

กรดกัดแก้ว

Hydrofluoric Acid

ธนพล นิมสมบุญ, ภ.บ., ภ.ม.(เภสัชกรรมชุมชน)
ฝ่ายเภสัชกรรม โรงพยาบาลศิริราช
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้พิมพ์หลัก e-mail: thanapon.nim@mahidol.edu

นันทนา นิมสมบุญ, ภ.บ., ภ.ม.(เภสัชกรรมชุมชน)
ฝ่ายเภสัชกรรม โรงพยาบาลศิริราช
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
e-mail: nuntana.nim@mahidol.ac.th

Thanapon Nimsomboon, B.Sc. in Pharm.,
M.Pharm. (Community Pharmacy)
Pharmacy Department, Siriraj Hospital
Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University
Corresponding author e-mail: thanapon.nim@mahidol.edu

Nuntana Nimsomboon, B.Sc. in Pharm.,
M.Pharm. (Community Pharmacy)
Pharmacy Department, Siriraj Hospital
Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University
e-mail: nuntana.nim@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

กรดกัดแก้วหรือกรดไฮโดรฟลูออริก เป็นกรดอ่อนที่มีความเป็นพิษที่รุนแรง ผู้ป่วยสัมผัสกรดกัดแก้วได้หลายช่องทาง ได้แก่ ทางผิวหนัง ทางดวงตา ทางทวารหนัก การสูดดม และการรับประทาน พบว่า ผู้ป่วยส่วนใหญ่สัมผัสกรดกัดแก้วทางผิวหนัง โดยกรดกัดแก้วจะดูดซึมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อใต้ชั้นผิวหนัง และแตกตัวออกเป็น ไฮโดรเจนไอออน และ ฟลูออไรด์ไอออน ต่อมา ฟลูออไรด์ไอออนจะจับกับแคลเซียมไอออนในเลือดอย่างรวดเร็ว ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำ และผู้ป่วยจะมีอาการปวดอย่างรุนแรง กรณีที่สัมผัสกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 20 เป็นบริเวณกว้างมากกว่าร้อยละ 2.5 ของพื้นที่ผิวกาย อาจเกิดอาการพิษต่อระบบอื่น ๆ ของร่างกายซึ่งมีความรุนแรงถึงแก่ชีวิตได้ ยาที่ใช้เป็นยาด้านพิษ คือ แคลเซียมกลูโคเนต ซึ่งสามารถนำมาเตรียมเป็นแคลเซียมกลูโคเนตที่มีรูปแบบและความแรงที่เหมาะสมในการรักษาผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้วผ่านทางช่องทางต่าง ๆ ผู้ป่วยควรได้รับการตรวจดูลักษณะรอยโรค การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และการตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือด โดยเฉพาะผู้ป่วยที่รับประทานกรดกัดแก้ว หรือ ผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้วที่ผิวหนังเป็นบริเวณกว้าง หรือ ผู้ป่วยที่สูดดมก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ หรือ

Abstract

Hydrofluoric acid (glass etching acid) is a weak acid with a strong toxicity. Patients can be exposed to glass etching acid through various routes, including skin or eye exposure, inhalation and ingestion. Most patients exposed by skin exposure. Hydrofluoric acid is absorbed into the deeper tissues and broken down into hydrogen ions and fluoride ions. Fluoride ions avidly bind to blood calcium ions, resulting in low blood calcium levels and severe pain. The patients who exposed to hydrofluoric acid with a concentration greater than 20% over a wide area (> 2.5% of the body surface area) may develop systemic toxicity, which can be life-threatening. The antidote for treatment of hydrofluoric acid poisoning is calcium gluconate which can be prepared in an appropriate dosage form and strength for individual patient treatment. The skin lesions, electrocardiogram and serum electrolyte should be investigated in patients with hydrofluoric acid ingestion, exten-

ไอระเหยของกรดกัดแก้วเป็นเวลานาน หากมีคลื่นไฟฟ้าหัวใจผิดปกติควรให้การรักษาโดยให้แคลเซียมกลูโคเนตทางหลอดเลือดดำทันที โดยไม่ต้องรอผลการตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือด

sive skin exposure and prolonged inhalation of hydrogen fluoride gas or hydrofluoric acid fumes. In the presence of abnormal electrocardiogram, intravenous calcium gluconate should be administered immediately without waiting for the results of blood electrolyte level test.

คำสำคัญ: กรดกัดแก้ว; กรดไฮโดรฟลูออริก; แคลเซียมกลูโคเนต

Keyword: glass etching acid; hydrofluoric acid; calcium gluconate

การอ้างอิงบทความ:

ชนพล นิมสมบูรณ์, นันทนา นิมสมบูรณ์. กรดกัดแก้ว. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล. 2565;32 (1):28-38.

Citation:

Nimsomboon T, Nimsomboon N. Hydrofluoric acid. Thai J Hosp Pharm. 2022;32 (1):28-38.

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ผู้อ่านจะได้รับหลังจากการอ่านบทความ

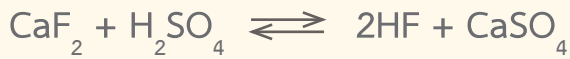
1. มีความรู้เกี่ยวกับภาวะพิษจากกรดกัดแก้ว
2. สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการรักษาผู้ป่วยที่เกิดภาวะพิษจากกรดกัดแก้ว

บทนำ

กรดกัดแก้ว หรือ กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid, HF) เป็นกรดที่มีความสามารถในการละลาย silica ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของแก้ว จึงเป็นที่มาของชื่อ “กรดกัดแก้ว” จากข้อมูลทางประวัติศาสตร์พบว่า เริ่มมีการใช้กรดกัดแก้วตั้งแต่ปี ค.ศ.1529 โดย Georgius Agricola กล่าวถึงการใช้สินแร่ฟลูออไรต์ (fluorite, fluor spar) ซึ่งมี ฟลูออรีน (fluorine) เป็นส่วนประกอบ เพื่อลดจุดหลอมเหลวของสินแร่อื่นหลายชนิด ทำให้ประหยัดเวลาและเชื้อเพลิงในการถลุงแร่ ต่อมาในปี ค.ศ.1670 Heinrich Schwanhard ซึ่งเป็นศิลปินในเมือง Nuremberg ประเทศเยอรมนี พบว่า เมื่อเติมกรดแก่ลงในสินแร่ฟลูออไรต์จะเกิดก๊าซบางชนิด ซึ่งมีความสามารถในการกัดแก้ว และนำมาสร้างผลงานทางศิลปะเป็นชิ้นงานแก้วที่มีลวดลายต่าง ๆ ต่อมาในปี ค.ศ.1780 Carl Wilhelm Scheele ซึ่งเป็นนักเคมีชาวสวีเดน ได้ศึกษาก๊าซที่มีความสามารถในการกัดแก้วดังกล่าว พบว่ามีคุณสมบัติเป็นกรด จึงตั้งชื่อว่ากรดฟลูออริก (fluoric acid) ต่อมา

ในปี ค.ศ.1810 มีการค้นพบธาตุคลอรีน (chlorine) และฟลูออรีน ซึ่งเป็นธาตุในหมู่แฮโลเจน (halogen) จึงมีการเปลี่ยนชื่อจากกรดฟลูออริกเป็นกรดไฮโดรฟลูออริก ซึ่งใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน^{1,2} ปัจจุบันมีการนำกรดกัดแก้วมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การทำความสะอาดก่อนอัญมณี การกัดซิลิกา (silica) ที่เป็นวัตถุดิบในการทำแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การพอกหนัง การกัดสนิมโลหะ การทำความสะอาดกระเบื้อง การทำความสะอาดหินอ่อนและหินทราย การให้บริการทำความสะอาดรถยนต์ การผลิตฟีนอลอม สารเคมีในห้องปฏิบัติการ และใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เป็นต้น^{2,3}

กรดกัดแก้วเป็นกรดอนินทรีย์ที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างฟลูออไรต์หรือแคลเซียมฟลูออไรต์ (calcium fluoride, CaF_2) กับกรดซัลฟูริก (sulfuric acid, H_2SO_4) เกิดเป็นกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid, HF) ในสถานะก๊าซ ซึ่งเมื่อถูกทำให้เย็นลง จะเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเป็นของเหลว ดังแสดงในรูปที่ 1⁴



รูปที่ 1 ปฏิกิริยาทางเคมีในการสังเคราะห์กรดกัดแก้ว⁴

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช เคยได้รับรายงานว่ามีส่วนประกอบเป็นกรดกัดแก้ว ได้แก่ น้ำยาเซ็ดกระจก (บางชนิด) น้ำยาทำความสะอาดอ่างอาบน้ำและสุขภัณฑ์ (บางชนิด) น้ำยากัดสนิม (บางชนิด) น้ำยาที่ใช้เซ็ดทำความสะอาดโครเมียมในร้านทำความสะอาดรถยนต์ และกรดกัดแก้วที่ใช้ทำชิ้นงานกัดกระจกหรือแก้วให้มีลวดลายต่าง ๆ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของกรดกัดแก้ว

- สูตรโครงสร้างทางเคมี³ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดกัดแก้ว³

- ชื่อทางเคมี³: กรดไฮโดรฟลูออริก
- ชื่ออื่น^{3,5}: กรดกัดแก้ว กรดกัดลายกระจก กรดกัดสนิม ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (hydrogen fluoride), fluorohydric acid, aqueous hydrogen fluoride, fluorwasserataffsäuve, acide hydrofluorique, acide fluorhydrique, acide fluorique และกรดฟลูออริก
- ลักษณะทางกายภาพ^{3,5}: ก๊าซหรือของเหลวใส ไม่มีสี (มีสีเขียวในรายงานบางฉบับ) มีกลิ่นฉุนอย่างรุนแรง
- มวลโมเลกุล⁶: 20.01
- จุดเดือด⁶: 20 องศาเซลเซียส (68 องศาฟาเรนไฮต์) ที่ 760 มิลลิเมตรปรอท
- จุดเยือกแข็ง⁶: -83 องศาเซลเซียส (-117.4 องศาฟาเรนไฮต์)
- ความถ่วงจำเพาะ⁶: 0.99 (ที่อุณหภูมิ -7 องศา

เซลเซียส หรือ 19.4 องศาฟาเรนไฮต์) หรือ 1 (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือ 68 องศาฟาเรนไฮต์)

- ความหนาแน่น⁶: 1.002 (ที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส)
- ความเป็นกรดต่าง⁶: เป็นกรดอ่อน มีค่า pKa = 3.15
- ค่าการละลาย⁶: เข้ากับน้ำได้ ละลายในแอลกอฮอล์และตัวทำละลายอินทรีย์หลายชนิดได้ดี
- ความสามารถในการติดไฟ⁶: ไม่ติดไฟ

อันตรายจากการสัมผัสกรดกัดแก้ว

American Association of Poison Control Centers (AAPCC) ได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2558 พบว่า มีผู้ที่สัมผัสกรดกัดแก้วจำนวน 2,761 คน ในจำนวนนี้มีผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตจำนวน 6 คน² และจากข้อมูลของศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช รวบรวมตั้งแต่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2562 - 31 สิงหาคม พ.ศ. 2564 พบว่า มีผู้ป่วยที่สงสัยว่าสัมผัสกรดกัดแก้วจำนวน 2 คน ซึ่งเป็นการสัมผัสโดยอุบัติเหตุทั้งหมด และไม่มีผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงจนถึงแก่ชีวิต

อันตรายจากกรดกัดแก้วจะเกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ ผิวหนัง ดวงตา ระบบทางเดินหายใจ และระบบทางเดินอาหาร^{2,3} จากรายงานในต่างประเทศ และข้อมูลของศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช พบว่า ผู้ป่วยเกิดอันตรายจากกรดกัดแก้วจากการสัมผัสทางผิวหนังมากที่สุด^{7,8} ความเข้มข้นของกรดกัดแก้วที่พบบ่อย ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 8, 20, 50 และ 70³ โดยกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นสูงจะพบการใช้ในอุตสาหกรรม ส่วนกรดกัดแก้วที่ขายตามท้องตลาดจะมีความเข้มข้นร้อยละ 6-12⁷

พยาธิสรีรวิทยา

เมื่อกรดกัดแก้วสัมผัสร่างกายด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสัมผัสทางผิวหนัง การสัมผัสบริเวณดวงตา การรับประทาน การสูดดม และการสัมผัสทางทวารหนัก กรดกัดแก้วจะดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยมีค่าสัมประสิทธิ์การ

ซึมผ่าน (permeability coefficient) เท่ากับ 1.4×10^{-4} เซนติเมตรต่อวินาที เมื่อกรดกัดแก้วซึมผ่านเข้าไปภายในเนื้อเยื่อของร่างกาย กรดกัดแก้วจะแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออน (H^+) และ ฟลูออไรด์ไอออน (F^-) หลังจากนั้น ฟลูออไรด์ไอออน จะเข้าจับ calcium ions (Ca^{2+}) และ magnesium ions (Mg^{2+}) ที่มีอยู่ทั้งภายในเซลล์ และภายนอกเซลล์อย่างรวดเร็ว เกิดเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำของแคลเซียมฟลูออไรด์ และ แมกนีเซียมฟลูออไรด์ กระบวนการเหล่านี้จะรบกวนสมดุลภายในเซลล์ หากปล่อยไว้จะทำให้เซลล์ตาย²

การรบกวนสมดุลของแคลเซียมไอออนที่เซลล์ในเนื้อเยื่อนี้ เป็นการกระตุ้นเส้นประสาทให้เกิดความรู้สึกปวด นอกจากนี้การรบกวนสมดุลของแคลเซียมไอออนจะทำให้เกิดการหดเกร็งของหลอดเลือด (vasospasm) จนเกิดภาวะขาดเลือด ปัจจัยเหล่านี้จะส่งเสริมกันทำให้ผู้ป่วยเกิดความรู้สึกปวดอย่างรุนแรง นอกจากนี้ ฟลูออไรด์ไอออน จะจับกับ แคลเซียมไอออน ในกระแสเลือดอย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำ²

อาการแสดง

อาการแสดงในผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้ว ประกอบด้วย อาการพิษเฉียบพลัน และอาการพิษระยะยาว

อาการพิษเฉียบพลัน

อาการพิษเฉียบพลันที่เกิดขึ้นหลังสัมผัสกรดกัดแก้วขึ้นกับวิธีการสัมผัส ดังนี้

1. การสัมผัสทางผิวหนัง

ความรุนแรงของอาการขึ้นกับปริมาณ ความเข้มข้น และระยะเวลาที่สัมผัสผิวหนังของผู้ป่วย การสัมผัสกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้เกิดรอยโรคที่ผิวหนัง และเกิดอาการปวดทันที แต่การสัมผัสกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6-12 จะเริ่มมีอาการปวดภายหลังการสัมผัสเป็นเวลาหลายชั่วโมง²

รอยโรคที่ผิวหนังบริเวณที่สัมผัสกรดกัดแก้วในระยะแรกจะไม่มีอาการผิดปกติที่รุนแรง กล่าวคือ ผิวหนังบริเวณที่สัมผัสกรดกัดแก้วจะมีสีซีดกว่าปกติ ไม่มีรอยแผล แต่ผู้ป่วยจะมีอาการปวดมาก หลังจากนั้นเนื้อเยื่อ

บริเวณที่สัมผัสกรดกัดแก้วจะเกิดการตายเฉพาะส่วนจากการขาดเลือด (coagulative necrosis)²

อาการพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสกรดกัดแก้วทางผิวหนังส่วนใหญ่เป็นอาการเฉพาะที่ ยกเว้นกรณีที่สัมผัสกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 20 เป็นบริเวณกว้าง มากกว่าร้อยละ 2.5 ของพื้นที่ผิวกาย (body surface area, BSA) อาจเกิดอาการพิษต่อระบบอื่น ๆ ของร่างกายซึ่งมีความรุนแรงถึงแก่ชีวิตได้²

2. การสัมผัสโดยการหายใจ

การสัมผัสโดยการหายใจเกิดจากการสูดดมเอา ก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ หรือไอระเหยของกรดกัดแก้วเข้าไป โดยจะได้กลิ่นฉุนรุนแรง เมื่อความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ หรือไอระเหยของกรดกัดแก้วมีระดับตั้งแต่ 0.4 ppm ขึ้นไป³

อาการที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสโดยการหายใจ ได้แก่ ระคายคอ แสบจมูก น้ำมูกไหล หายใจลำบาก เสียงแหบ หายใจมีเสียงฮืด (stridor) และหลอดลมอักเสบ อย่างไรก็ตามผู้ป่วยที่สัมผัสโดยการหายใจมักมีความผิดปกติต่อดวงตาร่วมด้วยเสมอ เช่น แสบตา น้ำตาไหล และปวดตา (ในผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรง) ความรุนแรงของอาการในผู้ป่วยแต่ละรายขึ้นกับความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ หรือไอระเหยของกรดกัดแก้ว และระยะเวลาที่ผู้ป่วยสัมผัส ในผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรง อาจมีภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ (hypoxemia) และภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำ ร่วมกับความผิดปกติในระบบทางเดินหายใจ^{2,3}

3. การสัมผัสที่ดวงตา

เมื่อละอองของกรดกัดแก้วหรือก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์สัมผัสที่ดวงตา จะทำให้เกิดความผิดปกติของดวงตาที่มีความรุนแรงมากกว่ากรณีอื่น ๆ โดยทั่วไปอาการผิดปกติที่พบ ได้แก่ การหลุดลอกของกระจกตา กระจกตาบวม (corneal edema) เยื่อตาขาดเลือด (conjunctival ischemia) การเกิดเนื้อตาย (sloughing) และเยื่อตาบวม (chemosis) ต่อมา ฟลูออไรด์ไอออน จะซึมผ่านลงไปภายในห้องหน้าลูกตา (anterior chamber) ทำให้เกิดความผิดปกติของโครงสร้างภายในห้อง

หน้าลูกตา ความผิดปกติต่อดวงตาอื่น ๆ ที่อาจพบ ได้แก่ corneal revascularization และ epithelial erosion นอกจากนี้ อาจเกิด keratoconjunctivitis sicca ซึ่งเป็นความผิดปกติระยะยาวที่สืบเนื่องมาจากการเกิดแผลที่กระจกตา²

4. การรับประทาน

ผู้ป่วยที่รับประทานกรดกัดแก้ว จะมีอาการแสบปาก แสบคอ ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน และเลือดออกในทางเดินอาหาร นอกจากนี้ กรดกัดแก้วจะถูกดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดอาการพิษต่อระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ได้แก่ ภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำ (hypocalcemia) ภาวะแมกนีเซียมในเลือดต่ำ (hypomagnesemia) ภาวะโปแตสเซียมในเลือดสูง (hyperkalemia) ภาวะหัวใจห้องล่างสั่นพลิ้ว (ventricular fibrillation) ภาวะช็อค ซึม หหมดสติ และชัก^{2,3}

อาการพิษระยะยาว

ผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้วหรือก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะเกิดภาวะพิษจากฟลูออไรด์ (fluorosis) อาการแสดงที่สำคัญ ได้แก่ ฟันมีจุดและคราบเหลือง กระดูกพรุน และภาวะข้อเสื่อม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานว่าก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์หรือกรดกัดแก้วมีแนวโน้มในการก่อให้เกิดโรคมะเร็ง^{3,9-10}

การดูแลรักษาผู้ป่วย

1. การดูแลระบบทางเดินหายใจ การหายใจ และระบบไหลเวียนโลหิต

ผู้ป่วยที่รับประทานกรดกัดแก้ว และผู้ป่วยที่สัมผัสละอองของกรดกัดแก้วหรือก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ โดยการหายใจ เป็นผู้ป่วยที่ต้องได้รับการดูแลระบบทางเดินหายใจ การหายใจ และระบบไหลเวียนโลหิตอย่างใกล้ชิด เนื่องจากมีโอกาสดังกล่าวเกิดพิษต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายได้สูง โดยผู้ป่วยที่หายใจลำบาก ควรได้รับการใส่ท่อช่วยหายใจ^{2,3}

2. การทำ decontamination

2.1 กรณีผู้ป่วยรับประทานกรดกัดแก้ว

ห้ามทำการล้างท้องและห้ามให้ผงถ่านกัมมันต์ เช่นเดียวกับผู้ป่วยที่รับประทานสารประเภทกรด-ด่างอื่น ๆ เนื่องจากเป็นการเพิ่มความเสี่ยงของการสำลัก และอาจทำให้ระบบทางเดินอาหารเกิดรอยโรคที่มีความรุนแรงมากขึ้น ทั้งนี้แนะนำให้ดื่มน้ำดอาหารทางปาก ร่วมกับการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ นอกจากนี้ อาจพิจารณาให้ผู้ป่วยรับประทานยาลดกรด ที่มีส่วนประกอบเป็น aluminium hydroxide และ magnesium hydroxide หรือ Milk of Magnesia หรือ ดื่มนม ประมาณ 200 mL^{2,3}

2.2 กรณีผู้ป่วยสัมผัสกรดกัดแก้วทางผิวหนัง

แนะนำให้ถอดเสื้อผ้าที่มีการปนเปื้อน และพยายามล้างทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่สัมผัสกรดกัดแก้วด้วยน้ำ หรือ น้ำเกลือ (0.9 % sodium chloride solution) ปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที หลังจากนั้นแนะนำให้ทาผิวหนังบริเวณที่สัมผัสกรดกัดแก้วด้วยแคลเซียมกลูโคเนตเจล (calcium gluconate gel) ที่มีความแรง 2.5% w/v ซึ่งสามารถเตรียมได้โดยการผสมยาฉีด 10% แคลเซียมกลูโคเนต 10 mL กับยาทารูปแบบเจลที่มีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำ (water-base gel) เช่น K-Y Jelly® 30 mL (อัตราส่วนของยาฉีด 10% แคลเซียมกลูโคเนต 1 mL ต่อ K-Y Jelly® 3 mL)^{2,3} โดยหากเป็นผิวหนังบริเวณมือ แนะนำให้เตรียมยาแคลเซียมกลูโคเนตเจลความแรง 2.5% w/v แล้วนำไปใส่ในถุงมืออย่าง หลังจากนั้นควรให้ผู้ป่วยสวมถุงมืออย่างดังกล่าว เพื่อให้แคลเซียมไอออนในยาแคลเซียมกลูโคเนตเจลจับกับฟลูออไรด์ไอออนที่ผิวหนังของผู้ป่วยได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม หากอาการปวดของผู้ป่วยไม่ทุเลาลงด้วยการทาผิวหนังด้วยยาแคลเซียมกลูโคเนตเจลเป็นเวลา 30 นาที แพทย์อาจพิจารณาให้การรักษาโดยการฉีด 5% แคลเซียมกลูโคเนต เข้าใต้ผิวหนังปริมาณไม่เกิน 0.5 mL/cm² หรือ การฉีด 2% แคลเซียมกลูโคเนต เข้าทางหลอดเลือดแดง/หลอดเลือดดำด้วยเทคนิค modified Bier's block^{2-4,6}

การฉีด 2% แคลเซียมกลูโคเนต เข้าทางหลอดเลือดดำด้วยเทคนิค modified Bier's block มีรายละเอียดดังนี้

- แขนสาย IV catheter เข้าทางหลอดเลือดดำที่บริเวณหลังมือ ข้างที่สัมผัสสารกัดแก้ว
- เตรียมสายพันแขน (cuff) ของเครื่องวัดความดันโลหิต (sphygmomanometer) เหนือข้อศอกของแขนข้างที่สัมผัสสารกัดแก้ว
- พันผ้ายืด (elastic bandage) เริ่มตั้งแต่บริเวณปลายนิ้วขึ้นไปจนถึงบริเวณสายพันแขนของเครื่องวัดความดันโลหิต เพื่อไล่เลือดออกจากหลอดเลือดดำชั้นต้นของแขนข้างที่สัมผัสสารกัดแก้ว
- บีบลูกยางของเครื่องวัดความดันโลหิตเพื่อเพิ่มความดันภายในสายพันแขนจนถึงระดับความดันที่มากกว่าความดันโลหิตค่าบน (systolic blood pressure) ของผู้ป่วยไปอีก 100 มิลลิเมตรปรอท แล้ววัดค่าไว้
- ให้อัตรา 2% แคลเซียมกลูโคเนต เข้าทางสาย IV catheter ที่แทงผ่านหลอดเลือดดำที่บริเวณหลังมือ ข้างที่สัมผัสสารกัดแก้ว แล้วค่อย ๆ คลายผ้ายืดออก

2.3 กรณีผู้ป่วยสัมผัสก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์หรือไอระเหยของกรดกัดแก้ว โดยการหายใจ

แนะนำให้ผู้ป่วยออกจากบริเวณที่เกิดเหตุ และเปลี่ยนเสื้อผ้าของผู้ป่วย ทั้งนี้ควรนำเสื้อผ้าของผู้ป่วยบรรจุในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันไม่ให้บุคลากรทางการแพทย์สัมผัสก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ หรือไอระเหยของกรดกัดแก้วแบบทุติยภูมิ ในผู้ป่วยที่มีอาการในระบบทางเดินหายใจสามารถพ่นยาแคลเซียมกลูโคเนตที่มีความแรง 2.5% w/v ซึ่งสามารถเตรียมได้โดยผสมยาฉีด 10% แคลเซียมกลูโคเนต 0.8 mL ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ (sterile water for injection) 2.4 mL หลังจากนั้น นำมาพ่นให้ผู้ป่วยโดยใช้เครื่องพ่นยา (nebulizer)^{2,4,6}

2.4 กรณีละอองของกรดกัดแก้วหรือก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ สัมผัสที่ดวงตา

แนะนำให้ล้างตาด้วยน้ำเกลือ (0.9% sodium chloride solution) ปริมาณ 1-2 ลิตร หลังจากนั้นให้ล้างตาด้วยสารละลายแคลเซียมกลูโคเนตที่มีความแรง 1% w/v ซึ่งสามารถเตรียมได้โดยการผสม 10% แคลเซียมกลูโคเนต 50 mL ด้วยน้ำเกลือ (0.9% sodium chlo-

ride solution) 450 mL เพื่อล้างตาให้ผู้ป่วยจนหมด^{3,11}

ทั้งนี้ คำแนะนำในการทำ decontamination สำหรับผู้ป่วยที่สัมผัสสารกัดแก้ว สามารถสรุปได้ โดยมีรายละเอียดแสดงตามรูปที่ 3

3. การดูแลรักษาสำหรับผู้ป่วยที่เกิดอาการพิษต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

ผู้ป่วยที่เกิดอาการพิษต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นผู้ป่วยที่รับประทานกรดกัดแก้วหรือสูดดมก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์หรือไอระเหยของกรดกัดแก้วเป็นเวลานาน หรือผู้ป่วยที่สัมผัสสารกัดแก้วที่มีความเข้มข้นสูงทางผิวหนังเป็นพื้นที่กว้าง ผู้ป่วยเหล่านี้มีโอกาสเกิดอาการพิษต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ ภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำ ภาวะแมกนีเซียมในเลือดต่ำ และภาวะโปแตสเซียมในเลือดสูง การติดตามผู้ป่วยกลุ่มนี้ ควรตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจร่วมกับตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือด ผู้ป่วยเหล่านี้ควรได้รับการรักษาภายในโรงพยาบาลอย่างน้อย 24 ชั่วโมง³

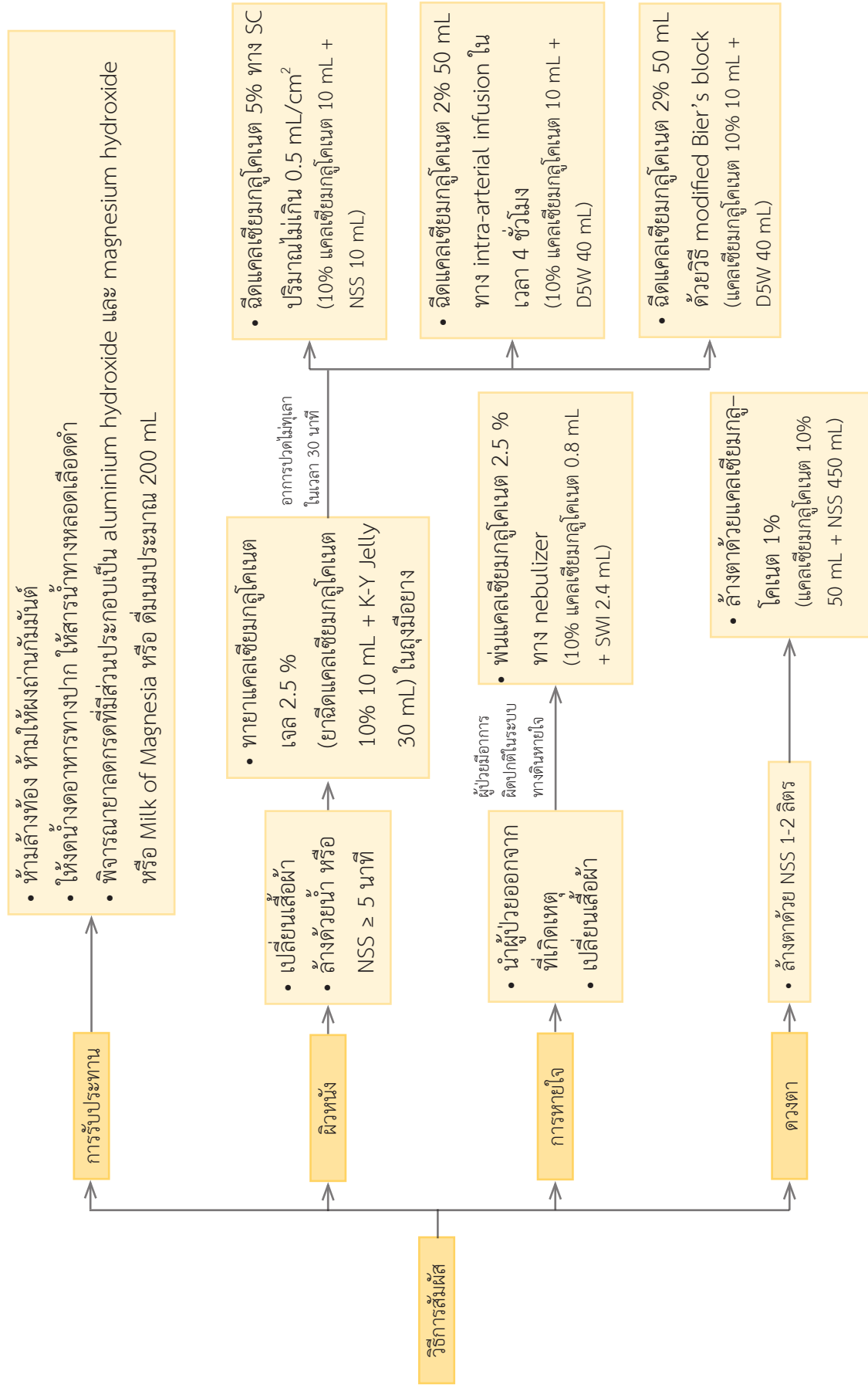
ผู้ป่วยที่มีคลื่นไฟฟ้าหัวใจผิดปกติ เช่น มี QT prolongation หรือผู้ป่วยมีอาการเกร็ง (tetany) แพทย์สามารถให้ยา แคลเซียมกลูโคเนต 10% 10 mL ทางหลอดเลือดดำช้า ๆ โดยไม่ต้องรอผลตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือด และอาจพิจารณาให้ช้าได้หากยังมีความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ³

ในผู้ป่วยที่มีภาวะแมกนีเซียมในเลือดต่ำ ควรได้รับการรักษาด้วยแมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate) 1-2 กรัม หยดยาทางหลอดเลือดดำในเวลา 10-20 นาที³

สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรง ไม่ตอบสนองต่อการรักษาที่กล่าวมาข้างต้น หรือ ผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเฉียบพลัน (acute renal failure) อาจพิจารณาให้การรักษาโดยการล้างไต (hemodialysis) โดยใช้ fluoride-free dialysate³

กรณีศึกษา

ผู้ป่วยหญิง อายุ 35 ปี น้ำหนักตัว 55 กิโลกรัม อาชีพรับจ้าง (ผู้ช่วยช่างเชื่อมโลหะ) ขณะทำการเชื่อมโลหะเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ต่อมาอีก 3 ชั่วโมง



หมายเหตุ: D5W = dextrose 5% in water; NSS = normal saline solution (0.9% NaCl); SC = subcutaneous injection; SWI = sterile water for injection

รูปที่ 3 คำแนะนำในการทำ decontamination สำหรับผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้ว

15 นาที ผู้ป่วยมาโรงพยาบาล พร้อมแจ้งว่าสัมผัส “น้ำยา
ขัดรอยเชื่อมอะลูมิเนียม” ที่บริเวณฝ่ามือและแขนข้าง
ขวาโดยอุบัติเหตุ ขณะที่กำลังเช็ดทำความสะอาดคราบที่
เกิดจากรอยเชื่อมอะลูมิเนียมโดยไม่ได้สวมถุงมือ ระหว่าง
เช็ดทำความสะอาดผู้ป่วยมีอาการแสบร้อน หลังจากนั้น
ผู้ป่วยล้างทำความสะอาดฝ่ามือและแขนที่สัมผัสทันที
หลังจากเสร็จงาน โดยล้างด้วยน้ำผสมผงซักฟอกแล้วล้าง
ออกด้วยน้ำ ต่อมาผู้ป่วยยังมีอาการปวดแสบร้อนอยู่โดย
อาการไม่ดีขึ้น และปวดมากขึ้น จึงมาพบแพทย์

แรกพบแพทย์ตรวจร่างกายพบว่ามีตุ่มพอง (bleb)
จำนวนมากบริเวณฝ่ามือ (รูปที่ 4) ส่วนบริเวณแขนที่มี
สัมผัสน้ำยาขัดรอยเชื่อมอะลูมิเนียมเป็นรอยแดงเล็กน้อย
ส่วนผลตรวจร่างกายอื่น ๆ เป็นปกติดี ผู้ป่วยแจ้งแพทย์ว่า
มีอาการปวดแสบปวดร้อนบริเวณฝ่ามือ ปวดมาก และ
รู้สึกปวดจากเนื้อที่อยู่ด้านในบริเวณฝ่ามือ ผู้ป่วยไม่ทราบ
รายละเอียดของน้ำยาขัดรอยเชื่อมอะลูมิเนียม เนื่องจาก
เป็นน้ำยาที่แบ่งบรรจุใส่ขวดพลาสติกที่เคยใช้บรรจุน้ำดื่ม
Vital sign: BP 147/89 mmHg, HR 92 ครั้ง/นาที,
RR 22 ครั้ง/นาที และอุณหภูมิร่างกาย 36.5 องศา
เซลเซียส

Oxygen sat: 100 %RA

Pupil 2 mm BRTL

Coma score: E₄ V₅ M₆

แพทย์ได้ให้การรักษาโดยการล้างบริเวณที่สัมผัส
ด้วยน้ำเกลือ (NSS for irrigation) 2 ลิตร แต่ผู้ป่วยแจ้ง
ว่า ยังมีอาการปวดแสบปวดร้อนอยู่ อาการปวดทุเลาลง

เพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นแพทย์ได้โทรศัพท์มาปรึกษาที่
ศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช

หลังจากแพทย์โทรศัพท์มาปรึกษา เภสัชกรประจำ
ศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช จึงพยายามติดต่อ
ประสานงานกับนายจ้าง จนได้ข้อมูลเกี่ยวกับชื่อการค้า
ของ “น้ำยาขัดรอยเชื่อมอะลูมิเนียม” ดังกล่าว และได้
ขอให้นายจ้างอ่านส่วนประกอบสำคัญของ “น้ำยาขัด
รอยเชื่อมอะลูมิเนียม” ที่ปรากฏที่ฉลากผลิตภัณฑ์ ได้
ข้อมูลว่า ส่วนประกอบสำคัญ คือ กรดไนตริก และกรดไฮ
โดรฟลูออริก (ไม่ระบุความแรง)

เภสัชกรประจำศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช
จึงได้ร่วมวางแผนการรักษาโดยการให้แช่ฝ่ามือลงใน
แคลเซียมกลูโคเนตเจล 2.5% w/v และได้โทรศัพท์
ปรึกษาอาจารย์แพทย์ด้านพิษวิทยา สรุปคำแนะนำที่จะ
ให้แก่แพทย์ที่ปรึกษามา ดังนี้

- ให้เตรียมแคลเซียมกลูโคเนตเจล 2.5% w/v
จากยาฉีดแคลเซียมกลูโคเนต 10% และ K-Y Jelly[®] โดย
ใช้ยาฉีดแคลเซียมกลูโคเนต 10% 10 mL ต่อ K-Y Jelly[®]
30 mL (สัดส่วนของยาฉีดแคลเซียมกลูโคเนต 10% ต่อ
K-Y Jelly[®] เท่ากับ 1 mL ต่อ 3 mL)

- นำแคลเซียมกลูโคเนตเจลที่ได้ เทลงในถุงมือยาง
ที่มีขนาดใหญ่กว่าฝ่ามือของผู้ป่วย หลังจากนั้น ให้ผู้ป่วย
สวมถุงมือยางดังกล่าวทิ้งไว้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาอย่าง
น้อย 30 นาที และเปลี่ยนเจล 2.5% แคลเซียมกลูโคเนต
ทุก 3 ชั่วโมง จนกระทั่งผู้ป่วยหายปวด

- ส่งตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ



รูปที่ 4 ฝ่ามือ และ หลังมือ ของผู้ป่วยในกรณีศึกษา ขณะแรกรับ

- เจาะเลือดส่งตรวจจิลิกโทโรไลต์ โดยเฉพาะแคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสเฟต

การติดตามอาการของผู้ป่วยหลังให้คำแนะนำ

• วันที่ 2 ของการรักษา: ผู้ป่วยมีอาการปวดลดลง และมีอาการชาที่ข้อมือลงมาถึงปลายนิ้ว ไม่มีอาการ

บวมแดง (รูปที่ 5) แพทย์ยังแนะนำให้ผู้ป่วยแช่มือในแคลเซียมกลูโคเนตเจล 2.5% w/v ต่อ

V/S: BP 116/67 mmHg, HR 70 ครั้ง/นาที, RR 20 ครั้ง/นาที และอุณหภูมิร่างกาย 36.9 องศาเซลเซียส
Oxygen sat: 100 %RA



รูปที่ 5 ฝ่ามือ และ หลังมือ ของผู้ป่วยในกรณีศึกษา ในวันที่ 2 ของการรักษา

แรกได้รับผลตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจเป็นปกติ ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการเป็นดังตารางที่ 1

แพทย์สั่ง morphine sulfate 3 mg IV ทุก 4 ชั่วโมง เมื่อมีอาการปวด และให้ paracetamol 500 mg รับประทานครั้งละ 1 เม็ด ทุก 4 ชั่วโมง เวลาปวด

• วันที่ 3 ของการรักษา: ผู้ป่วยไม่มีอาการปวด ไม่มีอาการชาแล้ว (รูปที่ 6) สามารถนอนหลับได้โดยไม่ต้องใช้ paracetamol นอกจากนี้แพทย์สั่งหยุด morphine sulfate ตั้งแต่วันที่ 2 ของการรักษา (ช่วงกลางคืน) แพทย์ศุภนัยพิษวิทยา โรงพยาบาลศิริราช จึงแนะนำให้

ทดลองหยุดใช้แคลเซียมกลูโคเนตเจล 2.5% w/v และติดตามอาการปวดต่อไป

V/S: BP 105/62 mmHg, HR 74 ครั้ง/นาที, RR 18 ครั้ง/นาที และอุณหภูมิร่างกาย 36.9 องศาเซลเซียส
Oxygen sat: 100 %RA

• วันที่ 4 ของการรักษา: หลังหยุดใช้เจลแคลเซียมกลูโคเนต 2.5% ผู้ป่วยไม่มีอาการปวด แต่มีอาการชาเล็กน้อยบริเวณปลายนิ้ว

• วันที่ 5 ของการรักษา: แพทย์อนุญาตให้ผู้ป่วยกลับบ้านได้



รูปที่ 6 ฝ่ามือของผู้ป่วยในกรณีศึกษา ในวันที่ 3 ของการรักษา

อภิปรายกรณีศึกษา

จากกรณีศึกษา ผู้ป่วยสัมผัสน้ำยาฆ่าเชื้อออสโมเนียม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นกรดไนตริก และกรดไฮโดรฟลูออริก ไม่ทราบความแรง โดยไม่สวมถุงมือ ทำให้กรดทั้ง 2 ชนิดสัมผัสผิวหนังโดยตรง อาการของผู้ป่วยรายนี้เกิดจากกรดทั้ง 2 ชนิดผสมกัน โดยอาการตุ่มพองที่เกิดขึ้นคาดว่าเกิดจากกรดไนตริก ร่วมกับ กรดไฮโดรฟลูออริก เนื่องจากเป็นอาการเฉพาะที่พบโดยทั่วไปจากการสัมผัสกรด หากสังเกตจากรูปที่ 4 มือของผู้ป่วยขณะแรกพบ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของมือมีสีซีดทั้งบริเวณฝ่ามือและหลังมือ แผลที่เกิดขึ้นดูไม่รุนแรง แต่ผู้ป่วยแจ้งว่ามีอาการปวดมาก และปวดจากภายในของมือ เนื่องจากกรดไฮโดรฟลูออริกที่ดูดซึมลงไปภายในชั้นผิวหนัง จะแตกตัวเป็น ไฮโดรเจนไอออน และ ฟลูออไรด์ไอออน ต่อมา ฟลูออไรด์ไอออน จะเข้าจับกับ แคลเซียมไอออน และ แมกนีเซียมไอออนที่ภายในและภายนอกเซลล์อย่างรวดเร็ว เกิดเป็นตะกอนของแคลเซียมฟลูออไรด์และทำให้ แคลเซียมไอออน ที่อยู่ภายในเซลล์ต่ำลงมาก ซึ่งเป็นการกระตุ้นเส้นประสาทบริเวณนั้น ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปวดอย่างรุนแรง

การรักษาโดยการให้ผู้ป่วยแช่มือในถุงมืออย่างที่บรรจุแคลเซียมกลูโคเนตเจล 2.5% w/v เป็นการดึงเอาฟลูออไรด์ไอออนที่เหลืออยู่ออกมาจากชั้นผิวหนัง และเป็นการทดแทนแคลเซียมไอออนที่สูญเสียไปจากการจับกับฟลูออไรด์ไอออน การรักษาด้วยวิธีนี้จะทำให้อาการปวดของผู้ป่วยทุเลาลงเนื่องจากเป็นการแก้ไขที่สาเหตุของอาการปวดดังกล่าว อย่างไรก็ตามควรประเมินการตอบสนองต่อการรักษาใน 30 นาทีแรก เพื่อที่ว่าผู้ป่วยตอบสนองต่อการรักษาหรือไม่ ส่วนใหญ่ผู้ป่วยจะมีอาการดีขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ผู้ป่วยบางรายที่สัมผัสกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นสูงอาจต้องใช้เวลาในการรักษายาวนานขึ้น จากกรณีศึกษา พบว่า อาการปวดของผู้ป่วยทุเลาลงอย่างชัดเจนในวันที่ 3 ของการรักษา และสามารถกลับบ้านได้ในวันที่ 4 ของการรักษา

สิ่งสำคัญที่ต้องระมัดระวัง คือ การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เป็นสิ่งที่บ่งบอกสถานะปัจจุบันของผู้ป่วยที่ดีกว่า

ผลการตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ เนื่องจากการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจเป็นการบ่งบอกว่าผู้ป่วยมีภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำหรือไม่ได้อย่างทันที ในขณะที่ผลตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ต้องอาศัยระยะเวลาในการตรวจทางห้องปฏิบัติการและการรายงานผล อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยรายนี้มีผลการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจเป็นปกติตั้งแต่แรกเริ่ม และผู้ป่วยมี vital sign คงที่มาโดยตลอด จึงไม่จำเป็นต้องทำการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจซ้ำ

บทสรุป

กรดกัดแก้วเป็นกรดอ่อนแต่มีความเป็นพิษที่รุนแรง ผู้ป่วยส่วนใหญ่สัมผัสกรดกัดแก้วทางผิวหนัง เมื่อกรดกัดแก้วซึมลงไปใต้ชั้นผิวหนัง กรดกัดแก้วจะแตกตัวออกเป็น ไฮโดรเจนไอออน และ ฟลูออไรด์ไอออน ต่อมา ฟลูออไรด์ไอออนจะจับกับแคลเซียมไอออน และ แมกนีเซียมไอออน ทั้งภายในเซลล์และภายนอกเซลล์อย่างรวดเร็ว เมื่อระดับแคลเซียมต่ำจะเป็นการกระตุ้นกระแสประสาททำให้เกิดอาการปวดอย่างรุนแรง กรณีที่สัมผัสกรดกัดแก้วที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 20 เป็นบริเวณกว้างมากกว่าร้อยละ 2.5 ของพื้นที่ผิวกาย อาจเกิดอาการพิษต่อระบบอื่น ๆ ของร่างกายซึ่งมีความรุนแรงถึงแก่ชีวิตได้

ยาที่ใช้เป็นยาต้านพิษ คือ แคลเซียมกลูโคเนต โดยยาที่มีในโรงพยาบาลมีรูปแบบยาฉีด กรณีที่ต้องการนำมารักษาผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้วเฉพาะที่ หรือ การหายใจ สามารถเตรียมแคลเซียมกลูโคเนตให้อยู่ในรูปแบบและความแรงที่เหมาะสมได้

การตรวจติดตามผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้ว ได้แก่ การตรวจดูลักษณะรอยโรค การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และการตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือด สำหรับผู้ป่วยที่รับประทานกรดกัดแก้ว หรือ ผู้ป่วยที่สัมผัสกรดกัดแก้วที่ผิวหนังเป็นบริเวณกว้าง หรือ ผู้ป่วยที่สูดดมก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์หรือไอระเหยของกรดกัดแก้วเป็นเวลานาน ควรได้รับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจทุกราย และหากมีคลื่นไฟฟ้าหัวใจผิดปกติ ควรให้การรักษาโดยให้ยาฉีดแคลเซียมกลูโคเนต 10% ทางหลอดเลือดดำ โดย

ไม่ต้องรอผลการตรวจระดับอิเล็กโทรไลต์ในเลือดเพื่อให้

สามารถให้การรักษาผู้ป่วยได้อย่างทันที

เอกสารอ้างอิง

1. Richard HL, Larry W. Chemical of the month: Fluorine. *J Chem Educ.* 1983;60(9):759-61.
2. Su MK. Mushrooms. In: Nelson LS, Howland MA, Lewin NA, Smith SW, Goldfrank LR Hoffman RS, editors. *Goldfrank's toxicologic emergencies*. 11th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2019. p. 1397-402.
3. สัมมน โฉมฉาย. ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ และ Hydrofluoric acid. ใน: ธีระศิษฐ์ เฉินบำรุง, อมรรัตน์ สุขปั้น, บรรณาธิการ. *การรักษาภาวะพิษสารเคมี 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: วี พลัส กรุ๊ป (ไทยแลนด์) จำกัด; 2559. หน้า 54-62.*
4. Anthony JS, Carolyn MB. Hydrofluoric acid and other fluorides. In: Michael WS, Stephen WB, Michael JB, editors. *Haddad and Winchester's clinical management of poisoning and drug overdose*. 4th ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2007. p. 1323-34.
5. MICROMEDEX®, POISINDEX® System. Hydrofluoric acid [Database on the internet]. Colorado: Thomson Reuters (Healthcare); c1974-2020. [cited 2021 Sep 16]. Available from: <https://www.micromedexsolutions.com>
6. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Georgieva S, Ivanovski K, Bajraktarova-Misevska C, Mijoska A, et al. Hydrofluoric acid: Burns and systemic toxicity, protective measures, immediate and hospital medical treatment. *Maced J Med Sci.* 2018;6(11):2257-69.
7. Gad SE, Sullivan DW. Hydrofluoric acid. In: Philip W, editor. *Encyclopedia of toxicology*. 3rd ed. Academic Press; 2014. p. 964-6.
8. Gad SE. Hydrofluoric acid. In: Philip W, editor. *Encyclopedia of toxicology*. 2nd ed. Academic Press; 2005. p. 542-3.
9. Public Health England. Hydrogen fluoride and hydrofluoric acid (HF) toxicological overview [Internet]. [cited 2021 Sep 15]. Available from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/761014/Hydrogen_fluoride_toxicological_overview.pdf
10. ชลีย์ ศรีสุข. อันตรายจากกรดกัดแก้ว. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.* 2544;49(156):15-6.
11. ศูนย์ความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ข้อเสนอแนะในการทำงานกับกรดไฮโดรฟลูออริก (กรดกัดแก้ว) [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564]. สืบค้นจาก: <https://www.shecu.chula.ac.th/home/content.asp?Cnt=604>