



อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ เบื้องหลังการทำงานของวัคซีน

อ.ดร.ภญ.พนิตา สุวรรณน้อย
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วัคซีน คือ สารชีววัตถุ ที่เมื่อให้เข้าไปในร่างกายของคนหรือสัตว์แล้ว จะกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้สร้างโปรตีนที่เรียกว่า แอนติบอดี (antibody) ซึ่งมีหน้าที่จัดการกับสารแปลกปลอมที่สามารถก่อโรคหรือทำให้ร่างกายได้รับอันตรายได้ สารแปลกปลอมหรือแอนติเจน (antigen) ที่ก่อโรคได้นั้น อาจมาจากพืช สัตว์ หรือเชื้อจุลชีพ เช่น ไวรัส แบคทีเรีย

ปัจจุบันมีวัคซีนที่ผลิตโดยมีสารแอนติเจนที่ได้จากทั้งเชื้อจุลชีพ พืช และสัตว์ โดยมีรูปแบบของวัคซีนที่มักเป็นผลิตภัณฑ์ปราศจากเชื้อ มีการบริหารยาโดยการฉีดเข้ากล้ามเนื้อ ให้ทางปาก รวมทั้งการนำส่งผ่านเยื่อจมูกในรูปแบบสเปรย์สำหรับพ่นทางจมูก

ผลิตภัณฑ์วัคซีนประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ช่วยให้การกระตุ้นภูมิคุ้มกันของวัคซีนมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนประกอบหลักในวัคซีน ได้แก่

1. แอนติเจน ทำหน้าที่กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันให้สร้างแอนติบอดี แอนติเจนอาจได้มาจากไวรัส แบคทีเรีย หรือสารอื่น ๆ เช่น เกสรดอกไม้
2. แอดจูแวนท์ (adjuvant) ทำหน้าที่ส่งเสริมให้ระบบภูมิคุ้มกันตอบสนองต่อแอนติเจนได้ดีขึ้น
3. สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ทำหน้าที่ปกป้องผลิตภัณฑ์วัคซีนให้มีความคงตัว โดยเฉพาะระหว่างกระบวนการจัดเก็บและขนส่ง

อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นหนึ่งในสารกลุ่มอะลูมิเนียม ที่เป็นส่วนประกอบในวัคซีน โดยหน้าที่ของสารกลุ่มอะลูมิเนียม คือ แอดจูแวนท์ คำว่า แอดจูแวนท์ (adjuvant) มาจากคำในภาษาละติน “adjuvare” มีความหมายว่า ช่วย (aid) สารที่ทำหน้าที่เป็นแอดจูแวนท์ในวัคซีนจึงมีหน้าที่สำคัญในการช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของผู้ที่ได้รับวัคซีนให้ตอบสนองต่อแอนติเจนได้ดียิ่งขึ้น

ตัวอย่างสารที่ใช้เป็นแอดจูแวนท์ในผลิตภัณฑ์วัคซีน เช่น สารเมแทบอลไลต์จากแบคทีเรีย น้ำมันแร่ (mineral oil) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) นอกจากนี้ยังมีการใช้อนุภาคนาโน ไมโคร ลิโปโซม รวมทั้งสารในกลุ่มกรดนิวคลีอิก และพอลิแซ็กคาไรด์ มาเป็นสารแอดจูแวนท์ด้วย

สารในกลุ่มอะลูมิเนียมได้รับความนิยมในการใช้เป็นแอดจูแวนท์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันได้ดี ปลอดภัย ราคาไม่แพง นอกจากนี้ยังเป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติในอาหารและน้ำดื่มด้วย ตัวอย่างสารในกลุ่มอะลูมิเนียมที่นำมาใช้เป็นแอดจูแวนท์ ได้แก่ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ อะลูมิเนียมฟอสเฟต และ ออลัม โดยอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นแอดจูแวนท์ประเภทสารเคมีที่ได้รับความนิยมในการใช้งานมากที่สุด

การใช้สารกลุ่มอะลูมิเนียมในผลิตภัณฑ์วัคซีนมีเทคนิคในการผลิตที่นิยมใช้กันทั่วไป 2 วิธี ได้แก่

1. Aluminum-precipitated vaccine method ทำโดยการเติมสารแขวนตะกอนของอะลูมิเนียมลงในสารละลายของแอนติเจน เพื่อทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแอนติเจนและอะลูมิเนียม (antigen-aluminum complexes)
2. Aluminum-adsorbed vaccine method ทำโดยการเติมสารละลายแอนติเจนลงในอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์, หรือ อะลูมิเนียมฟอสเฟต, หรือสารผสมระหว่างอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และอะลูมิเนียมฟอสเฟต, หรือ อะลูมินา เพื่อทำให้เกิดเป็นวัคซีนที่ถูกดูดซับอยู่บนสารประกอบอะลูมิเนียม

แอนติเจนสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ได้ เนื่องจากในกระบวนการผลิตสารประกอบอะลูมิเนียมเป็นแอดจูแวนท์ มีการเติมสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างลงในสารละลายเกลืออะลูมิเนียม เพื่อให้เกิดผลึกของเกลืออะลูมิเนียม ในลักษณะที่เกาะกลุ่มกันเป็นผลึกหลวม ๆ และมีประจุบวกเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ต่ำกว่า 11.4 ส่งผลให้แอนติเจนที่เป็นโปรตีนและมีฤทธิ์เป็นกรดสามารถเกิดปฏิกิริยากับผลึกของเกลืออะลูมิเนียมซึ่งมีประจุบวกได้ดี

ด้วยสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารประกอบอะลูมิเนียม เช่น พื้นที่ผิว ประจุบนผิว รวมทั้งโครงสร้างผลึกที่เกาะกันหลวม ๆ จึงทำให้แอนติเจนสามารถถูกดูดซับไว้บนผิว หรือ ถูกห่อหุ้มไว้ในโครงสร้างของสารประกอบอะลูมิเนียมได้ ส่งผลให้แอนติเจนได้รับการปกป้องในระหว่างกระบวนการนำส่งไปยังเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน และด้วยลักษณะทางกายภาพของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแอนติเจนกับอะลูมิเนียมที่มีลักษณะคล้ายกับอนุภาคขนาดเล็ก จึงเหมาะกับการนำส่งสารไปยังเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกันได้ดี นอกจากนี้การที่โครงสร้างของสารประกอบอะลูมิเนียมเกิดกระบวนการสลายตัวในร่างกายอย่างช้า ๆ จึงทำให้แอนติเจนค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมา และสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้เป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ร่างกายสามารถสร้างภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพได้

แม้ว่าการใช้สารประกอบอะลูมิเนียมเป็นแอดจูแวนต์ในวัคซีน จะส่งเสริมให้วัคซีนมีประสิทธิภาพกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ดี การใช้งานดังกล่าวมีข้อควรระวังอยู่ด้วย ได้แก่ การใช้สารประกอบอะลูมิเนียมเป็นแอดจูแวนต์อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะที่เมื่อฉีดเข้าไปในร่างกาย เช่น ภาวะอักเสบ บวมแดง รวมทั้งปฏิกิริยาแพ้ และ ผลิตภัณฑ์วัคซีนที่ใช้สารประกอบอะลูมิเนียมเป็นแอดจูแวนต์ไม่สามารถเก็บในอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียสได้ เนื่องจากในสภาวะแช่แข็งจะทำลายโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายตาข่ายของสารประกอบอะลูมิเนียม ที่จำเป็นต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแอนติเจน ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของวัคซีนลดลงตามไปด้วย

เทคโนโลยีและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ ช่วยให้เราเฝ้าระวังความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ช่วยส่งเสริมให้มนุษย์และสัตว์มีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง ได้รับอันตรายจากโรคภัยไข้เจ็บน้อยที่สุด ความเข้าใจในความรู้เหล่านี้จะช่วยให้การใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคิดค้นพัฒนาขึ้นเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป เพราะไม่เพียงแต่การคิดค้น พัฒนา และ ผลผลิตผลิตภัณฑ์ เท่านั้นที่สำคัญ การขนส่ง การจัดเก็บ การบริหารยา รวมทั้งกระบวนการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องต่างก็มีความสำคัญเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION. VACCINES AND IMMUNIZATION: WHAT IS VACCINATION ?. 30 DECEMBER 2020. ACCESS ON 3 JULY 2021. AVAILABLE AT [HTTPS://WWW.WHO.INT/NEWS-ROOM/Q-A-DETAIL/VACCINES-AND-IMMUNIZATION-WHAT-IS-VACCINATION](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination).
2. PENG HE, YENING ZOU, AND ZHONGYU HU. ADVANCES IN ALUMINUM HYDROXIDE-BASED ADJUVANT RESEARCH AND ITS MECHANISM. FEBRUARY 2015. HUMAN VACCINES & IMMUNOTHERAPEUTICS. 11:2, 477-488.