

บ หน้า

สัมมชีวิตทุกชนิดต้องการแร่ธาตุอนินทรีย์เพื่อการดำเนินชีพ ธาตุทุกชนิดที่มีชื่อปรากฏในตารางธาตุ นั้น ส่วนใหญ่มีอยู่ในเซลล์ของสัมมชีวิตรวมทั้งสิ่งที่คนนำมาเป็นอาหาร แต่ว่าบางธาตุไม่มีความจำเป็นในการดำเนินชีพ สารอาหารในกลุ่มนี้เรารู้สึกว่า สารอาหารอนินทรีย์ แร่ธาตุ ต่างๆ จะมีหน้าที่สัมพันธ์กัน และสัมภาระสมดุลย์ในร่างกาย เช่น เหล็ก ทองแดง โคบล็อต และวิตามินบี 12 มีความเกี่ยวข้องกันในการสังเคราะห์เม็ดเลือดแดง โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ถูกสะสมไว้ในของเหลวของร่างกาย แร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ในร่างกายจะอยู่ในรูปของอ่อน คือ มีประจุไฟฟ้า เช่น โซเดียมอ่อน คลอไรด์อ่อน และฟอสเฟตอ่อน

หน้าที่

ฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่มีหน้าที่ในร่างกายมากกว่าแร่ธาตุชนิดอื่น ฟอสฟอรัสร่วมตัวกับแคลเซียมเป็น complex ของแคลเซียมฟอสเฟต พูนมากในส่วนที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย เช่น กระดูกและฟัน ทำให้กระดูกและฟันเกิดความแข็งแรง ฟอสฟอรัสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีมากมายในร่างกาย และเป็นประจุลบที่สำคัญอยู่ภายในเซลล์ทั่วไปของร่างกาย ฟอสฟอรัสถืออยู่ในเลือด และเซลล์จะพบในรูปของฟอสเฟตอ่อนที่คล้ายได้เหมือนกับที่พบในไขมัน โปรตีน คาร์บอไฮเดรต และไนโตรเจนที่ใช้บนถ่ายและแลกเปลี่ยนพลังงาน ฟอสเฟตในร่างกายเสริมการทำงานของวิตามินบีหลายตัว ฟอสฟอรัสถือมีหน้าที่สำคัญในการ metabolism ของ muscle energy, การบัน/oxyde โปรตีน ในมัน เนื้อเยื่ออ่อนของระบบประสาท กลไกเคมีของเลือด การเติบโตของโครงสร้างกระดูกและฟัน รวมทั้งการขนส่งของกรดไขมัน ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบของระบบเอ็นไซม์หลายชนิด การสะสมการส่งผ่านพลังงานใน phosphorylated compounds ได้แก่ adenosine

di และ triphosphate (ADP, ATP)

ฟอสฟอรัสในร่างกาย ประมาณร้อยละ 80 พูนในเนื้อเยื่อโครงสร้างกระดูก และฟัน อีกประมาณร้อยละ 20 อยู่ในของเหลวในร่างกายและในทุกเซลล์ โดยมีหน้าที่เกี่ยวกับพลังงาน และ metabolism ทุกเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่จำเป็นต้องมีปฏิกิริยาและกลไกดังกล่าว

ในโปรตีนหลักชนิดจะมี phosphate link เชื่อมต่อ กับกรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอย่างของโปรตีน ใน nucleic acid, DNA, RNA ซึ่งเป็นส่วนที่ถ่ายทอดพันธุกรรม จะมีฟอสเฟต เป็นส่วนหลักของโครงสร้าง phospholipid ในผนังเซลล์ตัวกลาง (intermediate) มากมายของการ metabolism ของคาร์บอไฮเดรต และสารอื่นๆ ที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ ล้วนแต่มีหน้าที่สำคัญในสัมมชีวิต

การทำหน้าที่ร่วมกันของฟอสฟอรัสกับแคลเซียม คล้ายคลึงกับการทำหน้าที่ร่วมกันของโซเดียมกับโพแทสเซียม เพื่อการทำงานสัมพันธ์กันใกล้ชิด นอกจากนี้ฟอสฟอรัส กับแคลเซียมยังทำงานสัมพันธ์กับวิตามินดีในร่างกายอีกด้วย ฟอสฟอรัสสำคัญต่อปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายเท พลังงานจากอาหาร เพื่อการสังเคราะห์สารที่ใช้ในร่างกาย และใช้ฟอสฟอรัสเปลี่ยนจากสารเคมีไปเป็นพลังงานทางไฟฟ้าในระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

เนื่องจากแคลเซียมและฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบหลักของกระดูกโครงสร้างและฟัน แร่ธาตุ 2 ตัวนี้จึงมีน้ำหนักคร่าวๆ ประมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนักแร่ธาตุในร่างกาย ส่วนฟอสฟอรัสด้วยจะมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักร่างกาย หรือประมาณ 1.5 ปอนด์ เมื่อคิดเป็นฟอสเฟต ฟอสฟอรัสจะประจำตัวอยู่ทั่วไปในร่างกายคน และมีอยู่ทั่วไปมากกว่าแคลเซียม ในเลือดมีฟอสฟอรัสประมาณ 35 - 45 มก./เลือด 100 มล. ในจำนวนนี้ 3 - 5 มก. จะอยู่ในรูปของสารฟอสเฟตอินทรีย์ (inorganic phosphate) ซึ่งเป็นรูปที่ทำปฏิกิริยาเคมีได้



ความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียม และสารฟอสเฟตอนินทรีใน serum เป็นสัดส่วนกลับ คือ ถ้ามีแคลเซียมมาก จะมีสารฟอสเฟตอนินทรีน้อย และถ้ามีแคลเซียมน้อยจะมีสารฟอสเฟตอนินทรีมาก

ความต้องการฟอสเฟตของร่างกายคน

ฟอสฟอรัสไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับโภชนาการเนื่องจากอาหารที่คนบริโภคก็จะมีฟอสฟอรัสเพียงพอและได้รับมากกว่าแคลเซียม [Ref.2] จึงมักไม่พน加รขาดธาตุนี้ ผู้ใหญ่ในสหรัฐอเมริกาจะได้รับฟอสฟอรัสจากอาหารวันละประมาณ 1500 - 1600 mg [Ref.1] เมื่อคนใช้ยาลดกรด (antacids) อาจจะรวมตัวกับฟอสฟอรัสได้ทำให้ร่างกายดูดซึมฟอสฟอรัสไม่ได้ และถ้ารับยาดังกล่าวเป็นเวลานานๆ ต่อเนื่องกันจะทำให้ร่างกายขาดฟอสฟอรัสได้ กภาวะเช่นนี้จะทำให้เกิดอาการเฉพาะ คือ อ่อนเพลีย (weakness) เมื่ออาหาร (anorexia) คลื่นไส วิงเวียนศรีษะ (malaise) กระเพาะอาหารไม่ปกติ (upset stomach) และปวดในกระดูก อาการเหล่านี้หายได้เมื่อหยุดการใช้ยาลดกรด และบริโภคฟอสฟอรัสจากอาหารให้เพียงพอ [Ref.3] การขาดฟอสฟอรัสนำบงครั้งเกิดขึ้นได้ในสัตว์กินหญ้า โดยเฉพาะพวงกุญแจ ทำให้นมที่ได้จากสัตว์เหล่านั้นขาดฟอสฟอรัสไปด้วย

อัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสในอาหารมีความสำคัญมาก เนื่องจากอัตราส่วนในอาหารควรจะสัมพันธ์กับอัตราส่วนในกระดูก เนื่องจากในกระดูกมีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสเป็น 2 : 1 ในอาหารที่บุรีโภคก็ควรจะมีอัตราส่วนของธาตุทั้งสองชนิดดังกล่าวใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจาก RDA กำหนดค่าฟอสฟอรัสมากกว่าความจำเป็น คือ กำหนดอัตราส่วน 1 : 1 ซึ่งไม่สอดคล้องกับความคิดทั่วไปที่ว่า กระดูกเป็น active tissue คือ แคลเซียมที่ขับยึดเป็นส่วนของกระดูก จะไม่คงที่ตลอดไป ขณะที่ร่างกายต้องการแคลเซียมเพื่อไปใช้ในส่วนอื่นของร่างกาย เพื่อทำหน้าที่อื่น มันสามารถลดลายได้จากการดูด และลำเลียงไปใช้งาน

อัตราการแลกเปลี่ยนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสระหว่างกระดูกกับเนื้อเยื่อในผู้ใหญ่ จะมีค่าประมาณร้อยละ 0.5 - 1 ต่อวัน และมีการคันพูนนานและว่า การแลกเปลี่ยนนี้ควบคุมโดยวิตามินดี พบว่าเด็กบริโภคอาหารที่มีวิตามินดี

น้อย จะก่อให้เกิดอาการกระดูกผิดปกติ และเกิดโรค rickets เนื่องจากร่างกายไม่ดูดซึมแคลเซียม และในเลือดซึ่งมีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 2 : 1 เมื่อตัวได้ตัวหนึ่งมากเกินไป กระดูกก็จะสูญเสียไป เพื่อรักษาหรือชดเชยระดับอัตราส่วนไว้

การดูดซึมและการขับถ่าย

โดยปกติประมาณร้อยละ 70 ของฟอสฟอรัสที่ถูกย่อยจากอาหารจะถูกดูดซึม โดยน้ำย่อย phosphatase จากลำไส้เล็กจะบ้าได้ simple phosphorus compound จากลำไส้ก่อนการดูดซึม ฟอสฟอรัสเหมือนกับแคลเซียม คือ การดูดซึมจะเกิดได้ดีในตัวกลางที่เป็นกรด การที่นี่เหล็ก อะลูมิเนียม และแมกนีเซียมจำนวนมาก ๆ อยู่ร่วมด้วยจะรบกวน และขัดขวางการดูดซึมของฟอสฟอรัส เพราะทำให้เกิดฟอสเฟตชนิดที่ไม่ละลาย แต่เหตุผลข้อนี้ไม่ใช่สาเหตุสำคัญในอาหารปกติทั่ว ๆ ไป การดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด เมื่ออาหารมีปริมาณของแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดเท่าๆ กัน อัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสที่ไม่ปกติในอาหารจะรบกวนการดูดซึมของธาตุทั้ง 2 ตัว และเป็นผลให้เกิดการขาดแคลเซียม การดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัส จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีวิตามินดีซึ่งเป็นผล secondary effect

ปริมาณฟอสฟอรัสในอุจจาระแสดงถึง 2 สาเหตุ คือ การไม่ดูดซึมแร่ธาตุ และการที่ฟอสฟอรัสถูกขับไปยังลำไส้ ส่วนฟอสฟอรัสในปัสสาวะส่วนใหญ่เป็น inorganic phosphate จะมีมากน้อยเท่าใดไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณที่ดูดซึมได้จากอาหาร และยังขึ้นกับสาเหตุอื่น ได้แก่ การ catabolism ของเนื้อเยื่อในร่างกายในระหว่างการอดอาหาร หรืออาหารหิว (starvation) จะขับฟอสฟอรัสจำนวนมากไปยังปัสสาวะ เมื่อบริโภคฟอสฟอรัสจำนวนคงที่ metabolism ของcarbohydrate จะเพิ่มขึ้นซึ่งต้องการฟอสฟอรัส ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในปัสสาวะลดลงชั่วคราว

แหล่ง

ฟอสฟอรัสพบในอาหารทั่ว ๆ ไป มีในพืช สัตว์ โดยเฉพาะอาหารที่มีโปรตีนมาก เช่น เนื้อ ปลา เป็ด ไก่ ไข่ ผลิตภัณฑ์นม เนยแข็ง ถั่วเปลือกแข็ง (nuts) ถั่วมีฝัก



(legumes) ในเมล็ด ขัญญพืชโดยเฉพาะในส่วนของรำข้าว แต่ยังมีข้อสงสัยอยู่บ้างเนื่องจากฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของ phytic acid ซึ่งอาจมาใช้ไม่ดีนัก อาหารที่มีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสสูง ได้แก่ สาหร่ายทะเล (seaweed), whole fish flour และหญ้า Alfalfa เนื้อสัตว์จะมีฟอสฟอรัสมากกว่าแคลเซียม และเป็นที่น่าสังเกตว่าอาหารใดที่มีโปรตีนสูง จะมีฟอสฟอรัสมากด้วย แต่อาจมีแคลเซียมมากหรือน้อยก็ได้

นมและผลิตภัณฑ์นมเป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียม แม้จะมีปริมาณน้อยลง ทำให้อัตราส่วนของอาหารมีแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 1 : 1 หรือต่ำกว่าคือ 0.7 : 1 เนื่องจากการรับประทานฟอสฟอรัสมากเกินไปจากอาหารที่ผ่านกรรมวิธี ได้แก่ พวยเครื่องดื่ม (soft drink) และผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านกรรมวิธี (cured meat) ทำให้ร่างกายได้รับฟอสฟอรัสมากเนื่องจากมีการเติมฟอสเฟตลงในอาหาร ดังกล่าว ใช้เป็นสารเพิ่มปีนอาหาร (food additives) เดิมในเดียวเพื่อความนุ่มและอุ่นน้ำ เดิมในเครื่องดื่มเพื่อเกิดรสเปรี้ยว และใช้เป็นวัตถุกันเสีย เครื่องดื่มน้ำงอย่างมีฟอสฟอรัสสูงถึง 60 มิลลิกรัม ใน 1 กระป๋องที่บรรจุ 12 ออนซ์ จึงทำให้ร่างกายได้รับฟอสฟอรัสมากขึ้น

คนอายุมากกว่า 30 ปี ถ้านริโภคแคลเซียมไม่เพียงพอ กระดูกจะเสื่อม หรืออีกอย่างการบริโภคฟอสฟอรัสมากเกินไป จะทำให้เกิดโรคกระดูกผุ เมื่อจากการสูญเสียแคลเซียม (osteoporosis) คือ กระดูกจะบาง ถัน กระและไม่แข็งแรง ในผู้หญิงจะมีผลมากกว่าผู้ชาย และมักเกิดร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนหลังจากการหมดประจำเดือน คือ มีการเปลี่ยนแปลงของ metabolism ของแคลเซียม

การสูญเสียแคลเซียม สามารถป้องกันได้โดยการบริโภคแคลเซียมเพิ่มขึ้น และบริโภคผลิตภัณฑ์นมสม่ำเสมอ ดีที่สุด ส่วนอุดสาหกรรมอาหารควรทำอาหารเสริมที่ผ่านกรรมวิธีโดยเพิ่มแคลเซียม และควรลดฟอสฟอรัสเท่าที่จะทำได้

ค่า RDA ของฟอสฟอรัสเท่ากับของแคลเซียม คือ วันละ 800 mg และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้กำหนดค่า RDA ต่ำประมาณครึ่งหนึ่งของที่กำหนดในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากความต้องการแคลเซียมสัมพันธ์กับการบริโภคโปรตีน และคน

ส่วนใหญ่ของประชากรโลกบริโภคโปรตีนน้อยกว่าคนในอเมริกา ในทางก หลังมีครรภ์ หลังขณะให้นมลูก ได้กำหนดค่า RDA ของฟอสฟอรัสเท่ากับของแคลเซียม แต่ในผู้ใหญ่โดยทั่วๆ ไป การบริโภคจริงๆ จากอาหารจะได้ฟอสฟอรัสมากกว่าแคลเซียมเป็น 1.5 เท่า ดังนั้นในอาหารทั่วๆ ไปเมื่อได้รับแคลเซียมและโปรตีนเพียงพอ ก็จะได้รับฟอสฟอรัสมากด้วย

ค่า RDA ในทางก แรกเกิดกำหนดไว้มีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 1.5 : 1 และกำหนดเป็น 1 : 1 เมื่ออายุครบ 1 ปี เนื่องจากมีการตรวจพบว่าถ้าหากคิ่มนมวัวในอาทิตย์แรกเกิด จะมีอาการชักสั่นคล้ายนาดทะยักเนื่องจากขาดแคลเซียม (hypocalcemic tetany) [Ref.4] เพราะได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป คือในนมวัวมีอัตราส่วนแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 1.5 : 1 ส่วนนมแม่มีอัตราส่วนเป็น 2 : 1

เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นโลหะแร่ธาตุที่จำเป็นเกี่ยวกับระบบต่างๆ มากน้ำยของร่างกายดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุข จึงยินยอมให้ใช้ฟอสฟอรัสนิรูปของเกลือโซเดียมฟอสเฟตผสมในอาหาร ได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร กำหนดให้เกลือฟอสเฟต ดังต่อไปนี้ ใช้ผสมในอาหารได้

โซเดียมโพลิฟอสเฟต, โซเดียมฟอสเฟตโมโนเบสิก, โซเดียมฟอสเฟตไดเบสิก, โซเดียมฟอสเฟตไตรเบสิก อาหารที่เติมเกลือฟอสเฟต ได้แก่ พวยผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก, หมูแฮม, เบคอน ฯลฯ เพื่อเป็นตัวทำให้เนื้อนุ่ม มีรสสัมผัสดี ช่วยการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ ปริมาณที่ใช้กำหนดไม่เกิน 100 ส่วนในล้านส่วน หรือมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือไม่เกินร้อยละ 0.1

ฟอสฟอรัสนิรูปของเกลือฟอสเฟต ยังใช้มากในอุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมี และอุตสาหกรรมทั่วไป เนื่องจากมีคุณสมบัติในการกัดล้างคราบตะกรันในท่อน้ำ ในหม้อน้ำ ความดัน และแม้แต่ในน้ำยาทำความสะอาดทั่วไป ได้แก่ น้ำยาป้องกันสนิมหม้อน้ำรดบนต์ น้ำยาทำความสะอาด เครื่องประดับทองคำ น้ำยาทำความสะอาดเพลทช์ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ รวมถึงสารละลายฟางเห็นน้ำยาทำความสะอาดแม่พิมพ์ น้ำยาล้างแอล์ น้ำยาล้าง



น้ำมันเครื่อง ผงชั้นรามาลีน สารช่วยในการเชื่อม
พلوย น้ำยาปรับทอง และอื่นๆ

สารกลุ่มทำความสะอาดเหล่านี้ กลุ่มงานเคมี
ประยุกต์ กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เคยตรวจสอบ
หาสูตรและองค์ประกอบแล้วพบว่า นอกจากพนสารอื่นๆ
ที่เฉพาะเจาะจงของน้ำยาแต่ละชนิดแล้ว ทุกชนิดจะมี
เกลือโซเดียมฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย บางชนิด

ก็มีน้อย บางชนิดก็มีพอสมออยู่มาก คือ พบตั้งแต่ร้อยละ 1
จนถึงร้อยละ 35

ที่กล่าวมาทั้งหมด คือ ประโยชน์ของแร่ธาตุ
ฟอสฟอรัส ซึ่งให้ประโยชน์ทั้งในร่างกาย และ อุตสาหกรรม
ต่างๆ เป็นที่น่าสังเกตว่าฟอสฟอรัสที่ใช้ในอาหารจะมี
ความเข้มข้นน้อยมาก คือเป็นส่วนในส่วน ส่วน แต่ใช้ใน
อุตสาหกรรมมีปริมาณค่อนข้างมากคิดเป็นปริมาณร้อยละ



เอกสารอ้างอิง

- Food and Drug Administration Bureau of Foods. **Compliance program evaluation FY 74 selected minerals in food survey. Program circular 7320.08c.** Washington,
D.C : Department of Health, Education and Welfare, 1975. 6.p.
- Hegsted, D.M. Calcium and phosphorus. In **Modern nutrition in health and disease.**
5 th ed Edited by R.S. Goodhart and M.E. Shils., eds Philadelphia : Lea and
Febiger, 1973. p. 268 - 286.
- Lotz, M.E. Zisman, and Bartter, F.C. Evidence for a phosphorus depletion syndrome
in man. **New England Journal of Medicine**, 1968, 278, p.409-415.
- Mizrahi, A., London, R.D.; and Gribetz, D. Neonatal hypocalcemia-its causes and
treatment. **New England Journal of Medicine**, 1968, 278, p. 1163-1165.

