Chula Med J Vol. 47 No. 3 March 2003

อนุมูลอิสระจากการออกกำลังกาย

เสก อักษรานุเคราะห์*

Aksaranugraha S. Free radicals - production of exercies. Chula Med J 2003 Mar; 47(3): 139 - 48

About 5 to 20 percent of free radicals are produced by muscles during exercise through the mitochondria. In normal people , during regular exercise there are protective antioxidant enzymes to compromise these free radicals. Strenuous exercise is not a problem but exhaustive exercise is a major factor for excessive free radicals production. In aging people, the ability of muscle and capacity of protective antioxidant is reduced, regular exercise may produce excessive free radicals.

Vitamin C and E which are antioxidants, would be benefit for ones who need exhaustive training or for regular exercise in old age people.

Keywords: *Free radicals, Antioxidant, Exercise.*

Reprint request : Aksaranugraha S. Director of Thai Red Cross Rehabilitation Center, Sawanganiwas, Samut Prakarn 10280, Thailand.

Received for publication. January 15, 2003.

วัตถุประสงค์ : เพื่อให้เข้าใจถึงการเกิดอนุมูลอิสระจากการออกกำลังกายและปฏิกิริยาป้องกันตัวเองของร่างกาย และเพื่อที่จะทราบว่าเมื่อไร จึงควรรับประทาน Antioxidant โดยเฉพาะวิตามินซีหรืออี เพื่อช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่มีมากเกิดกำลังของร่างกายที่จะกำจัดได้

* ศาสตราจารย์กิตติคุณ, หัวหน้าศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู สภากาชาดไทย, ที่ปรึกษาคณะกรรมการจุฬาลงกรณ์เวชสาร

จริงหรือไม่ที่ว่าการออกกำลังกายเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ? คำถามนี้ผู้เขียนถูกถามบ่อยครั้งในระยะหลัง เพราะมีหนังสือพิมพ์นำบทความดังกล่าวไปลงและแนะให้แก้ด้วยรับประทานวิตามินอี ผู้เขียนจึงทำการค้นคว้าเพื่อจะได้ความจริงซึ่งได้เรียบเรียงเพื่อนำมาเสนอในแบบบทฟื้นฟูวิชาการ ดังต่อไปนี้

ก่อนอื่นต้องทราบเสียก่อนว่า อนุมูลอิสระ (Free Radicals) หรือสารก่อมะเร็งคืออะไร ?

ขอเริ่มด้วยวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานเสียก่อน คือ ปรมาณู หรืออะตอมจะประกอบด้วย นิวเคลียส ซึ่งมี นิวตรอน โปรตอน (ประจุ +) และอิเลคตรอน (ประจุ -) จำนวนประจุ + ใน 1 อะตอม จะต้องมีประจุ - อยู่เท่า ๆ กัน ประจุ - จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกริยาเคมี และเป็นตัวเชื่อมโยงกับอะตอมตัวอื่น ๆ เพื่อทำให้เกิดอนู (โมเลกุล) ประจุ - จะวิ่งเป็นวงอยู่รอบ ๆ ประจุ + อาจจะเป็นหลายวง ก็ได้ วงในที่สุดจะมีประจุ - ได้เต็มที่เพียง 2 ตัวเท่านั้น ถ้ามีมากกว่านี้ ประจุ - จะแยกตัวออกอยู่วงนอกออกไปและเมื่อวงนอกมีประจุ - ครบ 8 ตัว ก็จะแยกวงออกไปอีกเรื่อย ๆ

จำนวนประจุ - ที่วงรอบนอกสุดนี้เป็นส่วนสำคัญที่สุด จะเป็นตัวบ่งบอกว่าอะตอมนี้มีคุณสมบัติทางเคมีอย่างไร ถ้าวงนอกที่สุดที่ประจุ - ครบ 8 ตัว และจับเป็นคู่ๆ ไม่มีตัวเดียว จะไม่มีปฏิกริยาทางเคมีใด ๆ เกิดขึ้นเป็นสภาวะที่มั่นคง เฉื่อยชา

อะตอมจะพยายามเติมประจุ - ที่วงนอกเมื่อ

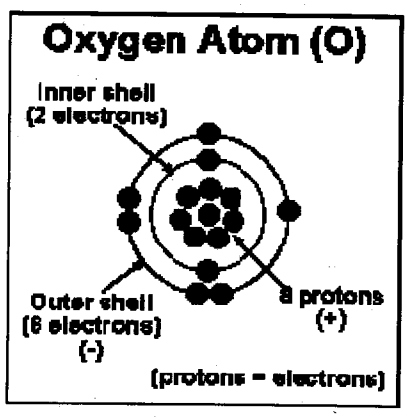
- ได้รับประจุ - เพิ่มขึ้นหรือสูญเสียประจุ - ไป
- แบ่งประจุ - ให้กับอะตอมข้างเคียงเพื่อให้ประจุ-ครบ 8 ตัว ซึ่งเป็นการรวมตัวของอะตอมด้วยกันทำให้เกิดอนูขึ้น

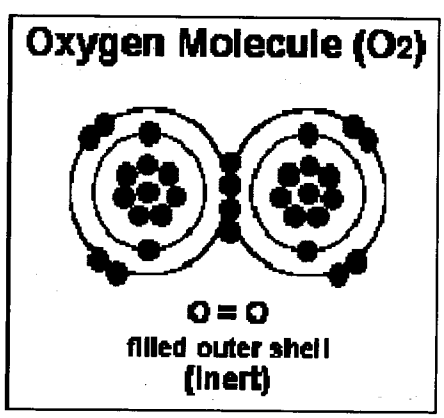
ในสภาวะปกติอะตอมจะถ่ายเทประจุ - ซึ่งกันและกันทีละ 1 คู่ ไม่ถ่ายเทเดี่ยวตัวเดียว แต่ในสภาพที่มีการยึดเหนี่ยวประจุ - อ่อนกว่าปกติ จะเกิดการถ่ายเทประจุ - ไม่ครบคู่ เป็นเดี่ยวได้ เรียกว่าอนุมูลอิสระหรือสารก่อมะเร็ง ซึ่งในสภาพนี้จะทำให้อะตอมตัวนั้นมีปฏิกริยาว่องไวรวดเร็วมาก เพื่อรับประจุ - จากอะตอมอื่นที่อยู่ใกล้เพื่อทำให้ตัวมันเองเป็นคู่ จะได้กลับไปสู่สภาวะมั่นคง เรียกว่า "เป็นการขโมย" ประจุ - กัน เมื่ออนูของสารที่ถูกขโมยประจุ - ไป ตัวมันก็จะกลายเป็น อนุมูลอิสระ แทน และดำเนินปฏิกริยาลูกโซ่นี้ไปเรื่อย ๆ ในที่สุดเซลล์นั้นก็จะถูกทำลายไป

ฉะนั้นคำตอบว่า อนุมูลอิสระ คืออะไร ? - คืออะตอมของสารอะไรก็ได้ (เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน) ที่มีประจุ - เดี่ยวอย่างน้อยที่สุด 1 ตัว ในวงนอกที่สุด

อนุมูลอิสระ ตัวไหนเกิดขึ้นได้โดยออกซิเจนเกี่ยวข้อง เราเรียกว่า ROS[1] (Reactive Oxygen Species) ซึ่ง ROS นี้จะมีประจุ - เดี่ยวที่วงนอกสุดถึง 2 ตัว

อนุมูลอิสระในขณะที่เกิดจากปฏิกริยาถ่ายเทประจุชนิดต่อเนื่อง - (ETC = Electron Transport Chain) ในเยื่อหุ้มไมโตคอนเดรียของกล้ามเนื้อ เพื่อสร้าง ATP จะเกิดปฏิกริยาที่เรียกว่าปฏิกริยาหลุดลอดของ ประจุ - ซึ่งเกิดขึ้นได้ระหว่าง 2-5 % ของปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปในทั้งระหว่างการออกกำลังกายและระหว่างพัก ทำให้เกิด Superoxide radicals ได้[2-4]





Peroxidation อนุมูลอิสระ ชอบขโมยประจุ - จากเยื่อหุ้มเซลล์ไขมัน เรียกว่า Lipid peroxidation [5] อนุมูลอิสระส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม ROS ชอบขโมยประจุ - จาก carbon-carbon double bond ของไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้ไขมันไม่อิ่มตัวนี้กลายเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งจะขโมยประจุ - จากไฮโดรเจนที่เกาะอยู่กับ double bond carbon อีกทีหนึ่งทำให้เกิดประจุ - เดี่ยว ที่ double bond ของ carbon กลายเป็นอนุมูลอิสระใหญ่ อนูของ carbon เหล่านี้พยายามรวมตัวกัน เกิดอนูใหญ่ขึ้น ๆ เรียก Conjugated Diene (CD) และ CD นี้เองที่รวมตัวกับออกซิเจนได้โดยเร็ว กลายเป็น Peroxy Radical ซึ่งจะไปขโมยประจุ - จากอนูของไขมันอื่น ๆ ต่อไปเรื่อย ๆ เรียก propagation ซึ่งเป็นปฏิกริยาลูกโซ่

ชนิดของอนุมูลอิสระ

1. อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย เป็นผลจาก metabolism มีอนุมูลอิสระ หลายชนิดที่เกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์ ส่วนใหญ่จะเป็น ROS [1]

- Superoxide anion (O2-)
- Hydroxyl radical (OH-)
- Hydrogen peroxide (H2O2)
- Singlet oxygen (1 O2)
- Nitric oxide

Superoxide anions เกิดขึ้นจากออกซิเจน (O2-) ต้องการประจุ - เพิ่มขึ้นไปรวมกับตัวอื่นทำให้อนู เหลือประจุ - เดี่ยว กลายเป็นอนุมูลอิสระ เช่นใน Mitochondria O2- เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ปริมาณมากน้อยขึ้นกับการไหลเวียนของออกซิเจนผ่าน mitochondria ในช่วงเวลาหนึ่ง

Hydroxyl radicals มีอายุสั้นมาก แต่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่มีพลังการทำลายได้อย่างมากในร่างกายเกิดจากปฏิกริยาของ O2- ของ H2O2 โดยทำปฏิกริยากับทองแดงหรือเหล็ก ทำให้เกิด OH- ได้

Hydrogen peroxide ร่างกายมนุษย์สามารถผลิตได้เองจากปฏิกริยาหลายชนิดและตัว H2O2 เอง สามารถจะปรับเปลี่ยนไปเป็น OH- ชนิดมีอำนาจทำลายสูงได้ หรือในทางกลับกันอาจปรับเปลี่ยนโดยถูก Catalyzed ให้กลายเป็นน้ำ H2O ซึ่งมันจะถูกปรับเปลี่ยนไปเป็น Singlet oxygen 1 O2 ได้ [6]

Singlet Oxygen 1 O2 ไม่ใช่อนุมูลอิสระแต่อาจจะนำไปสร้างเป็น อนุมูลอิสระได้ด้วย radical reaction 1 O2 นั้น ผิดไปจากกฎของ Hund ที่ว่า รอบวงนอกของอะตอมต้องมีประจุ - เต็ม 8 ตัวและเป็นคู่ แต่วงถัดไปไม่มีประจุ - เลย เมื่อมีอะตอมของ oxygen ตัวอื่นเข้ามาใกล้จะเกิดปฏิกริยาประจุ - ตัวหนึ่งจะกระโดดเข้าไปอยู่ในวงที่ว่างเปล่านี้ ทำให้เกิดประจุ - เดี่ยวในวงนอกได้ กลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่และจะเป็นปฏิกริยาลูกโซ่ต่อไปเรื่อยได้

2. อนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกาย [7] เป็นสภาวะที่ทำให้ร่างกายสร้างอนุมูลิสระมากขึ้น

2.1 จากมลพิษในสิ่งแวดล้อม

- ควันเสียและเขม่าจากเครื่องยนต์ และรถยนต์มีอนุมูลอิสระมาก คือ คาร์บอนโมนอกไซด์ เข้าร่างกายทางหายใจ
- ควันบุหรี่ มีอนุมูลอิสระมาก เข้าร่างกายทางหายใจ
- ยาฆ่าแมลง ยาฉีดยุง เข้าร่างกายทางหายใจและทางปาก

2.2 รังสี

- รังสีปรมาณู เข้าทางผิวหนัง
- รังสีเอกซเรย์ เข้าทางผิวหนัง

2.3 การติดเชื้อ

ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรียหรือไวรัส เม็ดเลือดขาวจะสร้างอนุมูลอิสระเพื่อฆ่าเชื้อโรคเหล่านี้ แต่โอกาสที่เม็ดเลือดขาวจะสร้างอนุมูลอิสระมากเกินไปเกิดขึ้นได้ จึงสามารถทำร้ายเซลล์ของร่างกายได้ด้วย

2.4 การอักเสบชนิดไม่ทราบสาเหตุ (autoimmune diseases)

เช่นข้ออักเสบชนิดรูมาตอยด์ หรืออื่น ๆ ที่ไม่ทราบสาเหตุ ร่างกายจะส่งเม็ดเลือดขาวเข้ามาในบริเวณที่อักเสบแล้วสร้างอนุมูลอิสระ เพื่อจะลดการอักเสบคล้าย ๆ กับการอักเสบติดเชื้อ แต่ในกรณีนี้กลับทำอันตรายกับเนื้อ

เยื่อบริเวณนั้น ทำให้การอักเสบการทำลายเพิ่มขึ้น

เช่นกันในโรคเก๊าท์ ซึ่งจะมีการตกผลึกของกรดยูริคในข้อ เม็ดเลือดขาวจะพยายามทำลายผลึกเหล่านี้ โดยการสร้างอนุมูลอิสระแต่แทนที่จะทำลายได้กลับทำให้การอักเสบการทำลายเซลล์เพิ่มขึ้น

2.5 การออกกำลังกายจนอ่อนเปลี้ยเดิม เชื่อว่าการออกกำลังกายหนัก หักโหม จะเป็นสาเหตุให้ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระมากเกินไปจนทำร้ายร่างกายได้ แต่ในปัจจุบันเชื่อว่าเกิดจากการออกกำลังกายจน อ่อนล้า เป็นสาเหตุมากกว่า[8]

โรคหรือผลที่เกิดจากอนุมูลอิสระ เท่าที่ทราบขณะนี้มี

1. **ความชรา**[8-10]

มีผู้เสนอทฤษฎีหลายอย่างที่อธิบายว่าทำไมคนจึงชรา ในปี คศ. 1956 Dr. Denham Harma ได้เสนอทฤษฎีว่าอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุให้เกิดความชรา และความตาย เขาเชื่อว่าอนุมูลอิสระที่ไม่ได้ถูกกำจัดจะค่อย ๆ ทำอันตรายต่อเซลล์เมื่อนานเข้าทำให้อวัยวะและร่างกายเสื่อมลง อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายทุกวันจะไม่โดนขจัดไปหมดโดย antioxidants ของร่างกาย ดังนั้น อนุมูลอิสระที่ไม่โดนกำจัดถึงแม้จะมีจำนวนน้อยก็จะค่อย ๆ ทำอันตรายต่อเซลล์และอวัยวะทำให้เกิดการเสื่อมของร่างกายเป็นผลให้เกิดโรคเสื่อมโทรมของอวัยวะ (degenerative disease) และความชรา เขายกตัวอย่างว่าในสัตว์ทดลองที่โดนรังสีจะแก่เร็ว เกิดมะเร็งและเซลล์เสียหายเนื่องจากอนุมูลอิสระจากการโดนรังสีตอนแรก ๆ เมื่อ Dr. Denham Harman เสนอทฤษฎีนี้นั้นไม่มีใครให้ความสนใจมากนัก จนในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาเมื่อมีการวิจัยเรื่องอนุมูลอิสระมากขึ้น ความเชื่อในทฤษฎีนี้ก็เพิ่มขึ้นตามกาลเวลา การวิจัยยังพบว่าสัตว์ที่มี metabolism สูงมีการสร้างอนุมูลอิสระมากกว่าสัตว์ที่มี metabolism ต่ำ ดังนั้นสัตว์ที่มี metabolism สูงนี้จะมีอายุสั้นกว่าสัตว์ที่มี metabolism ต่ำ

การศึกษาเรื่องความชรานั้น นักวิจัยจะใช้แมลงที่เรียกว่า drosophila เนื่องจากแมลงนี้มีอายุไม่กี่อาทิตย์ ดังนั้นนักวิจัยไม่เสียเวลามากนักที่จะรอให้แมลงเหล่านี้แก่ ในการทดลองนักวิจัยพบว่าถ้าเลี้ยง drosophila ที่มีอุณภูมิที่ 10^0 C, drosophila จะมีชีวิตอยู่ได้ 120 วัน แต่ถ้าเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30^0 C, ซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติในสิ่งแวดล้อม drosophila จะมีอายุเพียง 14 วัน นักวิจัยเชื่อว่า drosophila ที่ถูกเลี้ยงในอุณหภูมิสูงจะมี metabolism สูงกว่า drosophila ที่เลี้ยงในอุณหภูมิต่ำทำให้มีการสร้างอนุมูลอิสระมากขึ้นและอนุมูลอิสระที่สร้างมากขึ้นนี้ทำให้ drosophila แก่เร็วขึ้นและอายุสั้นลงนอกจากนี้นักวิจัยยังได้ศึกษาถึงผลของการบินในแมลงวัน นักวิจัยได้ตัดปีกแมลงวันหรือจับแมลงวันใส่ขวดเล็ก ๆ เพื่อไม่ให้บิน นักวิจัยพบว่าแมลงวันที่โดนตัดปีกหรือจับใส่ขวดและบินไม่ได้เหล่านี้มีอายุยืนยาวกว่าแมลงวันที่บินได้ตามปกติ เนื่องจากขณะที่บินแมลงวันจะใช้พลังงานมากดังนี้จะมีอนุมูลอิสระมากขึ้นทำให้แก่เร็วขึ้น

มีรายงานจากกลุ่มนักวิจัย MIT เมือง Cambridge รัฐแมสสาชูเซตต์ สหรัฐอเมริกา เมื่อ 17 กรกฎาคม 2002 [4] ว่า การรับประทานอาหารที่จำกัดแคลอรี่ สามารถยืดอายุให้ยืนยาวได้ เพราะการจำกัดอาหารนี้ไปทำให้ต้องหายใจเพิ่มขึ้น แต่ไม่ใช่เพราะมันไปลดอนุมูลอิสระ ถึงแม้ว่าการจำกัดอาหารแคลอรี่ต่ำนี้จะไปทำให้ metabolism ของร่างกายช้าลง ลดลง ซึ่งมีผลโดยตรงกับการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกายลดลงด้วยก็ตาม มีคำอธิบายว่า การจำกัดอาหารแคลอรี่ต่ำจะไปกระตุ้น silenced Information Regulator (SIR2) gene ซึ่ง gene ตัวนี้จะมีผลโดยตรงทำให้แก่ช้าลง อายุยืนขึ้น เชื่อว่าเมื่อจำกัดอาหารแคลอรี่ต่ำแล้วร่างกายจะสร้าง antioxidant enzymes ขึ้น ซึ่งจะไปกระตุ้นให้หายใจเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ทดลองใน yeast เพียงสรุปว่า gene SIR2 พบได้ใน yeast ในพยาธิตัวกลมและในคน จึงอนุโลมว่าเกิดผลในคน เช่นเดียวกัน

สรุปแล้ว ในปัจจุบันยังไม่มีทฤษฎีใดได้รับการพิสูจน์ยืนยันอย่างแน่ชัดว่าความชราเกิดจากอะไร แต่ทฤษฎีที่เสนอว่า อนุมูลอิสระเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความชรา ความผิดปกติในกรรมพันธุ์ โรคมะเร็ง และความตายได้รับความเชื่อถือมากที่สุดทฤษฎีหนึ่ง

2. เส้นเลือดตีบ

คนเมื่ออายุมากขึ้นโอกาสที่เส้นเลือดจะตีบตันก็สูงขึ้น หากเส้นเลือดที่หล่อเลี้ยงหัวใจตีบตันก็อาจทำให้เกิดหัวใจวายได้ หากเส้นเลือดในสมองตีบตันก็ทำให้เป็นอัมพฤกษ์และอัมพาตได้ ทฤษฎีในปัจจุบันเชื่อว่าเส้นเลือดตีบตันเริ่มจากเยื่อบุผนังหลอดเลือดเสียหายจากสาเหตุต่าง ๆ ผลที่ตามมาคือเม็ดเลือดขาวจะมาเกาะเป็นกระจุกอยู่ในบริเวณนั้นและจะสร้างอนุมูลอิสระ ซึ่งจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อของผนังเส้นเลือดหนาขึ้น นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวและเซลล์ของผนังเส้นเลือดที่ผิดปกติจะสร้างปฏิกริยากับ cholesterol ชนิด LDL เรียกว่า oxidisation ทำให้ cholesterol ชนิด LDL ที่โดน oxidised นี้จับกับเม็ดเลือดขาวและเกาะกับผนังเส้นเลือดทำให้เส้นเลือดตีบตัน ปฏิกริยานี้ต้องใช้ธาตุเหล็กหรือธาตุทองแดงด้วย [10]

คงเป็นที่ทราบกันแล้วว่าถ้า cholesterol ในเลือดสูงทำให้โอกาสที่จะเกิดเส้นเลือดในหัวใจตีบตันสูงขึ้น Cholesterol มี 2 ชนิด คือ LDL กับ HDL LDL เป็น Cholesterol ที่สร้างปัญหาในการทำให้เกิดเส้นเลือดตีบตันได้ตามที่ได้อธิบายข้างต้น HDL เป็น Cholesterol ที่ดีซึ่งไม่ทำให้เส้นเลือดตีบตันและอาจป้องกันไม่ให้เส้นเลือดตีบตันด้วย

3. Autoimmune disease

Autoimmume disease เป็นกลุ่มโรคที่ไม่ทราบสาเหตุซึ่งเกิดได้กับอวัยวะทุกระบบ ในโรคกลุ่มนี้ร่างกายจะสร้าง antibody (ภูมิคุ้มกัน) มาทำอันตรายกับอวัยวะของร่างกายของตนเองอวัยวะ ใดจะโดนทำลายนั้นขึ้นกับชนิดของโรค ตัวอย่างของโรคกลุ่มนี้ ได้แก่ systemic lupus erythematosus (หรือเรียกว่าโรคพุ่มพวง ดวงจันทร์), โรครูมาตอยด์ ซึ่งเป็นโรคไขข้ออักเสบ เป็นต้น สิ่งที่กระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกัน มาทำลายอวัยวะของตนเองยังไม่ทราบแน่ชัด แต่ผลที่ตามมาคือ การอักเสบซึ่งจะกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวเคลื่อนเข้ามาในบริเวณที่อักเสบ เม็ดเลือดขาวพยายามจะช่วยร่างกายโดยการสร้างอนุมูลอิสระขึ้นเพื่อทำลาย immune complex ในกรณีนี้แทนที่จะได้ผลดีกลับเกิดผลเสียเพราะอนุมูลอิสระจะทำอันตรายต่ออวัยวะที่อักเสบนั้น ๆ ทำให้เกิดโรคอวัยวะนั้นขึ้น [4]

4. Reoxygenation injury หรือ Reperfusion injury[11]

เมื่อเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงอวัยวะเกิดตีบตัน อวัยวะจะขาดเลือดไปเลี้ยง เช่น เส้นเลือดหัวใจตีบตันจะเกิดหัวใจวาย เส้นเลือดในสมองตีบตันจะเกิดอัมพฤกษ์ เส้นเลือดของลำไส้ตีบตันจะเกิดลำไส้ตาย ถ้าเส้นเลือดอุดตันเป็นระยะเวลานานพอสมควรอวัยวะนั้น ๆ ก็จะตายไป แต่ถ้าเส้นเลือดอุดตันชั่วระยะสั้น ๆ แล้วเลือดกลับไปเลี้ยงอวัยวะนั้น ๆ ได้อีก อวัยวะนั้น ๆ อาจจะไม่เสียหรือตายไป แต่นักวิจัยค้นพบว่าหลังจากเลือดกลับไปหล่อเลี้ยงอวัยวะเหล่านี้ใหม่จะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นมาก และจะทำอันตรายต่ออวัยวะนั้น ๆ มากขึ้นถึงแม้ว่าเลือดจะไปหล่อเลี้ยงใหม่ได้แล้ว ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า reoxygenation injury หรือ reperfusion injury Antioxidants จะช่วยป้องกันอวัยวะไม่ให้เสียหายมากจากปรากฏการณ์นี้ได้

5. มะเร็ง

อนุมูลอิสระ อาจทำอันตรายกับ DNA ในนิวเคลียสของเซลล์ DNA เป็นสารพันธุกรรมของคน หากเกิดความเสียหายและผิดปกติ อาจจะทำให้เกิดโรคกรรมพันธุ์หรือความผิดปกติของร่างกายและอาจจะทำให้เกิดโรคมะเร็งได้

จะเห็นได้ว่าอนุมูลอิสระ มีความสัมพันธ์กับโรคและสภาวะหลาย ๆ อย่างตามที่กล่าวมาในเบื้องต้น นอกจากนี้อนุมูลอิสระ อาจจะเกี่ยวข้องกับกลไกที่ทำให้เกิดโรคปอดในคนสูบบุหรี่ โรค Alzheimer และโรค Parkinson เป็นต้น เชื่อว่าอาจมีโรคอีกหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระเราคงจะมีความรู้มากขึ้นในอนาคตเพราะมีการทำวิจัยเกี่ยวกับอนุมูลอิสระมากขึ้นในขณะนี้

การออกกำลังกายกับอนุมูลอิสระ [8,11,12]

การออกกำลังกายแบบอดทนหรือแอโรบิก ต้องการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น 10-20 เท่าของสภาวะปกติ (พัก) ดังนั้น โอกาสที่จะเกิดอนุมูลอิสระจึงมีขึ้นได้อย่างมากมาย ซึ่งถ้าร่างกายทำลายไม่หมด อนุมูลอิสระที่เหลือจะทำอันตรายกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ได้

ในการออกกำลังกายธรรมดาทั่ว ๆ ไป จะมีระบบ

ป้องกันอัตโนมัติไปทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนี้ได้หมด จึงป้องกันไม่ให้เกิดการทำลายดังกล่าวได้ แต่โอกาสที่จะเกิดอนุมูลอิสระได้มากถึง 20 % ซึ่งจะเกินความสามารถของระบบป้องกันอัตโนมัติได้เมื่อออกกำลังจนกล้ามเนื้อล้า อ่อนเปลี้ยในมุมกลับอาการอ่อนล้าและอาการตะคริวของกล้ามเนื้อเป็นผลของอนุมูลอิสระนั้นเอง [13]

การออกกำลัง

จะต้องการออกซิเจนเพื่อนำมาสร้าง ATP มากจนสร้างไม่ทัน จึงเกิดสถานการ oxidation stress เป็นผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้นด้วย คือ Semiquinone และ xanthine oxidase [4]

ถ้าออกกำลังระดับปกติ

เกิด metabolism ขึ้นช้า ๆ อนุมูลอิสระเกิดขึ้นน้อยและช้า ทำให้ระบบป้องกันอัตโนมัติทำลายได้หมด

ถ้าออกกำลังจนอ่อนล้า

อนุมูลอิสระเกิดขึ้นมากจากการเผาผลาญออกซิเจน จนเกินความสามารถของระบบป้องกัน ทำให้อนุมูลอิสระที่เหลือไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์อัตโนมัติตาย และเซลล์ necrosis และอักเสบ

- เพิ่ม Lipid peroxidation (อนุมูลอิสระ)
- เพิ่ม glutathione oxidase (อนุมูลอิสระ)

Oxidation stress เกิดขึ้นจากการออกกำลังจนกล้ามเนื้ออ่อนล้ามากกว่าการออกกำลังกายหนัก [1,8,9]

ฉะนั้น คนที่ได้รับการฝึกเพื่อเพิ่มความอดทน antioxidant enzyme เพิ่มขึ้นด้วย จึงเกิดการอ่อนล้าของกล้ามเนื้อน้อยกว่าและช้ากว่า พวกที่ไม่ได้ฝึก โอกาสที่จะมีอนุมูลอิสระมากเกินจากระบบป้องกันอัตโนมัติของร่างกายจึงมีได้น้อยกว่า เป็นการป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อถูกทำลาย

Antioxidant enzyme and heat stroke proteins(HSPs)[12]

กล้ามเนื้อลาย มีความสามารถในการเพิ่มการใช้ออกซิเจนขณะหดตัว ซึ่งจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม การออกกำลังระยะแรกนี้เป็นกระบวนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมาก และกล้ามเนื้อสามารถปรับตัวโดยการสร้าง endogenous mechanism แตกต่างกันหลายวิธีได้อย่างรวดเร็วเช่นกันประกอบด้วย structural & biochemical changes เช่น เพิ่ม muscle activity of antioxidant enzyme และ content of stress หรือ heat shock proteins (HSPs)

การปรับตัวในระยะแรกนี้เป็นประโยชน์ต่อการป้องกันตัวไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายเซลล์ได้ในช่วงของการออกกำลังกายระยะหลังได้

นอกจากนี้ยังมีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อเพิ่มความสามารถในการปกป้องไม่ให้มีการสร้างอนุมูลอิสระ ในระหว่างออกกำลังกายแบบ non damaging และติดตามด้วยการสร้าง HSPs อย่างรวดเร็ว แสดงว่าอนุมูลอิสระเองจะเป็นตัวส่งสัญญาณทำให้เกิดการปรับตัวโดยอัตโนมัติด้วย

ผู้สูงอายุ

ขณะที่เราแก่ลง กล้ามเนื้อจะเล็กลง อ่อนเปลี้ยลง และง่ายต่อการถูกทำลายจากการออกกำลังกายที่มากเกินไป และความสามารถในการฟื้นตัวจากการอ่อนล้าของกล้ามเนื้อจะลดลงมากซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อนั้นไม่สามารถปรับตัว ได้เร็วเพียงพอในการออกกำลังในครั้งถัดไป [13] มีหลักฐานพอเชื่อถือที่แสดงว่า adaptation response นี้ ลดลงเมื่ออายุมากขึ้น

Eccentric exercise

สามารถเพิ่มอนุมูลอิสระ xanthine oxidant ในกล้ามเนื้อของคนได้มาก ทำให้เกิดการอักเสบตามมาได้ง่าย [14, 15]

Mitochondria

เคยคิดว่าเป็นแหล่งใหญ่ที่ผลิตอนุมูลอิสระ โดยคิดว่ามีการใช้ออกซิเจนอย่างมากมายใน mitocleandria และ electron transport flux ซึ่งเป็นผลทำให้มี lipid peroxidation ซึ่งเป็นผลทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองกลับพบว่ามี haemproteins เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิด oxidation stress เพิ่มขึ้น และถ้ามีการออกกำลังกายรุนแรงจนอ่อนล้า จะพบ methaemoglobin เพิ่มขึ้น และระดับ Glutathione ซึ่งเป็น antioxidant กลับลดลง ปฏิกิริยาร่วมระหว่าง

methaemoglobin & metmyoglobin & peroxides ทำให้เกิด Oxidation stress ระหว่างออกกำลังกาย [4]

Antioxidants

เป็นสารกลุ่มหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อร่างกาย Antioxidants อาจเป็นสารที่มีในร่างกายหรือร่างกายสร้างได้เอง หรืออาจเป็นสารที่เรากินเป็นประจำทุกวัน ความรู้เกี่ยวกับ antioxidants ยังมีไม่มากนักแต่มีการตื่นตัวและวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้มากขึ้น [7]

1. Antioxidants **ที่มีในร่างกาย**

1.1 Enzymes และ Coenzymes

Superoxide dismutase (SOD)

Catalase

Glutathione peroxidase

Glutathione reductase

Glutathione transferase

Coenzyme Q 10

1.2 Proteins

Glutathione

Lipoic acid

Ceruloplasmin

Albumin

Transferrin

Haptoglobin

Hemopexin

Bilirubin

Uric acid

Cysteine

จะเห็นว่าในร่างกายมีสารหลายอย่างที่เป็น antioxidants ซึ่งช่วยขจัดอนุมูลอิสระAntioxidants ที่มีในร่างกายบางตัวเช่น superoxide dismutase และ glutathione จะมีความสำคัญมากกว่าตัวอื่น ๆ Antioxidants ที่ร่างกายมีอยู่หรือสร้างได้นี้จะช่วยขจัดอนุมูลอิสระได้มากกว่า 95 % ขึ้นไปในภาวะปกติ ดังนั้นจะเห็นว่าร่างกายมีประสิทธิภาพมากอยู่แล้วในการกำจัดอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ร่างกายยังได้ antioxidants ที่กินเข้าไปจากอาหารด้วย

2. Antioxidants **ที่มีในอาหาร**

1. วิตามิน เอ
2. วิตามิน ซี
3. วิตามิน อี
4. Glutamine
5. Flavonoids ซึ่งเป็นสารมีสีในพืชผักและผลไม้
6. ชา
7. สมุนไพรบางชนิด
8. Selenium

เป็นที่ เชื่อกันว่า antioxidants ส่วนใหญ่จะมีประโยชน์กับอวัยวะทุกชนิดทั่วร่างกาย แต่ antioxidants บางชนิดจะมีประโยชน์จำเพาะอวัยวะ เช่น Co Enzyme Q10 มีประโยชน์กับกล้ามเนื้อหัวใจ

จะเห็นได้ว่า antioxidants มีมากมายหลายชนิด Antioxidants ที่ร่างกายสร้างได้เองนั้น ร่างกายจะสร้างได้มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับสุขภาพและการกินอาหารที่เพียงพอและเหมาะสมของคน ๆ นั้น สำหรับ antioxidants ที่มีในอาหารขอให้รายละเอียดของแต่ละกลุ่มและประโยชน์เท่าที่ทราบให้ ผู้อ่านพิจารณาเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

ดังที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้นว่าคนอายุต่ำกว่า 40 ปี ในสภาวะปกติ ร่างกายจะมี antioxidants ได้เพียงพอที่จะขจัดอนุมูลอิสระได้มากกว่า 99 % แต่เมื่ออายุมากขึ้นเกินกว่า 40 ปี หรือในช่วงที่ไม่สบายหรือเมื่อเราต้องอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีมลพิษมาก Antioxidants ในร่างกายจะมีไม่พอที่จะขจัดอนุมูลอิสระได้หมด อนุมูลอิสระที่ไม่โดนกำจัดก็จะทำอันตรายต่อร่างกายได้ ในภาวะเช่นนี้ถ้าเรากินสารที่เป็น antioxidants เพิ่มขึ้นก็อาจจะช่วยร่างกายให้ขจัดอนุมูลอิสระได้หมด

วิตามิน เอ [16]

- เบต้า - แคโรทีน เปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้
- เป็น antioxidant สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ เช่น จากควันบุหรี่ จากอุลตร้า ไวโอเลต

- ป้องกันมะเร็งบางชนิดเช่น ปอด กระเพาะอาหาร ลำไส้ ลำคอ และกระเพาะปัสสาวะ

วิตามิน ซี [16, 17]

- เป็น antioxidant ที่มีมากที่สุดตัวหนึ่งในเลือดและเซลล์เนื่องจากละลายในน้ำจึงดูดซึมเข้าในเซลล์ได้ดีกว่า วิตามินซี จึงป้องกันอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลาย DNA ในนิวเคลียสของเซลล์ได้ดีกว่า วิตามินอี

- ป้องกัน sperms ไม่ให้ถูกทำอันตราย จากอนุมูลอิสระ

- วิตามินซี สามารถเปลี่ยนวิตามินอีที่ทำปฏิกริยากับอนุมูลอิสระ แล้วให้กลับเป็นวิตามินอีเดิมได้ จึงสามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้หลายครั้งเท่ากับเป็นการเพิ่มวิตามินอีในร่างกาย

- ช่วยป้องกันข้อเสื่อมในคนสูงอายุ

- เพิ่มภูมิคุ้มกันในร่างกาย

- ป้องกันไม่ให้ LDL Cholesterol ถูก oxidised จึงไม่เกาะผนังหลอดเลือด
จึงป้องกันไม่ให้เส้นเลือดตีบตันได้

วิตามิน อี [18 - 20]

- เป็น Antioxidant ชนิดละลายในไขมันที่มีมากที่สุดในร่างกาย

- ป้องกันไม่ให้ LDL cholesterol เกาะผนังหลอดเลือดโดยเฉพาะในผู้ป่วยเบาหวานให้รับประทานวันละ 400 ยูนิตสากล

- ป้องกันเส้นเลือดสมองตีบตัน ป้องกันอัมพฤกษ์อัมพาต

- ป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำลายผนังเซลล์

- ป้องกันมะเร็งโดยทำลายอนุมูลอิสระและเพิ่มภูมิคุ้มกันในร่างกาย (คนที่มีภูมิคุ้มกันสูงอัตราเสี่ยงเป็นมะเร็งลดลง)

- ลด enzyme (Protein kinase C) ที่กระตุ้นให้เซลล์มะเร็งเติบโตและขยายตัวเร็ว

- ลดการสร้าง prostaglandin จึงลดการอักเสบและความเสี่ยงการเป็นมะเร็ง ลดโอกาสคนสูบบุหรี่ไม่ให้เป็นมะเร็งได้ 15% และมะเร็งต่อมลูกหมาก 16%

- ปกป้องผิวหนัง

- ยืดอายุเซลล์

- เพิ่มภูมิคุ้มกัน

- ป้องกันหรือชะลอโรค Alzheimer

- ป้องกันต้อกระจก

- ช่วยรักษาไขข้อเสื่อม

- ชลอความเสื่อมของภูมิคุ้มกันในโรค AIDS

- ช่วย recycle วิตามิน C

Lipoic Acid

- เป็น antioxidant

- ช่วย recycle glutathione

- ป้องกันสมองและหัวใจไม่ให้เสียหายจากการขาดเลือด

Coenzyme Q10 (Co Q10)

- พบในเซลล์ของร่างกาย แต่อายุยิ่งมาก Co Q10 ยิ่งน้อยลง

- ช่วยปฏิกริยา Krebls cycle

- ช่วย recycle วิตามินอี

- เพิ่มภูมิคุ้มกัน

- เป็น Antioxidant โดยเฉพาะมะเร็งเต้านม

- ช่วยลดความเสื่อมของสมอง

- ช่วยชลอความแก่

Glutathione

- เป็น antioxidant สร้างจาก amino acids 3 ตัว คือ cysteine + glutamic acid + glycine

- มีปริมาณหลายล้านเท่าของวิตามินอี ในร่างกายจึงเป็น Antioxidant หลักพบมากในตับ

- ทำให้มีการทำลายสารพิษในตับ ฉะนั้นการกินยา มลพิษและเหล้า ซึ่งทำให้ Glutathione มีปริมาณลดลง โดยเฉพาะยาพาราเซตามอล และบุหรี่ จึงทำให้ความสามารถของตับในการทำลายอนุมูลอิสระลดลง

Flavonoids

- เป็น Antioxidant

- พบในพืช ผัก และผลไม้มีสี

- ป้องกันหลอดเลือดสมองและหัวใจตีบตัน

- ช่วยเพิ่มความจำ
- เพิ่มภูมิต้านทาน

Carotenoids

- เป็นสารที่มีสีในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์
- ป้องกันมะเร็งต่อมลูกหมาก
- เปลี่ยนให้เป็นวิตามินเอ ได้
- พบมาในมะเขือเทศ และแครอท

Selenium [21]

- เป็นธาตุ ตัวมันไม่ได้เป็น antioxidant
- แต่สามารถ recycle antioxidants ที่สำคัญในร่ายกาย เช่น glutathione วิตามินซีและอี

สรุป

เรื่องอนุมูลอิสระกับการออกกำลังกายได้ดังนี้

1. การออกกำลังกายขนาดธรรมดา จะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้ 2-5 % ซึ่งร่างกายคนเราสามารถทำลายได้หมดทันทีด้วยระบบป้องกันอัตโนมัติ Antioxidant enzymes

2. การออกกำลังกายหนักไม่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากเกินกำลังของระบบป้องกันอัตโนมัตินี้

3. การออกกำลังจนอ่อนล้าจะมีอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นได้ถึง 20 % ซึ่งเกินกำลังของระบบ ป้องกันอัตโนมัติ

4. ผู้สูงอายุซึ่งมีกล้ามเนื้อที่เล็กลง สมรรถภาพลดลง อ่อนล้าง่ายขึ้น และความสามารถของระบบป้องกันอัตโนมัติลดลง ฉะนั้นในการออกกำลังกายธรรมดาก็อาจจะมีอนุมูลอิสระหลงเหลือได้

5. การรับประทานวิตามินซีหรืออีจึงจะมีประโยชน์กับนักกีฬาที่ต้องฝึกจนกล้ามเนื้ออ่อนล้า หรือผู้สูงอายุที่ยังออกกำลังกายธรรมดาเป็นประจำ

อ้างอิง

1. Acworth IN,Bailey B. Reactive oxygen species. In: The Handbook of Oxidative Metabolism. Massachusetts : ESA 1997:1 - 4

2. Boveris A, Cadenas E. Mitochondrial production of superoxide anions and its relationship to the antimycin insensitive respiration. FEBS Lett 1975 Jul 1;54(3): 311 - 4

3. Sjodin B. Hellsten Westing Y, Apple FS. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. Sports Med 1990 Oct; 10(4): 236 - 54

4. Cooper CE, Vollaard NB, Choueiri T, Wilson MT. Exercise, free radicals and oxidative stress. Biochem Soc Trans 2002 Apr; 30 (2): 280 - 5

5. Halliwell B, Chirico S. Lipid peroxidation : Its mechanism, measurement, and significance. Am J Clin Nutr 1993 May; 57(5 Suppl 1): 715S - 725S

6. Karisson J. Introduction to nutraology and radical formation. In : Antioxidants and Exercise. Illinois : Human Kinetics 1997: 1 - 143

7. Anuraj S. Antioxidants. The Bumrungrad Hosp. Foundation 2001.

8. Vina J, Gomez-Cabrera MC, Lloret A, Marquez R, Minana JB, Pallardo FV, Sastre J. Free radicals in exhaustive physical exercise : mechanism of production, and protection by antioxidants. IUBMB Life 2000 Oct - Nov; 50(4 - 5): 271 - 7

9. McArdle A, Jackson MJ. Exercise, oxidative stress and ageing : J Anat 2000 Nov; 197 Pt 4: 539 - 41

10. Vina J, Gimeno A, Sastre J, Desco C, Asensi M, Pallardo FV,Cuesta A, Ferrero JA, Terada LS, Repine JE. Mechanism of free radical production in exhaustive exercise in humans and rats; role of xanthine oxidase and protection by allopurinol. IUBMB Life 2000 Jun; 49(6): 539 - 44

11. Flaherty JT, Weisfeldt ML. Reperfusion injury:

Free Radic Biol Med 1988; 5(5 - 6):409 - 19

12. Laughlin MH, Simpson T, Sexton WL, Brown OR, Smith JK, Korthuis RJ. Skeletal muscle oxidative capacity, antioxidant enzymes, and exercise training. J Appl Physiol 1990 Jun; 68(6): 2337 - 43
13. McArdle A, Vasilaki A, Jackson M. Exercise and skeletal muscle ageing: cellular and molecular mechanisms. Ageing Res Rev 2002 Feb; 1(1): 79 - 93
14. Stacewicz-Sapuntzakis M. Vitamin A and caroteniods. In: Wollinsky I, Driskell JA, eds. Sports Nutrition Vitamins and Trace Minerals. New York: CRC Press,1997: 101 - 10
15. Child R, Brown S, Day S, Donnelly A, Roper H, Saxton J. Changes in indices of antioxidant status, lipid peroxidation and inflammation in human skeletal muscle after eccentric muscle actions. Clin Sci (Lond) 1999 Jun; 96(1): 105 - 15
16. Keith RE. Ascorbic Acid. In : Wolinsky I, Driskell JA, eds. Sports Nutrition vitamins and Trace Minerais. New York: CRC Press,1997: 29-45, 119 - 131
17. Keren G. Epstein Y. The effect of high dosage vitamin C intake on aerobic and anaerobic capacity. J Sports Med Phys Fitness 1980 Jun; 20(2): 145 - 8
18. Shephard RJ, Campbell R, Rimm P. Vitamin E, exercise and the recovery from physical activity. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1974;33 (2): 119 - 26
19. Meydani M, Fielding RA, Fotouhi N. Vitamin E. In : Wolinsky I, Driskell JA,eds. Sports Nutrition Vitamins and Trace Minerals. New York : CRC Press,1996; 119 - 31
20. Burton GW. Vitamin E : molecular and biological function. Proc Nutr Soc 1994 Jul;53(2): 251 - 262
21. Boylan M, Spallholz JE. Selenium. In : Wolinsky I, Driskell JA, eds. Sports Nutrition Vitamins and Trace Minerals, New York : CRC Press, 1997: 195 - 204

กิจกรรมการศึกษาต่อเนื่องสำหรับแพทย์

ท่านสามารถได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการสำหรับกิจกรรมการศึกษาต่อเนื่องสำหรับแพทย์ กลุ่มที่ 3 ประเภทที่ 23 (ศึกษาด้วยตนเอง) โดยศูนย์การศึกษาต่อเนื่องของแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามเกณฑ์ของศูนย์การศึกษาต่อเนื่องของแพทย์แห่งแพทยสภา (ศนพ.) จากการอ่านบทความเรื่อง **"อนุมูลอิสระจากการออกกำลังกาย"** โดยตอบคำถามข้างล่างนี้ พร้อมกับส่งคำตอบที่ท่านคิดว่าถูกต้องโดยใช้แบบฟอร์มคำตอบท้ายคำถาม แล้วใส่ซองพร้อมซองเปล่า (ไม่ต้องติดแสตมป์) จ่าหน้าซองถึงตัวท่าน ส่งถึง (สามารถตรวจจำนวนเครดิตได้จาก www.ccme.or.th)

ศ. นพ. สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ
บรรณาธิการจุฬาลงกรณ์เวชสาร
และประธานคณะกรรมการการศึกษาต่อเนื่อง
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หน่วยจุฬาลงกรณ์เวชสาร
ตึกอบรมวิชาการ ชั้นล่าง
เขตปทุมวัน กทม. 10330

คำถาม - คำตอบ

1. The number of electrons in the outer ring of an atom are not more than:
   - A 2
   - B. 4
   - C. 6
   - D. 8
   - E. 10
2. Singlet oxygen (102) has
   - A no electron in the outer ring
   - B. 1 single electron in the outer ring
   - C. 2 single electrons in the outer ring
   - D. on electron in the middle ring
   - E. 8 electrons in the middle ring

✂.....

คำตอบ สำหรับบทความเรื่อง **"อนุมูลอิสระจากการออกกำลังกาย"**
จุฬาลงกรณ์เวชสาร ปีที่ 47 ฉบับที่ 3 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2546
รหัสสื่อการศึกษาต่อเนื่อง 3-15-201-2003/0303-(1029)

ชื่อ - นามสกุลผู้ขอ CME credit.....เลขที่ใบประกอบวิชาชีพเวชกรรม.....
ที่อยู่.....

1. (A) (B) (C) (D) (E)
2. (A) (B) (C) (D) (E)
3. (A) (B) (C) (D) (E)
4. (A) (B) (C) (D) (E)
5. (A) (B) (C) (D) (E)

3. What kind of exercise produces excessive free radicals
    A Strengthening exercise for 15 minutes
    B. Walking for 30 minutes
    C. Aerobic dance for 30 minutes
    D. Marathon running
    E. Swimming for 30 minutes
4. Which is not an antioxidant
    A Superoxide dismutase
    B. Glutathlone peroxidase
    C. Nitric oxide
    D. Lipoic acid
    E. Uric acid
5. One who may need vitamin C for regular exercise is
    A a child
    B. an adolescent
    C. an adult
    D. a menopausal woman
    E. an old woman

เฉลย สำหรับบทความ รหัสสื่อการศึกษาต่อเนื่อง 3-15-201-2003/0302-(1027)

1. ง 2. ค 3. ง 4. ข 5. ง

สำหรับบทความ รหัสสื่อการศึกษาต่อเนื่อง 3-15-201-2003/0302-(1028)

1. ค 2. ก 3. ข 4. จ 5. ข

ท่านที่ประสงค์จะได้รับเครดิตการศึกษาต่อเนื่อง (CME credit)
กรุณาส่งคำตอบพร้อมรายละเอียดของท่านตามแบบฟอร์มด้านหน้า

ศาสตราจารย์นายแพทย์สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ
ประธานคณะกรรมการการศึกษาต่อเนื่อง
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หน่วยจุฬาลงกรณ์เวชสาร ตึกอบรมวิชาการ ชั้นล่าง
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เขตปทุมวัน กทม. 10330