**บทที่ 14**

**การป้องกันร่างกาย และระบบภูมิคุ้มกัน**

**Body defences and immune system**

 ระบบภูมิคุ้มกัน คือ ระบบหนึ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่ร่างกาย ทั้งอันตรายที่เกิดจากสิ่งต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคหรือเชื้อโรค เพื่อให้สัตว์มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง สามารถมีชีวิตอยู่รอดอย่างปกติและให้ผลผลิตได้ ระบบนี้จะทำงานร่วมกับระบบน้ำเหลือง โดยระบบน้ำเหลืองจะสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ ขึ้นมา ทำหน้าที่ต่อสู้และทำลายเชื้อโรคที่เข้ามาในร่างกาย เม็ดเลือดขาวกลุ่มที่สำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน คือ บีลิมโฟไซต์ หรือบีเซลล์ (B lymphocytes or B cell) และ ทีลิมโฟไซด์ หรือทีเซลล์ (T lymphocyte or T cell) สำหรับสิ่งแปลกปลอมต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและไม่ก่อโรคที่เข้ามาในร่างกายจะเรียกว่า แอนติเจน (antigens) ส่วนสิ่งที่เม็ดเลือดขาวสร้างขึ้นมาเพื่อทำลายเชื้อโรคจะเรียกว่า แอนติบอดี้ (antibody)



**ภาพที่ 14.1** ประเภทของแอนติเจน

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก Ansar Ahmed and Schuring (2013)

ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้โดยการจดจำ และจำแนกระหว่างตัวของมันเองกับสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย หรือ แอนติเจน (antigens) ได้แก่ สารเคมี สิ่งแปลกกลอมอื่นๆ และ จุลินทรีย์ เมื่อมีแอนติเจนเข้ามาในร่างกาย ร่างกายก็จะสร้างกลไกในการทำลายแอนติเจนขึ้นมา เริ่มจากกลไกการเก็บกลืนกิน (phagocytosis) กลไกการสลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ที่แปลกปลอม การทำให้สารเคมีหรือเชื้อโรคทำงานได้น้อยลงหรือเกิดปฏิกิริยาได้ลดลง การทำลายสิ่งแปลกปลอมและการจับกลุ่ม และการทำให้เซลล์หรือโมเลกุลของสารเกิดการตกตะกอน เป็นต้น

โดยทั่วไปร่างกายมีระบบป้องกันอันตรายตามธรรมชาติอยู่แล้ว โดยบางส่วนนั้นเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างของร่างกาย เช่น ระบบปกคลุมร่างกายในส่วนของผิวหนัง ที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อปกป้องอวัยวะภายในต่างๆ หรือการผลิตของเหลวหรือน้ำเมือกจากชั้นเยื่อเมือกในระบบท่อทางเดินอาหาร ท่อทางเดินหายใจ รวมทั้งระบบสืบพันธุ์ในส่วนของช่องคลอดที่มีสภาพความเป็นกรดซึ่งสามารถช่วยป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายได้ ตราบใดที่ระบบป้องกันอันตรายตามธรรมชาติและระบบภูมิคุ้มกันยังทำงาน และสามารถป้องกันอันตรายให้ร่างกายได้อย่างปกติ สัตว์ก็ยังคงมีสุขภาพดี แต่หากเมื่อใดที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานบกพร่องหรือทำงานผิดปกติ สัตว์ก็จะมีสุขภาพไม่ดีหรือเกิดเป็นโรคขึ้นมาได้

**1.ระบบภูมิคุ้มกัน (immunity system)**

 ระบบภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้นมาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

 **1.1 ระบบภูมิคุ้มกันทั่วๆไป (innate immunity)** เป็นกลไกโดยทั่วไปของร่างกายในการป้องกันอันตรายให้กับร่างกาย เช่น ผิวหนัง ชั้นเยื่อเมือกตามอวัยวะต่างๆ รวมทั้งการทำงานของเม็ดเลือดขาวที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกายด้วยขบวนการเก็บกลืนกิน และปฏิกิริยาการอักเสบ เป็นต้น

**1.2 ระบบภูมิคุ้มกันที่ป้องกันร่างกายอย่างเจาะจง (adaptive immunity)** เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้นมาใหม่เพื่อทำลายเชื้อโรคอย่างเจาะจง โดยกลไกที่จำเพาะสำหรับเชื้อโรคแต่ละตัว

**2.ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกัน (immune reactions)**

ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อปกป้องร่างกายมี 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (nonspecific immunity) และปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (specific immunity)

**2.1 ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (nonspecific immunity)**

 หมายถึง ภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้นมา เพื่อป้องกันร่างกายจากแอนติเจนหรือสิ่งแปลกปลอม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยมีลักษณะที่ไม่จำเพาะต่อแอนติเจนใดหรือแอนติเจนหนึ่งเท่านั้น การตอบสนองภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะนี้จะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด โดยเริ่มจากการที่ร่างกายมีการสร้างสิ่งกีดขวางตามธรรมชาติที่อยู่ที่ผิวหนังและมีการชั้นเยื่อเมือก ซึ่งจะช่วยป้องกันร่างกายไม่ให้แอนติเจนเข้าไปในร่างกาย แต่เมื่อสิ่งกีดขวางตามธรรมชาติที่อยู่ที่ผิวหนังหรือการที่ชั้นเยื่อเมือกของร่างกายได้รับความเสียหาย เช่นเกิดการฉีกขาดหรือทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์ หรือเกิดเป็นแผลที่ผิวหนัง จุลินทรีย์ก็สามารถเข้าไปในร่างกายได้ เมื่อร่างกายตรวจพบว่ามีแอนติเจนหรือสิ่งแปลกปลอมเข้ามาในร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายก็จะสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว ที่มีคุณสมบัติเก็บกลืนกินสิ่งแปลกปลอมได้ เช่น โมโนไซต์ และ นิวโทรฟิล แล้วส่งเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนี้มาที่ผิวหนัง หรือเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะเข้าเก็บกลืนกินเซลล์เชื้อโรคดังกล่าว หรือไปทำให้เซลล์เชื้อโรคทำงานได้ช้าลง โดยอาจทำงานร่วมกับปฏิกิริยาอื่นๆ เช่น การใช้คอมพรีเมนต์ในน้ำเลือด หรือการใช้เอ็นเคเซลล์ เพื่อช่วยในการทำลายแอนติเจนหรือเชื้อโรค ภูมิคุ้มกันประเภทนี้ทำงานโดยไม่มีการจดจำแอนติเจนหรือเชื้อโรคที่จำเพาะเจาะจงไป หรือไม่มีการสร้างเซลล์ความจำ ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเริ่มต้นจาก

 **1) ระบบปกคลุมร่างกาย** คือ ผิวหนังซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางตามธรรมชาติที่ป้องกันร่างกายจากแอนติเจนต่างๆ แต่หากแอนติเจนสามารถเข้ามาในร่างกายทางช่องเปิดต่างๆ เช่นท่อทางเดินอาหาร ท่อทางเดินหายใจ ท่อปัสสาวะ หรือทางระบบสืบพันธุ์ ชั้นเยื่อเมือกที่บุอยู่ที่ผนังของระบบท่อ ก็มีการผลิตน้ำเมือกหรือสารสารเคมีขึ้นมาเพื่อที่จะช่วยป้องกันไม่ให้แอนติเจน สิ่งแปลกปลอม สารเคมีและสิ่งอื่นเข้ามาในร่างกายได้อีกทางหนึ่ง

 **2) การอักเสบ (inflammation)** เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่เนื้อเยื่อซึ่งได้รับความเสียหาย หรือถูกทำลายจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค อาการอักเสบบวมแดงหรือเป็นหนองเกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลายและมีการติดเชื้อ จะมีการหลั่งสารฮีสตามีน (histamine) ไปที่เนื้อเยื่อนั้น มีผลให้เส้นเลือดขยายตัวมีเลือดมาหล่อเลี้ยงมากขึ้น และผนังเส้นเลือดยอมให้สารต่างๆผ่านเข้าออกได้ง่าย จากนั้นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีคุณสมบัติในการเก็บกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (macrophage cell) เข้ามาทำลายเชื้อโรค การตายของเซลล์อาจสะสมทำให้เกิดเป็นหนองขึ้นมาได้ เมื่อมีการติดเชื้อปริมาณเม็ดเลือดขาวจะเพิ่มสูงขึ้นมาก

  **3) การสร้างเอ็นเคเซลล์ (natural killer cell, NK cell)** ที่ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมเมื่อสิ่งแปลกปลอมมาสัมผัสกับเซลล์

 **4) การสร้างอินเตอร์เฟียรอน (interferon)** เป็นโมเลกุลของโปรตีนขนาดเล็กที่ผลิตโดยเซลล์ หลังจากที่เซลล์เกิดการติดเชื้อไวรัส โดยอินเตอร์เฟียรอนที่เกิดขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตและการแพร่ของไวรัสได้

 **5) การสร้างคอมพลีเมนต์ (complement)** หมายถึง กลุ่มของเอ็นไซม์ที่ยังไม่สามารถทำงานได้ (inactive enzymes) ซึ่งพบอยู่ในน้ำเลือด เอ็นไซม์กลุ่มนี้จะถูกกระตุ้นให้ทำงานเพื่อทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ที่แปลกปลอมเข้าร่างกายเช่นเชื้อโรคฉีกขาด

 การตอบสนองภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะนี้จะเกิดขึ้น โดยเริ่มจากการที่ร่างกายมีการสร้างสิ่งกีดขวางตามธรรมชาติที่อยู่ที่ผิวหนังและมีการชั้นเยื่อเมือก ซึ่งจะช่วยป้องกันร่างกายไม่ให้แอนติเจนเข้าไปในร่างกาย แต่เมื่อสิ่งกีดขวางตามธรรมชาติที่อยู่ที่ผิวหนังหรือการที่ชั้นเยื่อเมือกของร่างกายได้รับความเสียหาย เช่นเกิดการฉีกขาดหรือทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์ หรือเกิดเป็นแผลที่ผิวหนังจุลินทรีย์ก็สามารถเข้าไปในร่างกายได้ เมื่อร่างกายตรวจพบว่ามีแอนติเจนหรือสิ่งแปลกปลอมเข้ามาในร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายก็จะสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว ที่มีคุณสมบัติเก็บกลืนกินสิ่งแปลกปลอมได้ เช่น โมโนไซต์ และ นิวโทรฟิล แล้วส่งเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนี้มาที่ผิวหนัง หรือเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะเข้าเก็บกลืนกินเซลล์เชื้อโรคดังกล่าว หรือไปทำให้เซลล์เชื้อโรคทำงานได้ช้าลง โดยอาจทำงานร่วมกับปฏิกิริยาอื่นๆ เช่น การใช้คอมพรีเมนต์ในน้ำเลือด หรือการใช้เอ็นเคเซลล์ เพื่อช่วยในการทำลายแอนติเจนหรือเชื้อโรค



**ภาพที่ 14.2** การสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ ในร่างกาย

**ที่มา:** ดัดแปลงจาก Ansar Ahmed and Schuring (2013)

**2.2 ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (specific immunity)**

เป็นภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้นมา เมื่อภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะที่ได้สร้างขึ้นมาแล้วไม่สามารถทำลายแอนติเจนหรือเชื้อโรคได้ ภูมิคุ้มกันแบบนี้จะสร้างขึ้นมาเพื่อทำลายแอนติเจนอย่างจำเพาะเจาะจงเพียงแอนติเจนชนิดเดียวเท่านั้น โดยภูมิคุ้มกันที่สร้างขึ้นมานี้จะเกิดปฏิกิริยาที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ที่เข้ามาในร่างกาย อาจทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ฉีกขาด และเซลล์ทำงานได้น้อยลง แอนติเจนที่เคยเข้ามาในร่างกายแล้วครั้งหนึ่งจะถูกจดจำ และบันทึกในความทรงจำไว้ หากแอนติเจนชนิดเดียวกันนี้เข้าอีก ภูมิคุ้มกันที่ตอบสนองต่อแอนติเจนนั้นจะตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว

สามารถแบ่งภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (specific immunity) ออกเป็น 2 ชนิด คือ ภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ (cell-mediated immunity) และภูมิคุ้มกันแบบพึ่งแอนติบอดี้ (antibody or humoral immunity)

 **1) ภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ (Cell-mediated immunity)**  เป็นภูมิคุ้มกันที่เกิดจากการทำหน้าที่ของเซลล์จำเพาะ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาวพวกทีลิมโฟไซด์ หรือทีเซลล์ (T lymphocyte or T cell) ที่เป็นกลุ่มเซลล์ที่สร้างและพัฒนาจากต่อมไทมัส ทีเซลล์ที่สร้างจากต่อมไทมัสจะถูกปล่อยออกมาในกระแสเลือดเพื่อเข้าไปเจริญเติบโตในต่อมน้ำเหลืองและม้ามต่อไป ทีเซลล์แต่ละเซลล์จะสร้างตัวรับรู้แอนติเจนแบบจำเพาะบนเยื่อหุ้มเซลล์ของมัน โดยตัวรับรู้เหล่านี้จะมีลักษณะจำเพาะต่อแอนติเจนชนิดเดียวเท่านั้น โดยทั่วไปก่อนที่เซลล์แอนติเจนหรือเซลล์แปลกปลอมจะเกาะจับกับทีเซลล์ เซลล์เหล่านี้มักถูกเก็บกินด้วยเซลล์แมคโครฟาจ (macrophage cell) ซึ่งเซลล์แอนติเจนดังกล่าวส่วนใหญ่จะเป็นเซลล์ของเชื้อไวรัสหรือเซลล์มะเร็ง เมื่อทีเซลล์มาเกาะกับแอนติเจนที่ตัวรับจำเพาะบนผิวของเซลล์แล้ว มันจะเปลี่ยนแปลงเป็นทีเซลล์ที่ทำงานได้ดี จากนั้นจะแบ่งเซลล์แบบไมโตซีสเพื่อเพิ่มจำนวน (ทีเซลล์) ให้ได้มากขึ้น ทีเซลล์ที่ได้จากการแบ่งตัวจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่แอนติเจนเข้ามาในร่างกาย เพื่อที่จะต่อสู้กับแอนติเจนชนิดเดียวกันกับแอนติเจนที่เคยได้รับ สำหรับทีเซลล์ที่ทำงานได้ดีในร่างกายได้แก่ ไซโกท๊อกซิกทีเซลล์ (cytotoxic T cells) เฮลเปอร์ทีเซลล์ (helper T cells) และ ซับเพรสเซอร์ทีเซลล์ (suppressure T cells) เป็นต้น

 **- ไซโทท๊อกซิกทีเซลล์ (Cytotoxic T cells)** อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคิลเลอร์เซลล์ (killer cells) หรือคิลเลอร์ลิมโฟไซด์ (killer T lymphocyte) ทำหน้าที่เกาะจับกับแอนติเจนและทำลายแอนติเจน แต่จะไม่ทำลายเซลล์พวกเดียวกัน

  **- เฮลเปอร์ทีเซลล์ (Helper T cells)** เป็นทีเซลล์ที่พบมากที่สุด เซลล์ชนิดนี้จะตอบสนองภูมิคุ้มกันของร่างกายด้วยการหลั่งสารลิมโฟไคน์ (lymphokines) หรือไซโทไคน์ (cytokines) เข้าไปยังเนื้อเยื่อที่อยู่รอบๆ สารแต่ละชนิดจะทำหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น ลิมโฟไคน์บางชนิดจะช่วยเพิ่มการทำงานของบีเซลล์ (B cells) หรือบีลิมโฟไซต์ (B lymphocytes) ช่วยเพิ่มการทำงานของไซโทท๊อกซิกทีเซลล์ หรือช่วยการทำงานของซับเพรสเซอร์ทีเซลล์ สำหรับลิมโฟไซต์ที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของทีลิมโฟไซด์ชนิดอื่นเรียกว่าอินเตอร์ลิวคินทู (interleukin 2: IL-2)

 โดยทั่วไปลิมโฟไคน์จะเป็นสารที่ดึงดูดให้เซลล์แมคโครฟาจ เข้ามาในบริเวณที่เกิดความเสียหายหรือติดเชื้อ นอกจากนี้ลิทโฟไคน์ยังช่วยให้เซลล์แมคโครฟาจเก็บกลืนกินแอนติเจน หรือสิ่งแปลกปลอมได้เร็วขึ้น ผลของการเก็บกลืนกินทำให้มีแอนติเจนบนผิวของเซลล์แมคโครฟาจมากขึ้น ทำให้ไซโกท๊อกซิกทีเซลล์เข้าไปจับและทำลายแอนติเจนได้มากขึ้นด้วย

 **- ซับเพรสเซอร์ทีเซลล์ (suppressure T cells)** เป็นเซลล์ที่ยับยั้งการทำหน้าที่ของทีเซลล์ และไซโกท๊อกซิกทีเซลล์ โดยปฏิกิริยาย้อนกลับ ซับเพรสเซอร์ทีเซลล์จะช่วยป้องกันไม่ให้บีเซลล์เปลี่ยนเป็นพลาสมาเซลล์ (plasma cell) ซึ่งการทำงานที่ตรงข้ามกันของเซลล์ชนิดนี้จะช่วยควบคุมระดับการตอบสนองภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ (cell-mediated immunity) และภูมิคุ้มกันแบบพึ่งแอนติบอดี้ (antibody or humoral immunity) ของร่างกายให้อยู่ในระดับที่สมดุล

 **2) ภูมิคุ้มกันแบบพึ่งแอนติบอดี้ (antibody or humoral immunity)** ได้แก่ พลาสม่าเซลล์ (plasma cell) แอนติบอดี หรืออิมมูโนโกลบูลิน (antibody or immunoglobulin) และเซลล์ความจำ (memory cell)

 **พลาสม่าเซลล์** หมายถึง บีลิมโฟไซต์ซึ่งถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลาสม่าเซลล์ ที่เป็นเซลล์ซึ่งสามารถสร้างแอนติบอดี้ได้ โดยแอนติบอดี้ที่สร้างขึ้นมานั้นจะทำหน้าที่ต่อต้านการทำงานของแอนติเจนที่จำเพาะเท่านั้น บีลิมโฟไซต์เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ถูกสร้างขึ้นที่ไขกระดูก ที่เยื่อหุ้มเซลล์ของบีลิมโฟไซต์จะมีจุดเกาะ (binding site) ที่มีรูปร่างจำเพาะกับแอนติเจนจำเพาะเท่านั้น เมื่อแอนติเจนจำเพาะที่มีจุดเกาะที่มีรูปร่างเข้ากันได้พอดีกับแอนติบอดี้ชนิดนี้ มาสัมผัสที่เยื่อหุ้มเซลล์ของบีลิมโฟไซต์ที่จุดเกาะดังกล่าว จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนแอนติบอดี้-แอนติเจน (antibody-antigen complex) ที่ผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ของบีลิมโฟไซต์ ทำให้บีลิมโฟไซต์เปลี่ยนเป็นบีลิมโฟไซต์ที่ทำงานได้ บีลิมโฟไซต์ที่ทำงานได้จะแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนให้มากขึ้นก่อน แล้วจึงเปลี่ยนจากบีลิมโฟไซต์เป็นพลาสม่าเซลล์ ที่สามารถผลิตแอนติบอดีจำเพาะได้มากว่าตอนที่เป็นลิมโฟไซต์ แอนติบอดี้ที่หลั่งจากพลาสม่าเซลล์จะเข้าไปในพลาสม่าของเลือดแล้วจะไปเกาะกับแอนติเจน เพื่อเข้าทำลายแอนติเจนด้วยกลไกต่างๆ เช่นทำให้แอนติเจนที่อยู่ในรูปสารพิษเปลี่ยนเป็นสารที่ไม่มีพิษ หรือทำให้แอนติเจนตกตะกอนรวมกลุ่มกันและถูกเก็บกลืนกินโดยแมคโครฟาจเซลล์ หรือทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของแอนติเจนถูกฉีกขาด

 **แอนติบอดี้ หรืออิมมูโนโกลบูลิน (antibody or immunoglobulin)** เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ป้องกันร่างกายมีประมาณ 5 ชนิดได้แก่ IgG IgM IgA IgE และ IgD เป็นต้น

 - IgG หรืออิมมูโนโกลบูลิมจีพบได้ในนมน้ำเหลือง จัดเป็นแอนติบอดีที่ร่างกายสร้างขั้นมาเป็นตัวแรก โดยการสร้างเป็นไปอย่างช้าๆในร่างกาย

 - IgM เป็นแอนติบอดีที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับแอนติเจนเป็นเวลานานๆ หรือเมื่อได้รับแอนติเจนเป็นครั้งที่สอง แอนติเจนชนิดนี้จะถูกสร้างได้เร็วกว่า IgG

 - IgA เป็นแอนติบอดีที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยป้องกันการเกิดโรคที่มีสาเหตจากการที่สัตว์จะได้รับแอนติเจนที่อาจเข้ามาทางผิวของเยื่อเมือก เช่นทางเดินอาหาร สามารถออกจากเลือดเข้ามาอาศัยอยู่ในของเหลวของเนื้อเยื่อได้

 - IgE เป็นแอนติบอดีที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อการแพ้

 - IgD ยังไม่ทราบบทบาทที่แน่นอน

 **เซลล์ความจำ (memory cell)** หมายถึงบีลิมโฟไซต์ หรือทีลิมโฟไซต์ที่ถูกกระตุ้นให้มีการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน โดยเซลล์บางเซลล์จะไม่ตอบสนองต่อแอนติเจนหรือยังไม่เข้าไปทำลายแอนติเจนในทันที แต่จะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ความจำ แล้วเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่น้ำเลือดหรือต่อมน้ำเหลือง เพื่อคอยติดตามแอนติเจนต่อไป โดยเซลล์ความจำจะมีข้อมูลของแอนติเจนนั้นๆอยู่แล้ว เมื่อร่างกายได้รับแอนติเจนชนิดนั้นๆอีกครั้งเซลล์ความจำจึงทำหน้าที่ในการตอบสนองต่อแอนติเจนที่เข้าไปใหม่ ซึ่งการตอบสนองในครั้งนี้จะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าในครั้งแรก เซลล์ความจำสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานเป็นวัน เดือน หรือเป็นปีก็ได้

**3.การให้ภูมิคุ้มกันแก่ร่างกาย (immunization)**

 โดยทั่วไปการให้ภูมิคุ้มกันแก่ร่างกายมีด้วยกัน 2 วิธีการคือ ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นด้วยการกระตุ้น (active immunity) และภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นด้วยการได้รับเข้าไปในร่างกายโดยตรง (passive immunity)

 **3.1 ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นด้วยการกระตุ้น (active immunity)**

 เป็นภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นได้เองในสัตว์แต่ละตัว เพื่อตอบสนองการกระตุ้นที่เกิดจากแอนติเจนที่ได้รับเข้ามาในร่างกายได้แก่ ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นโดยการกระตุ้นจากธรรมชาติ (active natural immunity) และภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นโดยการกระตุ้นจากสารอื่น (active artificial immunity) เช่น การทำวัคซีนให้แก่สัตว์เลี้ยง

1. **ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นโดยการกระตุ้นจากธรรมชาติ (active natural immunity)** เป็นภูมิคุ้มกันตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในสัตว์ เมื่อสัตว์ได้รับแอนติเจนในครั้งแรกนั้น สัตว์จะแสดงอาการเจ็บป่วยก่อนในระยะเวลาหนึ่งหลังจากที่ได้รับแอนติเจนหรือได้รับการกระตุ้น แต่เมื่อระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายสามารถสร้างแอนติบอดีเพื่อทำลายแอนติเจนที่ได้รับได้ สัตว์ก็จะหายป่วย การตอบสนองแอนติเจนโดยการสร้างภูมิคุ้มกันในครั้งแรกจะเกิดขึ้นได้ช้ากว่าครั้งต่อๆไป เซลล์ความจำของบีลิมโฟไซต์ หรือทีลิมโฟไซต์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากปฏิกิริยาการสร้างภูมิคุ้มกันครั้งแรกเพื่อต่อต้านแอนติเจนที่ได้รับ จะถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อสัตว์ได้รับแอนติเจนชนิดเดียวกันนั้นในครั้งต่อๆไป หรือในร่างกายอาจมีการสร้างภูมิคุ้มกันที่ป้องกันไม่ให้เกิดการเจ็บป่วยที่เกิดจากแอนติเจนที่เคยได้รับได้
2. **ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นโดยการกระตุ้นจากสารอื่น (active artificial immunity)** เป็นภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นจากการให้สารกระตุ้นแก่ร่างกาย เช่นการให้วัคซีน (vaccination) วัคซีน (vaccine) จะทำหน้าที่กระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นมา เพื่อป้องกันอันตรายให้แก่ร่างกายและต่อสู้เชื้อโรค วัคซีนมักประกอบด้วยแอนติเจนที่ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไป หรือแอนติเจนที่มีฤทธิ์ไม่รุนแรงเหมือนแอนติเจนปกติ จึงมีผลให้เกิดการตอบสนองแอนติเจนที่ไม่เกิดโรคขึ้นมา การตอบสนองภูมิคุ้มกันโดยวิธีนี้ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายจะสร้างเซลล์ความจำของบีลิมโฟไซต์ หรือทีลิมโฟไซต์ ชนิดเดียวกันกับที่เคยสร้างขึ้นมาเมื่อได้รับแอนติเจน (เชื้อโรค)ที่รุนแรงตามธรรมชาติ แต่วัคซีนที่ได้รับเป็นแอนติเจนที่เปลี่ยนแปลงไปหรืออ่อนตัวลง เซลล์ความจำที่เกิดขึ้นจากการทำวัคซีนจึงสามารถทำลายแอนติเจนได้อย่างรวดเร็ว การให้วัคซีนบางชนิดจะสามารถช่วยป้องกันโรคได้ตลอดช่วงชีวิต แต่วัคซีนบางชนิดตอบสนองได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้นจึงต้องให้วัคซีนเป็นระยะๆ เพื่อให้ร่างกายสามารถป้องกันโรคได้ต่อไป

 **3.2 ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นด้วยการได้รับเข้าไปในร่างกายโดยตรง (passive immunity)** หมายถึงภูมิคุ้มกันที่สัตว์ไม่ได้สร้างขึ้นหรือไม่ได้เกิดขึ้นเอง แต่ได้รับการถ่ายโอนภูมิคุ้มกันมาจากสัตว์ที่มีภูมิคุ้มกันในร่างกายอยู่ก่อนแล้วแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

 **1) ภูมิคุ้มกันที่สัตว์ได้รับโดยตรงตามธรรมชาติ (passive natural immunity)** เช่น ภูมิคุ้มกันที่ลูกโคได้รับจากการกินนมน้ำเหลืองหลังคลอด เนื่องจากลูกโคแรกเกิดไม่มีภูมิคุ้มกันโรคอยู่ในร่างกายเลย ลูกโคจึงจำเป็นที่จะได้รับภูมิคุ้มกันหรือแอนติบอดี้ (antibody) เช่น อินมูโนโกบูลลิน (immunoglobulin, IgG) จากนมน้ำเหลือง (colostrum) ที่เป็นอาหารที่ควรได้รับโดยเร็วที่สุดหลังคลอด นมน้ำเหลืองที่รีดจากแม่โคในครั้งแรกหลังคลอด มีค่าเฉลี่ยโปรตีน ไขมัน วัตถุแห้ง ไวตามินและแร่ธาตุสูงกว่าน้ำนมปกติ และมีภูมิคุ้มกันโรค (immunoglobulins) สูง เช่น Immunoglobulin G (IgG) ทำหน้าที่ให้ภูมิคุ้มกันโรคแก่ลูกโค เพื่อป้องกันการติดเชื้อต่างๆ โดยเฉพาะเชื้อโรคที่ติดต่อทางระบบหายใจ และระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการตายของลูกโค โปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ และ ภูมิคุ้มกันโรค (Immunoglobulin) ในนมน้ำเหลือง สามารถถูกดูดซึมได้ทันทีที่เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็กโดยต้องไม่มีการย่อย เนื่องจากเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร (ลำไส้เล็ก) ยังพัฒนาไม่เต็มที่ จึงยังไม่มีการผลิตน้ำย่อย เมื่อลูกโคอายุได้ 24 ชั่วโมง เซลล์เยื่อบุของผนังลำไส้จะพัฒนาได้เต็มที่และเริ่มที่จะผลิตเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนได้ โปรตีนที่อยู่ในนมน้ำเหลือง และภูมิคุ้มกันโรคซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งก็จะถูกย่อยสลายด้วย คุณสมบัติในการเป็นภูมิคุ้มกันโรคจึงสูญเสียไป การให้นมน้ำเหลืองแก่ลูกโคในระยะ 24 ชั่วโมงหลังคลอด ภูมิคุ้มกันที่อยู่ในนมน้ำเหลืองจึงถูกใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ อาจกล่าวได้ว่าภูมิคุ้มกันโรคที่อยู่ในนมน้ำเหลืองจะใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในเวลา 24 ชั่วโมงหลังคลอดเท่านั้น ควรให้ลูกโคได้กินนมน้ำเหลืองในอัตราไม่น้อยกว่า 8 – 10%ของน้ำหนักตัว เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 วัน หรือจนกว่านมน้ำเหลืองจากแม่โคจะหมดไป โดยทั่วไปจะให้ลูกโคกินนมน้ำเหลืองวันละ 2 เวลา (เช้า และเย็น) ในทางปฏิบัติจะสอนให้ลูกโคกินนมจากถังได้เองแทนการให้นมจากขวด พร้อมตั้งน้ำสะอาดให้กินอย่างอิสระ โดยการแยกลูกโคจากแม่ไปเลี้ยงในกรงลูกโคแบบขังเดี่ยว มีบริเวณให้น้ำ และอาหารแยกจากกัน ลูกโคที่ไม่ได้กินนมน้ำเหลืองหลังคลอดส่วนใหญ่จะมีการติดเชื้อ หรือตายได้ง่าย นมน้ำเหลืองที่รีดจากแม่โคหากใช้ไม่หมดควรนำไปเก็บรักษาไว้ โดยการนำไปแช่แข็ง หรือนำไปทำเป็นนมน้ำเหลืองหมัก ซึ่งสามารถใช้เลี้ยงลูกโคตัวอื่นต่อไปได้

นอกจากนี้ลูกสัตว์อาจได้แอนติบอดีมาจากแม่โคในขณะที่เป็นตัวอ่อนในมดลูกโดยผ่านทางรกได้ ซึ่งจะเป็นภูมิคุ้มกันที่ช่วยในการป้องกันโรคได้ในช่วงแรกเกิด หลังจากที่ระบบภูมิคุ้มกันของลูกสัตว์พัฒนาเต็มที่สัตว์ก็จะสามารถภูมิคุ้มกันได้เอง อาจทำได้ด้วยการกระตุ้นเมื่อได้รับวัคซีน การให้วัคซีนแต่ละชนิดในลูกสัตว์จึงมีวิธีการ ระยะเวลาในการให้แตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ หรือตามอายุของสัตว์ได้

  **2) ภูมิคุ้มกันที่ได้รับจากการถ่ายโอนภูมิคุ้มกันมาจากสัตว์ที่มีภูมิคุ้มกันอยู่ก่อนแล้ว (passive artificial immunity)** เป็นภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นจากการนำภูมิคุ้มกันมาจากสัตว์ที่มีภูมิคุ้มกันอยู่ก่อนแล้วมาใส่ให้กับตัวสัตว์ เช่น สัตว์ที่ไม่มีภูมิคุ้มโรคบาดทะยัก (tetanus) เมื่อได้รับเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารพิษ (toxin) ที่เป็นสาเหตุของโรคบาดทะยักจะเกิดอาการป่วยทันทีที่ แต่การได้รับสารที่มีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อบาดทะยักจะช่วยป้องกันชีวิตของสัตว์ได้