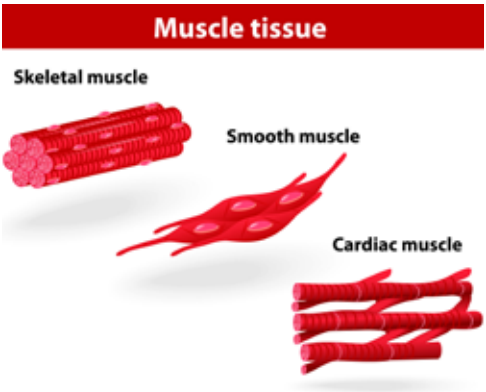
מערכת השרירים

היכולת להשתמש באנרגיה כימית ליצירת כוח ותנועה קיימת בצורה מוגבלת ברוב התאים ובמיוחד בתאי השריר שזהו תפקידם העיקרי. רקמת השריר בנויה בצורה המאפשרת לה כיווץ יעיל היוצר כוח ומאפשר תנועה. יש שלושה סוגי שריר עיקריים: שריר משורטט, שריר חלק ושריר הלב (איור 15.4).

שריר משורטט

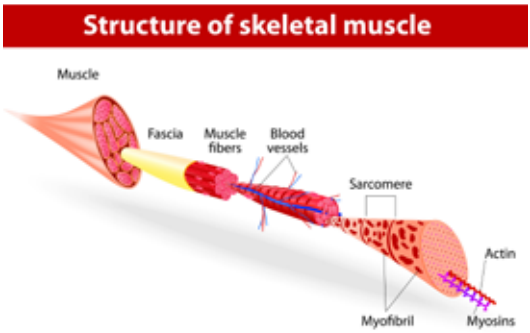
שרירים משורטטים מכונים גם שרירי השלד, והם השרירים הרצוניים המופעלים על ידי מערכת העצבים הסו־מטית. הם בנויים מסיבים ארוכים שהם למעשה תאי שריר רבים המחוברים יחד. השריר עצמו הוא כמה סיבים הקשורים יחד (איור 15.5), והוא מתחבר לעצמות באמצעות גידים. במיקרוסקופ נראים תאי השריר משורטטים, מבנה שנובע מסידור מיוחד של סיבי אקטין (actin) ומיוזין (myosin) המאפשרים ייצור כוח רב ומהיר המאפשר את התנועה האופיינית לשרירי שלד.

כל מקטע בין שני פסים לרוחב התא הוא יחידת כיווץ הנקראת סרקומר (sarcomere) (איור 15.6). הקווים בין הסרקומרים מכונים קווי Z (Z-lines) בגלל צורתם המזוגזגת. משני צידי ה־Z-lines יוצאים סיבים דקים הנק־ראים סיבי אקטין. בין סיבי האקטין, במרכז הסרקומר נמצאים סיבים עבים שהם סיבי מיוזין. הסיבים חופפים בחלקם. הסרקומר מחולק לאזורים לפי החפיפה בין הסיבים. האזורים בקצות הסרקומר, מקום שבו יש סיבי אקטין בלבד, מכונה פסי I (I-band). לידם נמצאים פסי A (A-band) שהם החלק שבו סיבי האקטין והמיוזין חופפים. מרכז הסרקומר, במקום שבו המיוזין אינו חופף לאקטין (אין אקטין), נקרא אזור H (H-zone).



איור 15.4 סוגי השרירים

שריר שלד, שריר משורטט (skeletal muscle)
שריר חלק (smooth muscle)
שריר הלב (cardiac muscle)



איור 15.5 מבנה שריר משורטט

מימין לשמאל: אקטין (actin) ומיוזין (myosin) מרכיבים מיופיברילה ← מיופיברילות מרכיבות סיב שריר ← כל סיב מצופה רקמת חיבור, פאסיה (fascia) ← סיבים רבים מרכיבים רקמת שריר.

הכיווץ מתבצע על ידי החלקה של הסיבים זה על זה כאשר בזמן כיווץ הסרקומר מתקצר והאזור החופף של הסיבים (פסי A, A-band) גדל. ההרפיה קורית כאשר הסיבים מתרחקים זה מזה, הסרקומר מתרחב והחפיפה (A-band) קטנה. כיווץ של כל הסרקומרים לאורך השריר בבת אחת יתבטאו בכיווץ של השריר כולו. המקום שבו ראש סיב המיוזין נקשר לאקטין נקרא גשר (cross bridge). בעזרת ATP (adenosine triphosphate), יש