โภชนพันธุศาสตร์ : โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อสมรรถนะทางกีฬาและการออกกำลังกาย

Nutrigenomics : The personalized nutrition for sport and exercise performance

ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน (Nuttawut Lainumngen)

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- โภชนาการช่วยส่งเสริมสมรรถนะทางด้านการกีฬาและการออกกำลังกาย
- มนุษย์แต่ละคนจะมีการตอบสนองต่ออาหารชนิดเดียวกันที่แตกต่างกันเนื่องจากความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม
- การตรวจคัดกรองรูปแบบของยีนอาจเป็นเครื่องมือเสริมสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการให้คำแนะนำของนักวิทยาศาสตร์การกีฬา นักโภชนาการและผู้ฝึกสอนกีฬา

Highlights

- Nutrition can enhance sport and exercise performance
- Individuals respond differently to the same foods due to genetic variation
- Genetic screening test may be an additional tool for implementing into the recommendation guideline for sport scientist, nutritionist and coaches

บทคัดย่อ

การบริโภคอาหารหลักและอาหารเสริมที่มีรูปแบบจำเพาะต่อบุคคลเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ใช้สำหรับการเพิ่มสมรรถนะทางกาย (physical performance) ให้มีความพร้อมสำหรับการทำกิจกรรมที่ต้องออกแรงหรือเคลื่อนไหวร่างกาย รวมถึงกิจกรรมการแข่งขันทางด้านกีฬา โดยอาศัยหลักการออกแบบโภชนาการเฉพาะบุคคล (personalized nutrition) ให้มีความเหมาะสมกับยีน เนื่องจากหน่วยพันธุกรรมหรือยีนที่แตกต่างกันระหว่างบุคคลเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซึมสารอาหาร การเผาผลาญสารอาหาร การนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ตลอดจนการขจัดสารอาหารหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในร่างกายที่ได้รับจากการบริโภคอาหาร ดังนั้น

การตรวจวิเคราะห์รูปแบบของยีนเพื่อนำมาใช้ประกอบการออกแบบอาหารเฉพาะบุคคลอาจเป็นเครื่องมือสำคัญในอนาคตที่ใช้สำหรับประกอบการฝึกสอนและการให้คำแนะนำเพื่อช่วยปรับปรุงภาวะโภชนาการ ส่งเสริมการมีองค์ประกอบของร่างกายที่สมบูรณ์และกระตุ้นสมรรถนะทางด้านการกีฬาได้

คำสำคัญ : โภชนพันธุศาสตร์ โภชนาการเฉพาะบุคคล โภชนาการทางการกีฬา สนิปส์
Keywords : nutrigenomic, personalized nutrition, sport nutrition, SNPs

บทนำ

โภชนาการเฉพาะบุคคลเป็นแนวคิดที่ช่วยส่งเสริมการมีสุขภาพดีโดยการออกแบบโภชนาการเพื่อตอบสนองต่อความแตกต่างตามข้อมูลของแต่ละบุคคล ปัจจุบันได้มีการนำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้สำหรับนักกีฬาและผู้ออกกำลังกาย โดยมุมมองงานวิจัยด้านโภชนาการทางการกีฬา (sport nutrition) เริ่มมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่มีการแนะนำทางด้านโภชนาการในรูปแบบเดียวกันทั้งหมด (one-size-fits-all) ไปสู่การให้คำแนะนำที่มีความจำเพาะต่อบุคคลมากขึ้น ซึ่งมีส่วนสำคัญในการกำหนดองค์ประกอบของร่างกายที่เหมาะสมและมีสมรรถนะทางกายที่พร้อมสำหรับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถทางด้านการกีฬาและประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โดยวิธีการแนะนำสารอาหารหรือรูปแบบการรับประทานอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการ ภาวะสุขภาพ ความชอบทางอาหาร และข้อมูลทางพันธุกรรมของนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกาย

โภชนพันธุศาสตร์ (nutrigenomics) เป็นการนำเทคโนโลยีในการตรวจหาสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ (DNA : deoxyribonucleic acid) มาประยุกต์ใช้เข้ากับการดูแลสุขภาพเพื่อใช้วางแผนจัดการทางด้านโภชนาการ การวางแผนการออกกำลังกาย รวมถึงการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดโภชนพันธุศาสตร์จึงสามารถช่วยแก้ปัญหาทางด้านสารอาหาร สุขภาวะองค์ประกอบของร่างกาย ตัวชี้วัดสมรรถนะ ตลอดจนตัวชี้วัดผลลัพธ์อื่น ๆ โดยมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่รองรับและมีจำนวนผลงานวิจัยที่ถูกเผยแพร่มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับอาหาร (gene-diet interaction) โดยชี้ให้เห็นว่ายีนหรือดีเอ็นเอส่วนที่เป็นลำดับของรหัสทางพันธุกรรมสำหรับการสร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองของร่างกายนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายต่ออาหารที่บริโภคและสารอาหารที่ร่างกายได้รับ ด้วยเหตุนี้ความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic variation) ระหว่างบุคคลจึงส่งผลต่อการดูดซึม การเผาผลาญ การใช้ประโยชน์และการขนส่งสารอาหารในร่างกายที่ไม่เหมือนกัน โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับอาหารจะช่วยปรับเปลี่ยนวิถีเมแทบอลิซึม (metabolic pathway) ของนักกีฬาเพื่อส่งเสริมสุขภาพและสมรรถนะทางกายได้

เนื่องจากในปัจจุบันมีความต้องการในการตรวจวิเคราะห์สารพันธุกรรมสำหรับวางแผนรูปแบบการให้คำแนะนำทางด้านโภชนาการเฉพาะบุคคลเพิ่มขึ้น ประกอบกับความต้องการในการเพิ่มพูนองค์ความรู้ของนักกำหนดอาหาร นักโภชนาการ และครูฝึกกีฬาให้มีความทันสมัย บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมตัวอย่างเครื่องหมายทางพันธุกรรม (genetic

markers) ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มนักกีฬาและอธิบายหลักการในการประยุกต์ใช้โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางการกีฬาและการออกกำลังกาย

ยีนที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการเผาผลาญสารอาหารชนิดต่าง ๆ

ธาตุเหล็ก

เหล็กเป็นแร่ธาตุซึ่งเป็นส่วนประกอบในเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย มีอยู่ในอาหารทั่วไป โดยอาหารที่มีธาตุเหล็กสูง ได้แก่ เครื่องในสัตว์ (ตับและม้าม) เนื้อสัตว์ ไข่แดง หอย (หอยกาบ หอยนางรม หอยแมลงภู่) หากเป็นผู้ที่รับประทานมังสวิรัติสามารถได้รับธาตุเหล็กจากการรับประทานถั่ว ผักใบเขียว ลูกเกด แอปริคอต เป็นต้น โดยปกติร่างกายมนุษย์จะใช้ธาตุเหล็กในการสร้างฮีโมโกลบินซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง เหล็กส่วนใหญ่ในร่างกายจะอยู่ในเม็ดเลือดแดงในส่วนที่เรียกว่า “ฮีม” ซึ่งมีหน้าที่ในการดักจับแก๊สออกซิเจนและช่วยลำเลียงไปเลี้ยงตามอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เนื่องจากธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง เมื่อขาดธาตุเหล็กจึงทำให้เกิดภาวะโลหิตจางหรือภาวะซีด ร่วมกับมีอาการเหนื่อย อ่อนเพลีย ใจสั่น วิงเวียน สมาธิสั้น และการตอบสนองหรือการคิดวิเคราะห์ที่ช้าลง

การมีระดับธาตุเหล็กในร่างกายต่ำหรือมีภาวะขาดธาตุเหล็กมีส่วนสำคัญในการทำให้สมรรถนะทางร่างกายของนักกีฬาบกพร่อง เนื่องจากธาตุเหล็กที่จำเป็นต่อการสร้างเม็ดเลือดแดงเพื่อทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนมีปริมาณลดลง ความต้องการธาตุเหล็กจึงเพิ่มขึ้นในกลุ่มนักกีฬาที่มีการฝึกอย่างหนักเพราะกระบวนการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง (erythropoiesis) ถูกกระตุ้นในภาวะที่ระดับออกซิเจนในกระแสเลือดลดต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถพบรายงานความชุกของโรคโลหิตจางในกลุ่มนักกีฬาชั้นนำ (elite athlete) ว่ามีระดับธาตุเหล็กต่ำกว่ากลุ่มประชาชนทั่วไป นอกจากนี้การได้รับพลังงานจากอาหารในปริมาณน้อยโดยเฉพาะในกลุ่มนักกีฬาเพศหญิงก็สามารถพบภาวะขาดธาตุเหล็กได้เช่นกัน ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นกลุ่มนักกีฬาชั้นนำหรือกลุ่มผู้เล่นกีฬาเพื่อสุขภาพที่ไม่ได้ฝึกเพื่อลงแข่งขันอย่างหนัก (recreational athlete) ล้วนมีความจำเป็นที่จะต้องติดตามระดับธาตุเหล็กในร่างกายเพื่อสุขภาพที่ดีและสมรรถนะทางกายที่มีความพร้อมสำหรับการเล่นกีฬา การออกกำลังกายหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ปัจจัยเรื่องความไวทางด้านพันธุกรรม (genetic susceptibility) เฉพาะบุคคลที่พบรายงานว่ามีอิทธิพลต่อการเกิดภาวะธาตุเหล็กต่ำ ได้แก่ ความแปรปรวนของยีนทีเอ็มพีอาร์เอสเอส6 (*TMPRSS6*) ยีนทีเอฟ (*TF*) และยีนทีเอฟอาร์2 (*TFR2*)

ในร่างกายของมนุษย์จะมียีนทั้งหมดประมาณ 30,000-45,000 ยีน บรรจุอยู่ในสารพันธุกรรมเป็นเส้นยาวที่เรียกว่า “ดีเอ็นเอ” ดีเอ็นเอของแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันหลายล้านตำแหน่ง บางตำแหน่งอาจเกิดในส่วนของดีเอ็นเอที่ไม่มียีน ในขณะที่บางส่วนอาจเกิดในบริเวณที่มียีนอยู่โดยสนิปส์ (single nucleotide polymorphism; SNPs) เป็นความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสบนสายนิวคลีโอไทด์เพียงตำแหน่งเดียว จัดเป็นความแปรผันหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic polymorphism) รูปแบบหนึ่ง โดยมักพบมากกว่าร้อยละ 1 ของจำนวนประชากร และมักไม่ทำให้เกิดความผิดปกติในสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีความแตกต่างจากมิวเทชัน คือ มิวเทชันสามารถพบตำแหน่งของเบส 1 เบสถูกแทนที่บนสายดีเอ็นเอบริเวณเดียวกันน้อยกว่าร้อยละ 1 ของจำนวนประชากร และมักทำให้เกิดความผิดปกติ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสนิปส์มักไม่ทำให้

เกิดความผิดปกติในสิ่งมีชีวิต คือ อาจไม่ส่งผลต่อการเกิดโรคต่าง ๆ โดยตรง แต่ตำแหน่งการเกิดสนิปส์มักมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหรือการตอบสนองต่อการรักษาโรค ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ค้นพบความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เรียกว่าสนิปส์นี้นับล้านตำแหน่งเพื่อช่วยให้มนุษย์สามารถเข้าใจหน้าที่ของยีนได้มากขึ้น สำหรับการเกิดสนิปส์บนลำดับดีเอ็นเอของยีน *TMPRSS6* (rs4820268), *TF* (rs3811647) และ *TFR2* (rs7385804) มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะธาตุเหล็กต่ำในร่างกาย โดยกลไกการควบคุมสมดุลธาตุเหล็กผ่านโปรตีนที่เรียกว่า เฮปซิดิน (hepcidin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ถูกสังเคราะห์บริเวณเซลล์ตับเป็นหลักและมีหน้าที่สำคัญในการลดระดับธาตุเหล็กในพลาสมา ผ่านทางการยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็กที่บริเวณลำไส้เล็กและลดการขนส่งธาตุเหล็กออกจากเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารเข้าสู่กระแสเลือดโดยการเหนี่ยวนำโปรตีนขนส่งธาตุเหล็กที่เรียกว่า เฟอร์โรพอร์ติน (ferroportin) เข้าสู่ไซโทพลาสซึมและนำไปย่อยสลายที่ไลโซโซมต่อไป ทั้งนี้ระดับเฮปซิดินมีความสัมพันธ์ในเชิงปฏิภาคกับปริมาณเหล็ก กล่าวคือ ปริมาณธาตุเหล็กในร่างกายที่เพิ่มสูงขึ้นจะกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนเฮปซิดิน สนิปส์จึงนำมาใช้สำหรับทำนายความเสี่ยงการเกิดภาวะธาตุเหล็กต่ำโดยอาศัยการวิเคราะห์จีโนไทป์ของยีน *TMPRSS6*, *TF* และ *TRF2* เมื่อนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายทราบว่า ตนเองมีรูปแบบของสนิปส์ที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการมีระดับธาตุเหล็กต่ำก็สามารถนำมาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในชีวิตประจำวันได้ เช่น การรับประทานอาหารหรือการเสริมธาตุเหล็กเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะซีด อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการติดตามปริมาณธาตุเหล็กร่วมกับระดับโปรตีนเฟอร์ริติน (โปรตีนที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มและเก็บเหล็กอิสระไว้ในโมเลกุล) เพื่อให้มั่นใจว่าร่างกายจะไม่ได้รับปริมาณธาตุเหล็กสูงจนเกินไป สำหรับความแปรปรวนของยีนที่พบว่าเกี่ยวข้องกับภาวะธาตุเหล็กเกิน (iron overload disorder) คือ ยีนเอชเอฟอี (*HFE*) เป็นกลุ่มอาการที่เกิดจากการที่ร่างกายมีการสะสมธาตุเหล็กมากเกินไป หรือเรียกว่า ฮีโมโครมาโตซิส (hemochromatosis) เป็นภาวะทางพันธุกรรมที่ร่างกายจะดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารและเครื่องดื่มมากเกินไปและทำให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอย่างตับอ่อน ผ่านกลไกการกระตุ้นอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเบาหวานได้ สนิปส์ที่เกี่ยวข้องกับฮีโมโครมาโตซิส คือ ผู้ที่มีจีโนไทป์แบบเอเอ (AA) ของ rs1800562 และ จีโนไทป์แบบจีจี (GG) ของ rs1799945 เป็นรูปแบบจีโนไทป์ที่เพิ่มความเสี่ยงของการเกิดฮีโมโครมาโตซิส ในขณะที่จีโนไทป์แบบจีเอ (GA) และจีซี (GC) มีความเสี่ยงระดับปานกลาง และจีโนไทป์แบบจีจี (GG) และซีซี (CC) มีความเสี่ยงต่ำ โดยมักพบรูปแบบจีโนไทป์ที่มีความเสี่ยงของการเกิดฮีโมโครมาโตซิสในกลุ่มนักกีฬาชั้นนำมากกว่ากลุ่มประชากรทั่วไป ทั้งนี้นักกีฬาที่มียีนที่มีความเสี่ยงในการดูดซึมปริมาณธาตุเหล็กมากเกินพอดีและมีระดับธาตุเหล็กสูงอาจจะได้ประโยชน์จากยีนในรูปแบบนี้ เนื่องจากจะมีความสามารถในการจับกับออกซิเจนที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามนักกีฬาที่มีความเสี่ยงของการเกิดฮีโมโครมาโตซิสพึงระวังการเสริมธาตุเหล็กและการได้รับปริมาณธาตุเหล็กมากเกินพอดีโดยควรติดตามระดับธาตุเหล็กในร่างกายให้มีระดับที่เหมาะสมเพราะการดูดซึมธาตุเหล็กที่มากเกินไปก็สามารถส่งผลเสีย คือ นำไปสู่การเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันและการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อในร่างกายได้

วิตามินบี 12

วิตามินบี 12 เป็นสารในกลุ่มโคบาลามิน (cobalamin; Cbl) เป็นวิตามินชนิดหนึ่งที่ละลายใน

น้ำ ส่วนใหญ่จะพบในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ ปลา ไข่ นม ตับ เป็นต้น วิตามินบี 12 ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (co-enzyme) ในการเปลี่ยนโฮโมซิสเตอีน (homocysteine) เป็นกรดอะมิโนเมทไทโอนีน (methionine) การขาดวิตามินบี 12 จึงทำให้มีระดับโฮโมซิสเตอีนสูงในร่างกาย นอกจากนี้วิตามินบี 12 ยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง เมื่อขาดวิตามินบี 12 อาจทำให้เกิดภาวะโลหิตจางชนิดที่มีเซลล์เม็ดเลือดแดงขนาดใหญ่ เรียกว่า เมกะโลบลาสติกแอนีเมีย (megaloblastic anemia) ทำให้การขนส่งออกซิเจนในเลือดลดลง รู้สึกอ่อนเพลีย ไม่มีแรง การทำงานของระบบประสาทผิดปกติ มีการรับรู้ช้าลง

วิตามินบี 12 ถูกดูดซึมและขนส่งระหว่างเซลล์โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ฟูโคซิลทรานเฟอร์เรส 2 (fucosyltransferase 2) ซึ่งเป็นการถอดรหัสของยีนเอฟยูที 2 (*FUT2*) โดยการแปรผันทางพันธุกรรมที่ตำแหน่งบนยีนเอฟยูที 2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินบี 12 ในเลือดที่ต่ำกว่าระดับปกติ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยความไวทางด้านพันธุกรรมเฉพาะบุคคล โดยอาจเป็นผลมาจากการดูดซึมวิตามินบี 12 ในลำไส้ได้ลดลง จึงมีข้อแนะนำสำหรับนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายที่รับประทานเจหรือมังสวิรัติว่า ควรได้รับอาหารที่มีการเติมวิตามินบี 12 หรือได้รับการเสริมยาเม็ดวิตามินบี 12 เพื่อให้มั่นใจว่าจะมีระดับวิตามินบี 12 ที่เพียงพอต่อการทำงานของร่างกาย

โฟเลท

โฟเลทจัดอยู่ในกลุ่มวิตามินบีที่ละลายน้ำ มีหลากหลายอนุพันธ์ สามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนแสง ความร้อน และอากาศ มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ รวมถึงเป็นวิตามินที่ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคโลหิตจางชนิดเมกะโลบลาสติกแอนีเมีย โฟเลทในอาหารสามารถพบได้ทั้งในพืชและในเนื้อสัตว์ อาหารที่มีโฟเลทสูง ได้แก่ พืชใบเขียว ธัญพืช พืชตระกูลถั่วและตับ โฟเลทที่ได้รับจากแหล่งธรรมชาติจะไม่ค่อยเสถียร ประกอบกับระบบในร่างกายสามารถดูดซึมได้เพียงร้อยละ 50 ดังนั้นหากมีพฤติกรรมการบริโภคชนิดอาหารที่ไม่หลากหลาย โดยเฉพาะการไม่รับประทานอาหารที่เป็นแหล่งของโฟเลทจากธรรมชาติอาจจะเสี่ยงต่อการขาดโฟเลทได้ โดยยีนเมทิลีนเตตราไฮโดรโฟเลทรีดักเทส (Methylenetetrahydrofolate reductase; *MTHFR*) เป็นยีนที่สร้างเอนไซม์ที่ควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาในวัฏจักรเมธิลและควบคุมระดับโฮโมซิสเตอีนในร่างกาย ถึงแม้ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างยีน *MTHFR* กับการบริโภคโฟเลทต่อศักยภาพของนักกีฬา แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ระดับโฮโมซิสเตอีนสูงในร่างกายมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อที่เสื่อมถอยลง

โคลีน

โคลีน คือ สารอาหารสำคัญชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มของวิตามินบีและถูกจัดอยู่ในกลุ่มวิตามินที่ละลายในน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสฟาทิดิลโคลีน (phosphatidylcholine) เมื่อรวมตัวกับไขมันที่เรียกว่า ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) โคลีนมีความสำคัญต่อร่างกายอย่างมากเพราะเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มสมอง กล้ามเนื้อและเซลล์ประสาท โคลีนเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารสื่อประสาทที่ใช้ในการส่งกระแสประสาทของสมอง เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ และสมาธิ หากร่างกายมีระดับโคลีนในเลือดลดลงทำให้การหลั่งสารสื่อประสาทผิดปกติและอาจทำให้เกิดการอ่อนเพลีย สำหรับนักกีฬาที่มีการใช้กำลังอย่างหนัก เช่น การแข่งขันไตรกีฬา การวิ่งมาราธอน มักพบว่ามีระดับโคลีนในเลือดลดลง นอกจากนี้โคลีนช่วยควบคุม

ระดับโฮโมซิสเตอีนในร่างกายและการเสริมโคลีนสามารถช่วยกระตุ้นการเผาผลาญไขมันทำให้นักกีฬาเกิดความคล่องตัวอีกด้วย ความต้องการโคลีนจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุ เพศ กิจกรรมทางกายและพันธุกรรม โดยยีนที่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของการเกิดภาวะขาดโคลีน ได้แก่ ยีน *PEMT* โดยที่โคลีนสามารถสังเคราะห์ได้เองในร่างกายด้วยการสังเคราะห์โคลีนแบบเดอโนโวผ่านวิถีฟอสฟาทิดิลเอทาลามีน เอ็น-เมทิลทรานเฟอร์เรส (Phosphatidylethanolamine N Methyltransferase; *PEMT*) แต่สังเคราะห์ได้เพียงปริมาณเล็กน้อยซึ่งไม่เพียงพอต่อการช่วยรักษาสมดุลของสุขภาพ

วิตามินซี

วิตามินซี หรือ กรดแอสคอร์บิก เป็นวิตามินชนิดละลายน้ำ วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการซ่อมแซมและการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในร่างกาย ช่วยทำให้แผลหายเร็วขึ้น และมีส่วนช่วยในการสร้างคอลลาเจน การดูดซึมของวิตามินซีขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับประทานเข้าไปในแต่ละครั้ง แต่การดูดซึมวิตามินซีมีจุดอิ่มตัวในการดูดซึม กล่าวคือการรับประทานวิตามินซีปริมาณมากเกินจุดอิ่มตัวของการดูดซึม ร่างกายจะไม่สามารถดูดซึมวิตามินซีไปใช้ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของวิตามินซีที่รับประทานต่อครั้งมีผลต่อการดูดซึม คือ การรับประทานวิตามินซีขนาดสูงร่างกายจะดูดซึมวิตามินได้น้อยกว่าการรับประทานวิตามินซีขนาดต่ำ และปริมาณการดูดซึมวิตามินซีอาจแตกต่างกันไปขึ้นกับรูปแบบและส่วนประกอบอื่น ๆ ในผลิตภัณฑ์ มีการศึกษาที่พบว่า ยีน *GSTT1* มีผลต่อการตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างบุคคลหลังได้รับวิตามินซี การตรวจยีนช่วยระบุว่านักกีฬาคนไหนมีความเสี่ยงที่จะมีปริมาณวิตามินซีในเลือดต่ำ ซึ่งลดศักยภาพในการแข่งขันของนักกีฬาเนื่องจากวิตามินซีช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ เมื่ออนุมูลอิสระในร่างกายสูงขึ้นจากการมีวิตามินซีไม่เพียงพอ อาจทำให้มวลกล้ามเนื้อลดน้อยลงและการซ่อมแซมเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทำได้ไม่ดี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งวิตามินซี ได้แก่ *SVCT1* และ *SVCT2* จากการถอดรหัสของยีน *SLC23A1* และ *SLC23A2* ตามลำดับ แต่ยังไม่พบข้อสนับสนุนการตอบสนองต่อการได้รับวิตามินซีในกลุ่มอาสาสมัครจำแนกตามจีโนไทป์ จึงยังไม่มีการนำยีนทั้งสองตำแหน่งมาใช้สำหรับวางแผนโภชนาการเฉพาะบุคคลในปัจจุบัน

วิตามินเอ

วิตามินเอเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการมองเห็น กระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์และช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยแหล่งอาหารของวิตามินเอที่สามารถดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้สูง ได้แก่ เครื่องในสัตว์ ไข่แดง นมผลิตภัณฑ์จากนม และแหล่งอาหารรองลงมา ได้แก่ ผักใบเขียวเข้ม ผักและผลไม้สีเหลืองและส้ม เช่น ตำลึง ผักบุ้ง แคร์รอต ฟักทอง มันเทศสีเหลือง มะละกอสุก เป็นต้น นักกีฬามีแนวโน้มได้รับบาดเจ็บเพิ่มขึ้นหากมีปัญหาเกี่ยวกับการมองเห็นซึ่งส่งผลให้มีปฏิกิริยาการตอบสนองช้าลง

ยีนบีซีเอมโอ 1 (*BCMO1*) ทำให้เกิดการแสดงออกของเอนไซม์ beta-carotene 15,15'-monooxygenase 1 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแคโรทีนอยด์เป็นวิตามินเอที่อยู่ในรูปพร้อมออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การเกิดสนิปส์ที่ยีนบีซีเอมโอ 1 โดยมีรูปแบบจีโนไทป์ GG จะมีความเสี่ยงของการขาดวิตามินเอ เนื่องจาก

การเปลี่ยนแคโรทีนอยด์เป็นวิตามินเอทำได้ไม่ดี นักกีฬาที่มีจีโนไทป์แบบ GG จึงควรเน้นบริโภคอาหารที่มาจากสัตว์เพื่อให้ได้วิตามินเอที่พร้อมใช้งาน ได้แก่ เรตินอล (retinol) เรตินัล (retinal) และกรดเรติโนอิก (retinoic acid) แทนการรับประทานอาหารที่มีโปรวิตามินเอหรือแคโรทีนอยด์ซึ่งร่างกายยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที หรือเพิ่มปริมาณการบริโภคผักและผลไม้ที่มีสีส้มหรือสีแดงให้มากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้มั่นใจว่านักกีฬาจะมีการมองเห็นและระบบภูมิคุ้มกันที่เหมาะสมต่อการแข่งขัน

วิตามินดีและแคลเซียม

วิตามินดีเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษายีนปรับแต่ง (genetic modifier) ของระดับวิตามินดีต่อสมรรถนะทางกายของนักกีฬา อย่างไรก็ตามวิตามินดีมีความสำคัญต่อการทำงานของร่างกาย คือ ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสจากอาหารและรักษาระดับแร่ธาตุดังกล่าวในเลือดให้เป็นปกติ สำหรับแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากที่สุดในร่างกาย โดยร้อยละ 99 ของแคลเซียมในร่างกายจะเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน มีหน้าที่สำคัญ เช่น พัฒนาและสร้างความแข็งแรงให้กระดูกและฟัน ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ควบคุมการเต้นของหัวใจ การส่งความรู้สึกไปตามเส้นประสาท เป็นต้น แหล่งของแคลเซียมที่ได้รับอาจมาจากการรับประทานอาหาร เช่น นม ปลาเล็กที่ทานได้ทั้งกระดูก กุ้งแห้ง ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ (ยกเว้นเต้าหู้ไข่) เป็นต้น หรือรับประทานยาเม็ดแคลเซียม แต่ผลิตภัณฑ์ยาเม็ดแคลเซียมจะมีความแตกต่างกันที่รูปเกลือซึ่งจะให้ปริมาณแคลเซียมที่ไม่เท่ากัน วิตามินดีและแคลเซียมจึงมีผลต่อความแข็งแรงของกระดูกซึ่งสัมพันธ์กับนักกีฬาทุกประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักกีฬาวิ่งเนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกหักของกระดูก

ความแปรปรวนของยีนจีซี (*GC*) และยีนซิปทูอาวัน (*CYP2R1*) มีผลต่อระดับวิตามินดีในร่างกาย ยีนจีซีสร้างโปรตีนที่จับวิตามินดีขนส่งสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ การมีรูปแบบยีนที่ผิดปกติจึงสัมพันธ์ต่อการมีระดับวิตามินดีต่ำในร่างกาย สำหรับยีนซิปทูอาวันสังเคราะห์เอนไซม์ที่ชื่อ วิตามินดี 25-ไฮดรอกซีเลส (vitamin D 25-hydroxylase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการเปลี่ยนวิตามินดีให้อยู่ในรูปที่พร้อมใช้งาน ดังนั้นผู้ที่มีพันธุกรรมของยีนสองชนิดนี้ที่ผิดปกติจะมีผลต่อระดับวิตามินดีและประสิทธิภาพการดูดซึมแคลเซียมที่ลดลง ส่งผลให้เกิดการเพิ่มความเสี่ยงในการแตกหักของกระดูก นักกีฬาที่มีความเสี่ยงของยีนร่วมกับการเล่นกีฬาที่มีความเสี่ยง เช่น การวิ่งระยะทางไกล จึงควรมีการติดตามการได้รับวิตามินดีและแคลเซียมเพื่อลดความเสี่ยงของการแตกหักของกระดูก

คาเฟอีน

คาเฟอีนเป็นสารที่พบในเครื่องดื่มต่าง ๆ เช่น กาแฟ ชา และน้ำอัดลม ในด้านการกีฬาได้มีการนำคาเฟอีนมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกีฬา (ergogenic aid) โดยมีรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับแสดงให้เห็นว่าคาเฟอีนมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพนักกีฬาในด้านความเร็ว ประสิทธิภาพในการเพิ่มความอดทน และปริมาณงานที่สามารถทำได้สูงสุดในการออกกำลังกายหรือในขณะเล่นกีฬาชนิดต่าง ๆ แม้การศึกษาจำนวนมากได้พิสูจน์ผลของการเสริมคาเฟอีนต่อสมรรถนะในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา แต่มีข้อคำนึงที่ต้องพิจารณาปัจจัยด้านพันธุกรรมที่มีผลการตอบสนองต่อคาเฟอีนที่แตกต่างกันในระหว่างบุคคลร่วมด้วย

คาเฟอีนเป็นสารในกลุ่มแซนทีนแอลคาลอยด์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับแอดิโนซีน (adenosine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในสมอง โมเลกุลของคาเฟอีนจึงสามารถจับกับตัวรับแอดีโนซีน (adenosine receptor) ในสมองและยับยั้งการทำงานของแอดีโนซีนได้ ส่งผลให้มีการเพิ่มการทำงานของสารสื่อประสาทโดปามีน (dopamine) ซึ่งทำให้สมองเกิดการตื่นตัว ความแปรปรวนของยีนอะดีโนซีนเอทูเอ รีเซปเตอร์ (adenosine A2A receptor) เป็นปัจจัยที่พบบ่อยว่า มีผลต่อการตื่นตัวที่แตกต่างกันหลังร่างกายได้รับคาเฟอีนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่บริโภคคาเฟอีนเป็นประจำ

ตารางที่ 1 สรุปความแปรปรวนทางพันธุกรรมของยีนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารและสมรรถนะทางร่างกายของนักกีฬา

ยีน	บทบาท	สารอาหาร	ผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
CYP1A2 (rs762551)	สร้างเอนไซม์ CYP1A2 ในตับ เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอไลต์ของสารคาเฟอีน	คาเฟอีน	สุขภาพของหัวใจและระบบหลอดเลือด ความทนทาน
ADORA2A (rs5751876)	ควบคุมความต้องการปริมาณออกซิเจนที่กล้ามเนื้อหัวใจต้องการใช้ เพิ่มการหมุนเวียนของเลือดโดยกลไกการขยายตัวของหลอดเลือด	คาเฟอีน	ความตื่นตัว คุณภาพการนอนหลับ
BCMO1 (rs11645428)	เปลี่ยนแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอให้กลายเป็นวิตามินเอ	วิตามินเอ	ทักษะการเคลื่อนไหวประสานกับการมองเห็น (visual-motor skills) ระบบภูมิคุ้มกัน
MTHFR (rs1801133)	สร้างเอนไซม์ methylenetetrahydrofolate reductase ทำหน้าที่เปลี่ยนกรดโฟลิกและโฟเลทให้อยู่ในรูปสารที่มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	โฟเลท	โรคโลหิตจาง, ภาวะโฮโมซิสเตอีนในเลือดสูง
HFE (rs1800562 and rs179945)	ควบคุมการดูดซึมธาตุเหล็กในลำไส้	เหล็ก	ภาวะเหล็กเกินจากความผิดปกติทางพันธุกรรม
TMPRSS6 (rs4820268), *TFR2* (rs7385804), *TF* (rs3811647)	เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนเฮปซิดินซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการดูดซึมเหล็กจากลำไส้เล็ก	เหล็ก	ความเสี่ยงการเกิดโรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก
FUT2 (rs602662)	เกี่ยวข้องกับการขนส่งและดูดซึมวิตามินบี 12	วิตามินบี 12	โรคโลหิตจาง ภาวะโฮโมซิสเตอีนในเลือดสูง
GSTT1 (Ins/Del)	เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ glutathione S-transferase	วิตามินซี	ป้องกันการบาดเจ็บของเซลล์และเนื้อเยื่อจากภาวะเครียดออกซิเดชัน
GC (rs2282679) *and CYP2R1* (rs10741657)	*GC* เกี่ยวข้องกับ vitamin D-binding protein ซึ่งมีหน้าที่จับและขนส่งวิตามินดีในร่างกาย, *CYP2R1* เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์วิตามินดี	วิตามินดี	รักษาระดับวิตามินดีในร่างกาย ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน การฝึกเพื่อสร้างความแข็งแรง การฟื้นฟูร่างกาย สุขภาพของกระดูก
GC (rs7041 and rs4588)	*GC* เกี่ยวข้องกับ vitamin D-binding protein ซึ่งมีหน้าที่จับและขนส่งวิตามินดีในร่างกาย ซึ่งวิตามินดีมีความจำเป็นต่อการดูดซึมแคลเซียม	แคลเซียม	การเกิดภาวะกระดูกหักล้า การหดตัวของกล้ามเนื้อ การนำไฟฟ้าของเส้นประสาท การแข็งตัวของเลือด

ยีน	บทบาท	สารอาหาร	ผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
PEMT (rs12325817)	เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โคลีนในร่างกายผ่านวิถีฟอสฟาทิดิลเอทาลามีน เอ็น-เมทิลทรานเฟอร์เรส	โคลีน	การหลั่งสารสื่อประสาท
TCF7L2 (rs7903146)	เกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันในร่างกาย	ไขมัน	องค์ประกอบของร่างกายที่เหมาะสม
PPARγ2 (rs1801282)	เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ไขมัน (adipocyte differentiation)	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	องค์ประกอบของร่างกายที่เหมาะสม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Guest *et al.* (2019)

บทสรุป

จากการศึกษารายงานระดับสารอาหารในเลือดและ/หรือปริมาณสารอาหารที่ได้รับจากอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ส่งผลต่อสุขภาพโดยภาพรวม องค์ประกอบของร่างกาย และช่วยปรับสมรรถนะทางกายของนักกีฬา พบว่าคาเฟอีนเป็นสารออกฤทธิ์ที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์รองรับมากที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานของนักกีฬา อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างยีนและอาหารที่ใช้ตัวชี้วัดทางด้านสมรรถนะทางกายโดยตรงของกลุ่มนักกีฬาที่ถูกฝึกเพื่อลงแข่งขันอย่างค่อนข้างจำกัด จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อระบุตัวชี้วัดหรือเครื่องหมายทางพันธุกรรมใหม่ที่สามารถจำแนกความแตกต่างหรือจำแนกสมรรถนะของนักกีฬารุ่นเยาว์ที่มีพรสวรรค์ให้พร้อมรับการฝึกเพื่อความเป็นเลิศด้านการกีฬาในอนาคต การวิเคราะห์พันธุกรรมสำหรับวางแผนโภชนาการเฉพาะบุคคลอาจเป็นเครื่องมือสำหรับแพทย์ นักกำหนดอาหาร นักโภชนาการ ครูฝึกกีฬา ในการให้คำแนะนำ จัดเมนูอาหารที่มีความเหมาะสม และช่วยเพิ่มสมรรถนะทางกายของนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายได้

บรรณานุกรม

Roth S. 2012. Critical overview of applications of genetic testing in sport talent identification. Recent Pat DNA Gene Seq. 6(3) : 247-55. doi : 10.2174/187221512802717402.

Guest N, Corey P, Vescovi J and El-Sohemy A. 2018. Caffeine, CYP1A2 genotype, and endurance performance in athletes. Med Sci Sport Exerc. 50(8) : 1570-8. doi : 10.1249/MSS.0000000000001596.

Guest N. 2021. Nutrigenomics for sport and exercise performance. https://www.aspetar.com/journal/viewarticle.aspx?id=513#.YhcX5OhBxPY. [24 February 2022].

Guest N, Horne J, Vanderhout S and El-Sohemy A. 2019. Sport nutrigenomics : personalized nutrition for athletic performance. Front Nutr. 6(8) : 1-16. doi : https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00008.

Guth LM and Roth SM. 2013. Genetic influence on athletic performance. Curr Opin Pediatr. 25(6) : 653-8. doi: 10.1097/MOP.0b013e3283659087.

Iglesias MS and Grzelczak M. 2020. Using gold nanoparticles to detect single nucleotide polymorphisms : toward liquid biopsy. Beilstein J Nanotechnol. 11 : 263-84. doi : 10.3762/bjnano.11.20.

Mattsson CM, Wheeler MT, Waggott D, Caleshu C and Ashley EA. 2016. Sport genetics moving forward : lessons learned from medical research. Physiol Genomics. 48(3) : 175-82. doi : 10.1152/physiolgenomics.00109.2015.

Thomas DT, Erdman KA and Burke LM. 2016. Nutrition and athletic performance. Med Sci Sports Exerc. 48(3) : 543-68. doi : 10.1249/MSS.0000000000000852.

Webborn N, William A, McNamee M, Bouchard C, Pitsiladis Y, Ahmetov I, Ashley E, Byrne N, Camporesi S, Collins M, Dijkstra P, Eynon N, Fuku N, Garton F, Hoppe N, Holm S, Kaye J, Klissouras V, Lucia A, Maase K, Moran C, North K, Pigozzi F and Wang G. 2015. Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification : consensus statement. Br J Sports Me. 49(23) : 1486-91. doi : 10.1136/bjsports-2015-095343.

William AG, Wackerhage H and Day SH. 2016. Genetic testing for sports performance, responses to training and injury risk : practical and ethical consideration. Med Sport Sci. 61 : 105-19. doi : 10.1159/000445244.