



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยอุดรธานี

ความรู้พื้นฐาน ทางภูมิคุ้มกันวิทยา

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2 แก้ไขเพิ่มเติม

ดร.ธีรกุล อารณีสวรรณ

ธีรกุล อาภรณ์สุวรรณ.

ความรู้พื้นฐานทางภูมิคุ้มกันวิทยา.

1. วิทยาภูมิแพ้และภูมิคุ้มกัน.

QW504

ISBN 978-616-314-267-2

ISBN (E-BOOK) 978-616-602-124-0

ลิขสิทธิ์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรกุล อาภรณ์สุวรรณ
สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2562

จำนวน 300 เล่ม (ฉบับพิมพ์เพิ่ม)

ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (e-book) เดือนกรกฎาคม 2567

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 หมู่ 18 อาคารโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชั้น 2 ห้อง 205

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

โทร. 085-112-6081, 085-112-6968

<http://thammasatpress.tu.ac.th>, e-mail: unipress@tu.ac.th

พิมพ์ที่ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอ็มแอนด์เอ็มเลเซอร์พริ้นต์

นายสมชาย คำขำ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

ภาพปกโดยนางสาวณัฏฐา สันตสุข

พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนตุลาคม 2556 จำนวน 300 เล่ม

พิมพ์ครั้งที่ 2 เดือนพฤศจิกายน 2559 จำนวน 300 เล่ม

พิมพ์ครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2562 จำนวน 300 เล่ม (ฉบับพิมพ์เพิ่ม)

ราคาเล่มละ 150.- บาท

สารบัญ

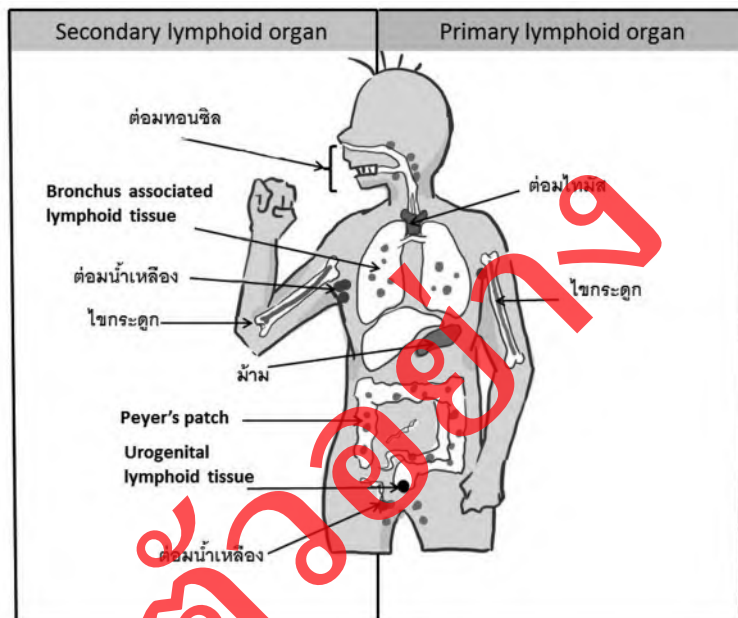
	หน้า
สารบัญรูป	(7)
สารบัญตาราง	(10)
คำนำ	(11)
กิตติกรรมประกาศ	(12)
บทที่ 1 เซลล์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน	1
บทนำ	2
1. Innate immunity และ Adaptive immunity	3
2. Reticuloendothelial system (RE system)	4
3. ระบบน้ำเหลือง (Lymphatic system)	8
บรรณานุกรม	21
บทที่ 2 ภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity	23
บทนำ	24
1. คุณลักษณะของภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity	25
2. องค์ประกอบต่างๆ ในภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity	30
3. สารเคมีหรือโปรตีนในร่างกายที่ช่วยการทำงานในภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity	38
4. Cytokine ที่เกี่ยวข้องในภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity	40
5. กระบวนการอักเสบ	41
บรรณานุกรม	42
บทที่ 3 ระบบคอมพลีเมนต์	45
บทนำ	46
1. การกระตุ้นระบบคอมพลีเมนต์	46
2. หน้าที่ทางชีวภาพของคอมพลีเมนต์	54
3. ความผิดปกติของระบบคอมพลีเมนต์	56
บรรณานุกรม	58

	หน้า
บทที่ 4 แอนติเจน (Antigen) และตัวรับ (Receptor)	59
บทนำ	60
1. ความหมายของแอนติเจนและศัพท์ที่เกี่ยวข้อง	60
2. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อ immunogenicity	64
3. คุณสมบัติทางธรรมชาติของแอนติเจน	65
4. ตัวรับ	70
บรรณานุกรม	78
บทที่ 5 แอนติบอดี (Antibody) และอิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulin)	79
บทนำ	80
1. โครงสร้างพื้นฐานของอิมมูโนโกลบูลิน	82
2. โครงสร้างพื้นฐานความหลากหลายของแอนติบอดี	87
3. คุณสมบัติทางชีวภาพของอิมมูโนโกลบูลิน	92
4. ยีนของอิมมูโนโกลบูลิน	95
5. กำเนิดความหลากหลายของอิมมูโนโกลบูลิน	97
6. การแสดงออกของอิมมูโนโกลบูลิน	102
บรรณานุกรม	106
บทที่ 6 การผลิตแอนติบอดี	107
บทนำ	108
1. Polyclonal antibody	109
2. Monoclonal antibody	118
บรรณานุกรม	129
บทที่ 7 หลักการและพื้นฐานในการตรวจวิเคราะห์ทางภูมิคุ้มกันวิทยา	131
บทนำ	132
1. การจับกันของแอนติเจนและแอนติบอดี	132
2. ปฏิกริยาจับกลุ่ม	140
3. ปฏิกริยาตกตะกอน	143
4. ปฏิกริยาตรึงคอมพลีเมนต์	152
5. ปฏิกริยาแอนติเจนและแอนติบอดีที่ใช้สารช่วยในการวิเคราะห์	154
บรรณานุกรม	172
ดัชนี	175

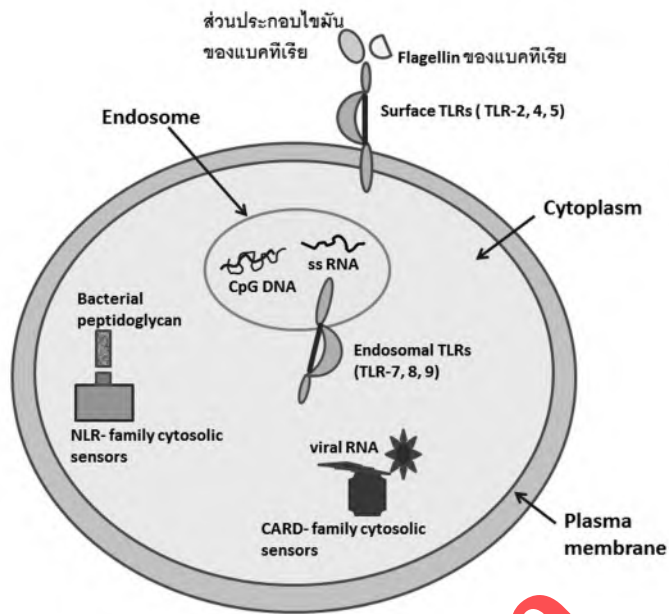
อวัยวะที่เป็นแหล่งรวมของเซลล์ต้นกำเนิดของ lymphocyte และเซลล์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันคือ lymphoid organ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ primary lymphoid organ และ secondary lymphoid organ

Primary lymphoid organ หรือ Central lymphoid organ

เป็นอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิดและเป็นที่เจริญเติบโตของ lymphocyte ได้แก่ ไขกระดูก และต่อมไทมัส (รูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.2 ภาพแสดง primary lymphoid organ และ secondary lymphoid organ จากภาพ primary lymphoid organ ได้แก่ ไขกระดูก และต่อมไทมัส ส่วน secondary lymphoid organ ประกอบด้วย ม้าม ต่อมน้ำเหลือง ไขกระดูก และบริเวณชั้นใต้ช่องเปิดต่างๆ (mucosa associated lymphoid tissue, MALT) กลุ่มย่อยของ MALT ได้แก่ ต่อมทอนซิล bronchus-associated lymphoid tissue (BALT) ต่อมน้ำเหลืองบริเวณลำไส้ (peyer's patch) และ urogenital lymphoid tissue (ดัดแปลงจาก Male D, Brostoff J, Roth DB, and Roitt I. *Immunology International edition*. 7th ed. Philadelphia, PA: Mosby Elsevier Company., 2006)



รูปที่ 2.1 ลักษณะการแสดงออกของตัวรับบนผิวเซลล์และภายในเซลล์ (cellular pattern recognition receptor) ในภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity พบได้ทั้งบนส่วนผิวนอกเซลล์หรือภายในส่วนที่เป็น endosomal vesicle และในไซโตพลาสซึมของเซลล์
(ดัดแปลงจาก Abbas AK, Lichtman AH, and Pillai S. *Cellular and Molecular Immunology*. 6th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier Company., 2007)

บนผิวนั่งเซลล์ภายในของ endosomal membrane ที่มีความจำเพาะจะเกิดการจับกับส่วนประกอบของไวรัสที่ติดเชื้อมากภายในเซลล์ ทำให้เกิดการกระตุ้นในส่วนของโครงสร้างที่ปักอยู่ภายในบนผิวนั่งเซลล์ที่มีการจับกันระหว่างเชื้อโรคกับตัวรับของเซลล์ ส่งผลให้มีการสร้างโปรตีนบริเวณ endoplasmic reticulum และ endosomal membrane มีการสร้างโปรตีนออกมา เพื่อไปกระตุ้นการสร้าง protein kinase ทำให้มีการกระตุ้นกระบวนการ transcription ของยีนที่มีการสร้างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การสร้าง cytokine ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ (IL-1, IL-2, TNF) การปล่อยสาร chemokine (IL-8, MCP-1) การสร้างโมเลกุลของสารที่เกี่ยวข้องกับ endothelial adhesion (E-selectin) และมีการปล่อยสาร cytokine ชนิด IFN- β ที่สามารถกำจัดไวรัสได้ สารต่างๆ ที่หลั่งออกมาจะทำให้มีการกำจัดเชื้อโรคออกจากร่างกายโดยตรงหรือเป็นสารที่กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิด adaptive immunity ให้ทำงานได้ต่อไป

3. สารเคมีหรือโปรตีนในร่างกายที่ช่วยการทำงานในภูมิคุ้มกัน

ชนิด innate immunity

Complement system

ระบบคอมพลีเมนต์ (complement system) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องของกลุ่มโปรตีนที่ถูกกระตุ้นให้สามารถทำงานได้ในภาวะหนึ่ง ก่อให้เกิดการทำลายสิ่งแปลกปลอม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในระบบการป้องกันเชื้อโรคของร่างกาย แต่อาจทำให้เกิดพยาธิสภาพแก่ร่างกายได้เช่นกัน ถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในขั้นตอนในระหว่างเกิดการทำลายเชื้อโรค

การทำงานของระบบคอมพลีเมนต์เป็นการทำงานอย่างต่อเนื่องของโปรตีนหลายๆ ตัวที่อยู่ในสภาพเฉื่อย (inactive) เมื่อร่างกายอยู่ในภาวะปกติ สำหรับการกระตุ้นระบบคอมพลีเมนต์แบ่งออกเป็น 3 ทางคือ classical pathway, alternative pathway และ lectin pathway โดยตัวกระตุ้นจะเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอนติเจนและแอนติบอดี ส่วนประกอบของผนังเซลล์ของจุลชีพ และส่วนประกอบ mannose binding lectin บนผนังเซลล์ของจุลชีพ ตามลำดับ เมื่อมีการกระตุ้นการทำงานของโปรตีนในระบบคอมพลีเมนต์จากทั้งสามทางจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ จนในที่สุดจะเกิดเป็นโปรตีนในระบบคอมพลีเมนต์ชนิด C3 และ C5 จากนั้นจะมีการทำงานร่วมกันกับ C6, C7, C8 และ C9 มีผลทำให้เกิดการแตกของผนังเซลล์ของจุลชีพ เนื่องจากเกิดการเสียสมดุลของ osmosis ของเหลวภายนอกเซลล์จะไหลเข้ามาในเซลล์จนทำให้เซลล์แตกและจุลชีพตายในที่สุด ในระหว่างที่เกิดกระบวนการการทำให้โปรตีนในระบบคอมพลีเมนต์เปลี่ยนแปลงไปสามารถทำงานได้ในการย่อยสารตั้งต้น และพร้อมกับเกิดสารต่างๆ มากมาย ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพต่างๆ ตัวอย่างเช่น C3a และ C5a เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ ส่วน C3b เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ opsonization และ phagocytosis (รูปที่ 2.4)

➤ **Pentraxin** เป็นกลุ่มโปรตีนในพลาสมาที่ถูกสังเคราะห์และปล่อยออกมาจากเซลล์ตับ หลังจากเซลล์ตับถูกกระตุ้นจาก cytokine ที่ถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ phagocyte ปริมาณโปรตีนที่มากขึ้นจะเข้าไปเกาะจับบนผิวของเชื้อจุลชีพ ทำให้จุลชีพถูกทำลายได้ง่ายขึ้นโดยระบบ complement system

ชนิดของแอนติเจน

แอนติเจนสามารถแบ่งตามการเกิดการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันได้ 2 อย่างคือ Thymus-independent antigen (T-independent antigen) และ Thymus-dependent antigen (T-dependent antigen)

1. **Thymus-independent antigen (T-independent antigen)** เป็นแอนติเจนที่กระตุ้น B lymphocyte ให้ผลิตแอนติบอดีได้โดยตรง โดยไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นผ่านทาง T lymphocyte ตัวอย่างเช่น สารประกอบโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ของเชื้อ pneumococci การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของแอนติเจนในร่างกายที่ไม่เคยได้รับสารมาก่อน (primary immune response) ซึ่งจะมีการกระตุ้นทำให้เกิดการสร้างแอนติบอดีชนิด IgM เป็นส่วนใหญ่ เมื่อได้รับแอนติเจนซ้ำเป็นครั้งที่สอง (secondary immune response) ร่างกายจะสร้างแอนติบอดีชนิด IgM ออกมาเกือบทั้งหมด โดยที่มีปริมาณและความสามารถในการจับกับแอนติเจนเหมือนกับครั้งแรกที่ได้รับแอนติเจนนั้นๆ เนื่องจากไม่มีการสร้าง memory B cell ทำให้การสร้างแอนติบอดีชนิด IgM ในการตอบสนองแบบ primary immune response และ secondary immune response มีลักษณะเหมือนกัน ส่วนแอนติบอดีชนิด IgG อาจไม่เกิดการกระตุ้นให้สร้างหรือสร้างได้น้อยมาก

คุณสมบัติของ T-independent antigen

กลุ่มของแอนติเจนที่มีลักษณะเป็น T-independent antigen มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีส่วนของ epitope ที่เหมือนกันหรือซ้ำๆ กันบนโมเลกุลของแอนติเจน (รูปที่ 4.3)
2. มีความสามารถในการกระตุ้น clone หลาย clone ของเซลล์ B lymphocyte ที่จำเพาะกับแอนติเจนอื่นๆ ได้ (polyclonal activation of B cell) T independent antigen



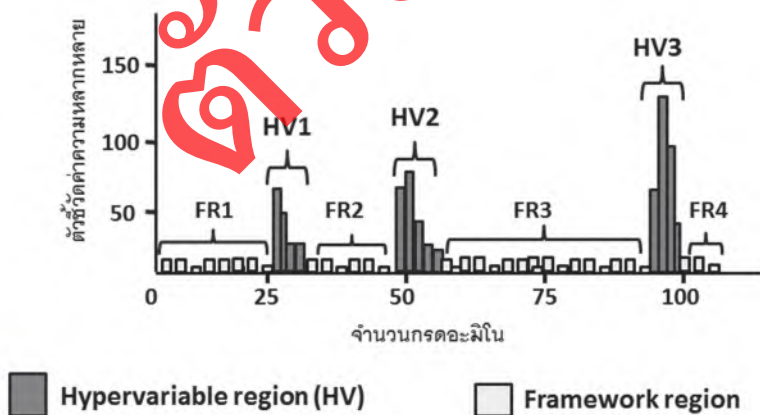
รูปที่ 4.3 ลักษณะของ T-independent antigen ที่มี epitope เหมือนกันหรือซ้ำๆ กันบนโมเลกุลของแอนติเจน (multivalent antigen with a repeated epitope)

(ดัดแปลงจาก Parham P. *The Immune System*. 3rd ed. New York and London: Garland Publishing/Elsevier Science Ltd., 2009)

โครงสร้างของอิมมูโนโกลบูลินในส่วน variable region

จากการศึกษาเปรียบเทียบลำดับของกรดอะมิโนในส่วน variable region ของอิมมูโนโกลบูลินต่างๆ พบว่ามีเพียง 3 บริเวณเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงของลำดับกรดอะมิโนสูงมาก เรียกบริเวณนี้ว่า hypervariable region (HV) พบว่าใน L chain (รูปที่ 5.8) มี hypervariable region (HV1, HV2, HV3) อยู่ระหว่างตำแหน่งกรดอะมิโนที่ 25-30, 50-60, 90-95 ส่วนใน H chain มี HV1, HV2, HV3 อยู่ระหว่างตำแหน่งกรดอะมิโนที่ 30-35, 50-60, 95-100 บริเวณ HV1, HV2, HV3 ทั้งใน V_L และ V_H ของโมเลกุลของอิมมูโนโกลบูลินจะเป็นส่วนที่อยู่ใกล้กันประกอบกันเป็นส่วนที่ให้แอนติเจนที่จำเพาะมาเกาะกับแอนติบอดีตรงบริเวณปลายสุดของ Fab ทำให้เรียกส่วนนี้ว่า antigen binding site ซึ่งเป็นส่วน loop ที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของแอนติบอดีที่มีโครงสร้างที่จำเพาะกับแอนติเจนแต่ละชนิด เรียกส่วน loop ที่แตกต่างกันนี้ (hypervariable loop) ว่า complementarity determining region (CDR) เนื่องจากเป็นส่วนของแอนติเจนที่เข้ากันได้ (complementary) กับแอนติบอดีและอยู่บริเวณส่วนผิวของโมเลกุลทั้งสองในการเกาะกัน (รูปที่ 5.9)

บริเวณอื่นๆ ที่อยู่ระหว่าง hypervariable region (HV) เป็นส่วนที่ลำดับกรดอะมิโนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเรียกบริเวณนี้ว่า framework regions (FR) ได้แก่ FR1, FR2, FR3 และ FR4 (รูปที่ 5.8) เมื่อนำมาเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนในส่วนที่เป็น FR ของ variable region ทั้งใน H และ L chain ทำให้แบ่งอิมมูโนโกลบูลินออกเป็น class หรือ subclass



รูปที่ 5.8 บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของลำดับกรดอะมิโนในส่วนของ variable region ของ L chain เรียกว่า hypervariable region ได้แก่ HV1, HV2, HV3 และ framework region (FR) เป็นบริเวณที่ลำดับกรดอะมิโนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

(ดัดแปลงจาก Male D, Brostoff J, Roth DB, and Roitt I. *Immunology International edition*. 7th ed. Philadelphia, PA: Mosby Elsevier Company., 2006)

การเลือกใช้ adjuvant (Choice of adjuvant)

Adjuvant คือ สารที่เติมเข้าไปผสมรวมกับอิมมูโนเจน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันได้มากขึ้น คุณสมบัติของ adjuvant เช่น การปลดปล่อยอิมมูโนเจนออกมาอย่างช้าๆ ทำให้ร่างกายตอบสนองในการสร้างภูมิคุ้มกันได้ดียิ่งขึ้น ประวัติการนำเอา adjuvant มาใช้ในการสร้างวัคซีนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1920 โดย Ramon และ Glenny จากการสังเกตพบว่า ม้าที่ได้รับการฉีด diphtheria toxoid มีฝีหนองเกิดขึ้นในบริเวณที่ฉีดและมีการตอบสนองในการสร้างแอนติบอดีสูง ต่อมาได้มีการคิดค้นพัฒนาชนิดของ adjuvant ที่มีส่วนผสมของเชื้อ *Mycobacterium* ที่ทำให้ตายแล้วผสมรวมกับ oil emulsion เรียกว่า Freund's complete adjuvant ซึ่งเป็น adjuvant ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การเลือกใช้ adjuvant แต่ละชนิดให้เหมาะสมกับอิมมูโนเจนและสัตว์ทดลองมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจการทำงานของ adjuvant เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้ให้ตรงกับสรีรวิทยาของสัตว์ทดลอง ไม่ให้สัตว์ทดลองมีความเจ็บปวดและเกิดอาการข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้นจากการได้รับการฉีดสารเข้าไปเป็นเวลานาน

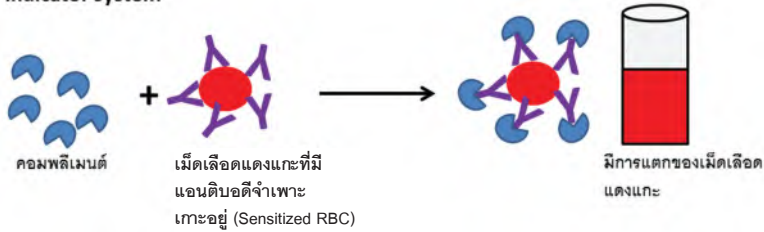
การทำงานของ adjuvant ในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันมีหลายวิธี เช่น การกักเก็บ (depot) อิมมูโนเจนไว้ในบริเวณที่ฉีดเข้าไปไม่ให้ออกอย่างรวดเร็วภายในร่างกาย แต่สามารถปลดปล่อยอิมมูโนเจนออกมากระตุ้นภูมิคุ้มกันอย่างช้าๆ adjuvant บางชนิดสามารถช่วยส่งอิมมูโนเจนผ่านเข้าไปสู่บริเวณต่อมน้ำเหลืองและม้าม หรือกระตุ้นทั้งโดยตรงและทางอ้อมกับเซลล์ในกลุ่มระบบภูมิคุ้มกัน เช่นกระตุ้นให้เซลล์ antigen presenting cell (APC) ทำงานได้ดีขึ้นในระหว่างกระบวนการสื่อสารติดต่อกับกลุ่มเซลล์ lymphocyte ในการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันดีขึ้น หรืออาจจะกระตุ้นโดยตรงกับกลุ่มเซลล์ lymphocyte ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

กลไกการออกฤทธิ์ของ adjuvant สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้แก่

1. Immunomodulation เป็นกลุ่ม adjuvant ที่ออกฤทธิ์ในการกระตุ้นการสร้าง cytokine ในระบบภูมิคุ้มกัน อาจจะกระตุ้นเพิ่มการสร้าง cytokine ได้หลายชนิดหรือบางชนิดที่สำคัญ มีผลในการสร้างแอนติบอดีชนิด IgG adjuvant ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นสารที่สกัดได้จากเชื้อโรคต่างๆ โดยอาจจะเป็นสารที่พบในธรรมชาติหรืออนุพันธ์ของสารในธรรมชาติที่มีการดัดแปลงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และลดผลข้างเคียงให้น้อยลง เช่น lipid A และ monophosphoryl lipid A

2. Presentation adjuvant เป็นกลุ่ม adjuvant ที่สามารถทำปฏิกิริยากับอิมมูโนเจนแล้วยังคงเก็บรักษาสภาพของโครงสร้าง conformational ของอิมมูโนเจนไว้ในสภาพเดิม ทำให้

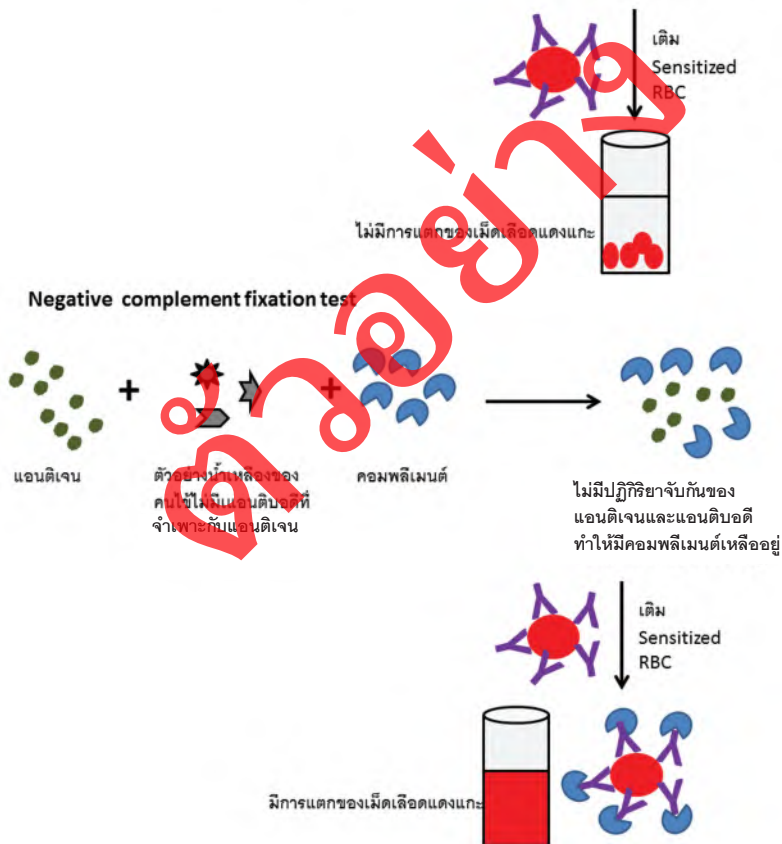
Indicator system



Positive complement fixation test



Negative complement fixation test



รูปที่ 7.17 ปฏิกิริยาการตรึงคอมพลีเมนต์ (complement fixation test) ถ้าตัวอย่างน้ำเหลืองมีแอนติบอดีที่จำเพาะจะไม่มีมีการแตกของเม็ดเลือดแดง (positive complement fixation test) ส่วนตัวอย่างน้ำเหลืองที่ไม่มีแอนติบอดี มีการแตกของเม็ดเลือดแดง (negative complement fixation test) (ดัดแปลงจาก Mohanty SK. *Textbook of Immunology*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd., 2007)

ความรู้พื้นฐานทางภูมิคุ้มกันวิทยา

ความรู้พื้นฐานทางภูมิคุ้มกันวิทยาเล่มนี้ได้รวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายในส่วนที่เกี่ยวกับเซลล์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับกลไกการป้องกันร่างกายจากเชื้อโรคโดยระบบภูมิคุ้มกันชนิด innate immunity ที่ได้รับความสนใจศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้เพิ่มเติมมากขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน และได้รวบรวมเนื้อหาของแอนติเจนและแอนติบอดี ในแง่มุมมองเกี่ยวกับความหมาย คุณสมบัติ และความหลากหลายของแอนติบอดี การผลิตแอนติบอดี และหลักการตรวจวิเคราะห์ทางภูมิคุ้มกันวิทยา หนังสือเล่มนี้ได้รวมเนื้อหาความน่าสนใจของเรื่องเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันด้วยรูปภาพประกอบชัดเจน เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่าย อันจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษาและประกอบการเรียนการสอนวิชาภูมิคุ้มกันวิทยา ความรู้พื้นฐานทางภูมิคุ้มกันวิทยาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์และทดสอบทางห้องปฏิบัติการชั้นสูงในโรงพยาบาลต่างๆ และงานวิจัยต่างๆ ด้วย

ดร.ธีรกุล อารณสุวรรณ

การศึกษา

- ปริญญาตรี สาขาเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2527
- ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2536
- ปริญญาเอก สาขา Molecular Biomedical Sciences (Biochemistry) University of Adelaide ประเทศออสเตรเลีย พ.ศ. 2546

ความชำนาญ/สนใจพิเศษ

- Immunology, Molecular Biology

ประวัติการทำงาน

- พ.ศ. 2527-2528 นักเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์
- พ.ศ. 2528-2539 นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
- พ.ศ. 2539-ปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ISBN 978-616-314-267-2



9 786163 142672

ราคา 150 บาท
หมวดแพทยศาสตร์