

การศึกษาองค์ประกอบทางร่างกายและ ร้อยละไขมันในนักกีฬา ยูโดเยาวชนไทยกลุ่มที่ได้รับชัยชนะกับไม่ได้รับชัยชนะ

ปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์นภาพ พ.บ., ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู, วิทยาลัยการแพทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์, วิทยาลัยการแพทย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์, ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู, อ.ว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู, วุฒิชัย เพิ่มศิริวานิชย์ พ.บ., อ.ว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู, อ.ว. เวชศาสตร์ครอบครัว งานเวชศาสตร์ฟื้นฟู ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ABSTRACT

Body Composition and Fat Percentage of Champion and Non-Champion Thai Youth Judo Athletes

Srisawatnupap P, Leelasamran W, Permsirivanich W

Physical Medicine and Rehabilitation Unit, Department of Orthopedics and Physical Medicine, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University

Objective: To study body composition, fat percentage of Thai youth judo athletes and compare between champions group to non-champions.

Study design: A descriptive and comparative study.

Setting: The 26th National Youth Judo Competition of Thailand, Phetchabun.

Subjects: All Thai male youth judo athletes who participated in the competition.

Materials and Methods: All participants completed a questionnaire and underwent 7 standard skinfolds, 5 circumferences measurements. The equation of Chatlert et al. and other 4 commonly reported equations were used to calculate fat percentage. The relationship between each measurement, fat percentage and champion status was explored. The factor analysis was also used.

Results: Of the 104 judo athletes, 32 were champions and 72 non-champions. The champion group had significantly higher judo experience (median 4 years; IQR 2 - 5) and age (median 17 years, IQR 16 - 18) than the non-champion (2 years, IQR 1 - 4; $p < 0.026$, 16 years, IQR 15-19; $p < 0.019$). Median values of body weight, height, body mass index, training intensity and all anthropometric values did not differ significantly between the 2 groups. Multivariate logistic regression analysis showed champion status to be associated with lower subscapular skinfold (odds ratio, OR, 0.84, 95% CI 0.75 - 0.93) and higher arm circumference (OR 1.53, 95% CI 1.20 - 1.94) but was not related to lower fat percentage, judo experience or age of the athlete. Factor analysis showed champion status to be associated with higher factor of body circumferences (OR 1.78; 95% CI 1.12 - 2.84; $p < 0.01$; AIC 122.41), but insufficient evidence with lower factor of skinfold thicknesses (OR 0.69; 95% CI 0.44 - 1.08; $p < 0.09$; AIC 122.41)

Conclusion: Among Thai male youth judo athletes, higher body circumferences were positively associated with champion status. The lower skinfold thickness needs to be addressed in future research.

Corresponding to: Dr. Piyawat Srisawatnupap, MD; Songklanakarind hospital, Hatyai, Songkhla, 90110
E-mail : psrisawatnupap@gmail.com

Keywords: body composition, anthropometry, fat percentage, judo, athlete

J Thai Rehabil Med 2011; 21(2): 68-72

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบร่างกาย, ร้อยละไขมันในนักกีฬา ยูโดเยาวชนไทยกลุ่มที่ได้รับชัยชนะกับไม่ได้รับชัยชนะ

รูปแบบวิจัย: เชิงพรรณนาและ เปรียบเทียบ

สถานที่ทำการวิจัย: การแข่งขันกีฬา ยูโดเยาวชนแห่งชาติครั้งที่ 26 จังหวัดเพชรบูรณ์

กลุ่มประชากร: นักกีฬา ยูโดเยาวชนไทยเพศชายทุกคนที่เข้าร่วมการแข่งขัน

วิธีการศึกษา: นักกีฬาที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษากรอกแบบสอบถามด้วยตนเอง ทุกคนได้รับการวัดไขมันใต้หนัง 7 ตำแหน่งและเส้นรอบวงร่างกาย 5 ตำแหน่ง คำนวณร้อยละไขมันโดยสมการของ Chatlert และคณะ วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์กับ 4 สมการอื่นที่ใช้บ่อย วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามัธยฐานและ ร้อยละไขมันที่ได้กับการได้รับชัยชนะด้วยสมการถดถอยพหุคูณและการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ผลการศึกษา: ผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 104 คน, กลุ่มได้รับชัยชนะ 32 คนและ ไม่ได้รับชัยชนะ 72 คน, นักกีฬา ยูโดกลุ่มได้รับชัยชนะมีมัธยฐานของประสบการณ์การเล่น 4 ปี (IQR 2 - 5) และมัธยฐานของอายุ 17 ปี (IQR 16 - 18) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับชัยชนะอย่างมีนัยสำคัญ (2 ปี; IQR 1 - 4; $p < 0.026$, 16 ปี; IQR 15 - 19; $p < 0.019$) เมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณพบว่า นักกีฬา ยูโดกลุ่มที่ได้รับชัยชนะมีไขมันใต้หนังบริเวณใต้สะบักน้อยกว่า (OR 0.84; 95% CI 0.75 - 0.93) และมีเส้นรอบวงแขนใหญ่กว่า (OR 1.53; 95% CI 1.20 - 1.94) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์การเล่นยูโด, อายุนักกีฬาและ ร้อยละไขมัน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วพบว่า มีเพียง 2 องค์ประกอบที่มีผลต่อชัยชนะคือ องค์ประกอบเกี่ยวกับเส้นรอบวงร่างกายที่มากกว่ามีความสัมพันธ์กับการได้รับชัยชนะ (OR 1.78; 95% CI 1.12 - 2.84; $p < 0.01$; AIC 122.41) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ความสัมพันธ์ของชัยชนะกับองค์ประกอบเกี่ยวกับไขมันใต้หนังที่น้อยยังไม่มีความสัมพันธ์เพียงพอ (OR 0.69; 95% CI 0.44 - 1.08; $p < 0.09$; AIC 122.41)

สรุป: นักกีฬา ยูโดเยาวชนไทยเพศชายกลุ่มที่ได้รับชัยชนะมีองค์ประกอบเส้นรอบวงร่างกายใหญ่กว่า ในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับชัยชนะกับไขมันใต้หนังน้อย

คำสำคัญ: องค์ประกอบร่างกาย, มานุษยวิทยา, ร้อยละไขมัน, นักกีฬา, ยูโด

เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2554; 21(2): 68-72

บทนำ

เมื่อพิจารณาในระดับโมเลกุล องค์ประกอบร่างกายแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และมวลกระดูก โดยมวลไขมันที่สะสมลดลงเมื่อมีการใช้พลังงานเพื่อการเคลื่อนไหว ในขณะที่มวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูกเพิ่มขึ้นตามงานที่ให้และแรงกระแทกที่ได้รับ ดังนั้นการวัดองค์ประกอบร่างกายนอกจากใช้บอกภาวะสุขภาพของประชาชนทั่วไปแล้ว ยังถูกนำมาใช้ประเมินผลจากการฝึกซ้อมและประเมินภาวะโภชนาการของนักกีฬาด้วย

องค์ประกอบร่างกายที่มีความจำเพาะกับชนิดกีฬาเป็นปัจจัยส่งเสริมให้นักกีฬามีแนวโน้มที่จะเล่นกีฬานั้นได้ดี และเล่นกีฬานั้นให้ประสบความสำเร็จ⁽¹⁾ นายแพทย์ Hitchcock เป็นผู้ริเริ่มจัดทำคู่มือการวัดทางมานุษยวิทยา (anthropometric manual) และคิดค้นเครื่องมือวัดองค์ประกอบร่างกายขึ้นสำเร็จเป็นคนแรก ต่อมา McArdle ได้รวบรวมผลการศึกษเกี่ยวกับค่าทางมานุษยวิทยาของ Cureton และ Kohlrash จากการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก เมื่อปี ค.ศ. 1928 และของนักกีฬาโอลิมปิกและกีฬาโลกปีต่อ ๆ มา พบว่านักวิ่งระยะทางไกลมีร้อยละไขมันน้อยที่สุด นักกีฬาว่ายน้ำ 12 อันดับแรกของโลกมีความยาวแขน ขาและเส้นรอบอก มากกว่านักกีฬาระดับรองลงมา โดยนักกีฬาว่ายน้ำมีร้อยละไขมันมากกว่านักวิ่ง ส่วนกีฬาประเภทลาน นักกีฬาขว้างค้อนมีร้อยละไขมันมากที่สุด รองลงมาคือ ฟุตบอล นักกีฬาขว้างจักรและ ฟันหล่นตามลำดับ^(2,3)

กีฬาโยโดมีรูปแบบการเล่นคล้ายกับกีฬามวยปล้ำ แต่เพิ่งเริ่มมีผู้สนใจศึกษาหลังถูกบรรจุเป็นกีฬาสาธิตในโอลิมปิกครั้งที่ 18 เมื่อประเทศญี่ปุ่นเป็นเจ้าภาพ กีฬาโยโดแบ่งผู้เข้าแข่งขันโดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์เช่นเดียวกับกีฬาประเภทศิลปะป้องกันตัวทุกประเภท แต่มีรูปแบบการเล่นต่างจากเทควันโด มวยสากล และคาราเต้ ซึ่งพบว่านักกีฬาคาราเต้ระดับชาติและนานาชาติมีความยาวร่างกายมากกว่า แต่มีร้อยละไขมันน้อยกว่านักกีฬาสมัครเล่น⁽⁴⁾

นักกีฬาโยโดต้องเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อยกและเหวี่ยงขว้างคู่ต่อสู้ให้หลังล้มพื้นจึงจะชนะ^(5,6) เนื่องจากองค์ประกอบร่างกายที่เป็นไขมันเป็นอุปสรรคต่อการใช้พลังงานและการเคลื่อนไหว ในขณะที่ส่วนไร้ไขมันส่งผลต่อกิจกรรมใช้แรง ได้แก่ การยก (lifting), การผลัก (pushing), การขว้าง (throwing) และการสกัดกั้น (blocking)^(1,6) ดังนั้น นักกีฬาโยโดที่ดีนั้นจะต้องมีมวลไขมันน้อย ตรงกันข้ามกับนักกีฬาปล้ำซูโม่

จากการศึกษาของ Callister (ค.ศ. 1991) พบว่านักกีฬาโยโดที่ผ่านการแข่งขันระดับสูงของอเมริกา มีร้อยละไขมันน้อยกว่านักกีฬาโยโดในอันดับรองลงมาทั้งหมด ส่วนการศึกษาของ Franchini (ค.ศ. 2005) พบว่าเมื่อแบ่งตามน้ำหนักแล้ว นักกีฬาโยโดระดับชาติมีขนาดเส้นรอบวงแขนใหญ่กว่านักกีฬาในการแข่งขันระดับรองลงมา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Claessens (ค.ศ. 1987)^(6,7) และ Kubo (ค.ศ. 2006) ใช้ B-mode ultrasound เปรียบเทียบความหนา กล้ามเนื้อบริเวณต่าง ๆ ในร่างกาย พบว่านักกีฬาโยโดที่เคยแข่งขันระดับโอลิมปิกหรืออาชีพมีความหนาของกล้ามเนื้อข้อศอกและเหยียดข้อศอกมากกว่านักกีฬาในระดับแข่งขันระหว่างมหาวิทยาลัย⁽⁵⁾

ปัจจุบันยูโดได้รับเลือกให้บรรจุเป็นกีฬาในการแข่งขันโอลิมปิก รัฐบาลและหน่วยงานต่าง ๆ จึงให้ความสนใจพัฒนามากขึ้นรวมทั้งส่งเสริมให้เยาวชนได้เล่น และเปิดโอกาสให้แข่งขันหลาย ๆ ระดับ ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์จะศึกษาองค์ประกอบร่างกาย ร้อยละไขมันของนักกีฬาโยโดชาวไทยที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันระดับสูงคือการแข่งขันกีฬาแห่งชาติไทย และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างนักกีฬาในกลุ่มที่ได้รับชัยชนะกับไม่ได้รับชัยชนะ

วิธีการศึกษา

กลุ่มประชากร

นักกีฬาโยโดเยาวชนชาวไทยที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติครั้งที่ 26 จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างวันที่ 17 - 25 มีนาคม 2553 เกณฑ์การคัดเลือก

■ เพศชาย

เกณฑ์การคัดเลือก

■ ไม่นิยมยอมเข้าร่วมวิจัย

■ นักกีฬาซึ่งน้ำหนักไม่ผ่านหรือ ไม่ได้ลงแข่งขันทุกกรณี

หมายเหตุ การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมทางการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการวิจัย

- หลังได้รับคำชี้แจงแล้ว นักกีฬากรอกข้อมูลลงในแบบสอบถามด้วยตนเอง

- วัดเส้นรอบวงร่างกายด้วยสายวัดพลาสติกและไขมันใต้หนัง ด้วย Lange caliper โดยวิธีการวัดอิง National Health and Nutrition Examination Survey และ Anthropometric Standardization Reference Manual (ค.ศ.1988) ซึ่งกลุ่มงานวิจัยและพัฒนา สำนักวิทยาศาสตร์กีฬาได้นำมาใช้ในงานวิจัยเมื่อปี ค.ศ. 2006⁽¹⁾ ทั้งนี้วัดไขมันใต้หนังตามตำแหน่งมาตรฐาน 7 แห่ง ต้นแขนด้านหน้า, BSF; ต้นแขนด้านหลัง, TSF; ใต้สะบัก, SSF หน้าท้อง, ASF; เหนือข้อกระดูกเชิงกราน, SISF; ต้นขาด้านหน้า, THSF; น่องด้านใน, CSF) ด้วยเครื่องมือของ Lange และ เส้นรอบวงร่างกาย 5 แห่ง (ต้นแขนขณะพัก, FAC; ต้นแขนขณะเกร็ง, CAC; เอว, WC; สะโพก, HC; ต้นขา, THC; น่อง CC)

- การวัดทำภายใน 1 วันก่อนทำการแข่งขัน โดยผู้วัดคนเดียวตลอดการศึกษา เพื่อกำจัด inter-rater variation นำค่าที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้ง มาตรวจสอบความสอดคล้องของการวัดด้วย Bland Altman plot แล้วหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณร้อยละไขมัน (% BF) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้⁽⁸⁾

- สมการของจักรเลิศและคณะ (คำนวณจากดัชนีมวลกาย):

$$\% BF = (1.648 * BMI) + (0.065 * age) - (15.3 * 1) - (10.672)$$

- สมการของจักรเลิศและคณะ (คำนวณจากไขมันใต้หนัง):

$$\% BF = (0.417 * SSF) + (0.621 * BMI) - (0.276 * BSF) + (0.166 * WC) - 18.466$$

- แบ่งข้อมูลเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับชัยชนะคือนักกีฬาที่ได้รับเหรียญทอง เงิน ทองแดง และกลุ่มที่ไม่ได้รับชัยชนะคือนักกีฬาที่เหลือทั้งหมด

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Stata 10.0 โดยข้อมูลทั้งหมดใช้วิธีปัดเศษทศนิยมแบบ round half-up

- วิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลด้วย Shapiro-Wilk test

- วิเคราะห์ตัวแปรเดียวเปรียบเทียบข้อมูลด้วย t-test กรณีแจกแจงปกติ และ Wilcoxon-Mann-Whitney test กรณีแจกแจงไม่ปกติ

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้กับการได้รับชัยชนะด้วยสมการถดถอยพหุคูณ

- วิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้เมตริกส์สัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product correlation coefficient) สกัดองค์ประกอบแบบหลัก (principal component analysis) และ หมุนแกนแบบ oblique promax

- ถือว่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

นักกีฬาอายุโตชายที่ยินยอมเข้าร่วมวิจัย 108 คน จากผู้เข้าร่วมแข่งขันทั้งหมด 137 คน คัดนักกีฬาที่ซึ่งนำหนักไม่ผ่านออก 4 คน คงเหลือนักกีฬาเข้าร่วมวิจัย 104 คน แบ่งเป็นกลุ่มได้รับชัยชนะ 32 คน (ร้อยละ 31) และกลุ่มที่ไม่ได้รับชัยชนะ 72 คน (ร้อยละ 69)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ตัวแปรเดียวพบว่า นักกีฬาอายุโตกลุ่มได้รับชัยชนะมีมัธยฐานของประสบการณ์การเล่น 4 ปี (interquartile range: IQR 2 - 5) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับชัยชนะ 2 ปี (IQR 1 - 4) ที่นัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.026$ และนักกีฬาอายุโตกลุ่มได้รับชัยชนะมีมัธยฐานของอายุ 17 ปี (IQR 16 - 18) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับชัยชนะคือ 16 ปี (IQR 15 - 19) ที่นัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.019$ ในขณะที่ มัธยฐานของน้ำหนักตัว ความหนักของการฝึก อุปนิสัยการรับประทานอาหารชั้นไขมันได้หนังทั้งหมด เส้นรอบวงร่างกายทั้งหมด และ ร้อยละไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูตารางที่ 1) หมายเหตุ เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่ของทั้งสองกลุ่ม มีการแจกแจงไม่ปกติ ยกเว้น ความ

ข้อมูล	กลุ่มได้รับชัยชนะ n= 32คน	กลุ่มไม่ได้รับชัยชนะ n= 72คน	p-value
ข้อมูลทั่วไป			
อายุ (ปี)	17(16 - 18)	16(15 - 17)	0.026
ประสบการณ์การเล่นยูโด (ปี)	4(2 - 5)	2 (1 - 4)	0.019
ความหนักของการฝึก (ชม./สัปดาห์)	20.25(14.50 - 30.00)	17.75(15.00 - 24.25)	0.493
น้ำหนักกาย (กก.)	70.0(58.9 - 82.0)	65.5(55.5 - 74.2)	0.154
ส่วนสูง ^a (ซม)	171(167 - 174.5)	170(166 - 175)	0.661
ดัชนีมวลกาย (กก. / ตร.ม.)	23.02(20.87 - 27.72)	22.29(19.37 - 25.00)	0.112
เส้นรอบวงร่างกาย (ซม.)			
เส้นรอบวงแขนขณะพัก, FAC	30.8(27.5 - 33.0)	29.3(26.5 - 32.1)	0.120
เส้นรอบวงแขนขณะเกร็ง, CAC	33.4(30.2 - 36.1)	32.0(30.0 - 34.8)	0.161
เส้นรอบวงเอว, WC	75.9(69.3 - 83.5)	73.3(67.0 - 82.6)	0.408
เส้นรอบวงสะโพก, HC	93.9(88.0 - 100.2)	90.9(85.8 - 99.1)	0.563
เส้นรอบวงต้นขา, THC	53.9(47.9 - 59.0)	51.2(47.0 - 55.8)	0.412
เส้นรอบวงน่อง, CC	39.8(35.4 - 43.0)	37.5(35.2 - 41.0)	0.150
ความหนาชั้นไขมันใต้หนัง (มม.)			
ไขมันใต้หนังแขนด้านหน้า, BSF	5.0(3.5 - 9.5)	5.8(4.0 - 9.5)	0.655
ไขมันใต้หนังแขนด้านหลัง, TSF	13.5(8.0 - 16.0)	11.5(7.0 - 22.2)	0.877
ไขมันใต้หนังเหนือเชิงกราน, SSF	12.5(8.8 - 17.3)	11.8(8.8 - 22.6)	0.27
ไขมันใต้หนังบริเวณหน้าท้อง, ASF	14.5(9.0 - 21.3)	13.9(7.9 - 32.5)	0.990
ไขมันใต้หนังเหนือเชิงกราน, SISF	18.5(11.5 - 23.5)	15.8(10.0 - 32.3)	0.833
ไขมันใต้หนังบริเวณต้นขา, THSF	15.3(11.0 - 20.5)	14.0(10.0 - 23.8)	0.82
ไขมันใต้หนังบริเวณน่อง, CSF	15.3(9.8 - 20.0)	15.3(11.0 - 22.0)	0.595
ผลรวมไขมันใต้หนังทั้ง 7 ตำแหน่ง	95.5(69.0 - 114.5)	82.3(61.8 - 157.0)	0.742
ร้อยละไขมัน			
จัดเรลิตและ คณะ (ดัชนีมวลกาย)	13.1 (9.5 - 20.8)	11.9 (7.0 - 16.2)	0.113
จัดเรลิตและ คณะ (ไขมันใต้หนัง)	12.4 (8.3 - 17.0)	10.5 (7.6 - 17.6)	0.148
ไขมันใต้หนังต่อเส้นรอบวง			
อัตราส่วน FAC/CAC	9.05(7.17 - 11.44)	9.30(7.57 - 11.71)	0.588
อัตราส่วน BSF+TSF / FAC (มม./ซม.)	0.60 (0.40 - 0.85)	0.62 (0.42 - 0.99)	0.443
อัตราส่วน BSF+TSF / CAC (มม./ซม.)	0.57 (0.37 - 0.78)	0.57 (0.37 - 0.92)	0.497

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานและ ค่าการวัดทางมานุษยวิทยา, median (interquartile range) ^a วิเคราะห์โดย t-test พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (mean \pm SD: 170.40 \pm 6.29, $p < 0.520$) แสดงให้เห็นว่าไม่มี type II error จากการนำ Wilcoxon-Mann-Whitney test มาใช้ในข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ

สูงเท่านั้นที่มีการแจกแจงปกติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ Wilcoxon-Mann-Whitney test ทั้งหมด

เมื่อวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยพหุคูณพบว่า นักกีฬาอายุโตกลุ่มได้รับชัยชนะมีไขมันใต้หนังบริเวณใต้สะบักน้อยกว่า (adjusted odds ratio 0.84; 95% CI 0.75 - 0.93) และมีเส้นรอบวงต้นแขนขณะพักใหญ่กว่า (adjusted odds ratio 1.53; 95% CI 1.20 - 1.94) แต่ประสบการณ์การเล่นยูโด อายุนักกีฬาและ ร้อยละไขมัน ไม่มีความสัมพันธ์กับการได้รับชัยชนะอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้วิจัยได้แยก model วิเคราะห์และนำเฉพาะตัวแปรที่มีความเป็นอิสระกันเข้า model ที่ละตัวจนครบทุกตัวแปรแล้ว (ดูตารางที่ 2)

ข้อมูล	Adjusted OR ^a	95% CI
Model 1 อายุ		
ประสบการณ์การเล่นยูโด	1.01	0.99 - 1.03
FAC ^b	1.54	1.20 - 1.94
SSF ^c	0.84	0.75 - 0.93
Model 2 อายุ		
ประสบการณ์การเล่นยูโด	1.01	0.99 - 1.03
จัดเรลิตและ คณะ (ดัชนีมวลกาย)	1.05	0.99 - 1.10
Model 3 อายุ		
ประสบการณ์การเล่นยูโด	1.01	0.99 - 1.03
จัดเรลิตและ คณะ (ไขมันใต้หนัง)	1.02	0.97 - 1.09

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลค่าทางมานุษยวิทยากับการได้รับชัยชนะ, ^a ได้ลบอิทธิพลจากอายุ ประสบการณ์การเล่นและ ค่ามานุษยวิทยาทุกตัวแล้ว (adjusted for age, judo experience), ^b ข้อมูลที่สนใจศึกษาเพราะมีงานวิจัยก่อนหน้าพบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แต่ในการศึกษานี้วิเคราะห์ตัวแปรเดียวแล้วมีนัยสำคัญที่ค่า (p -value < 0.200), ^c ข้อมูลที่สนใจศึกษาเพราะมีงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แต่ในการศึกษานี้วิเคราะห์ตัวแปรเดียว แล้วไม่มีนัยสำคัญ (p -value > 0.200)

เนื่องจากค่ามานุษยวิทยาที่ได้มีสัมพันธ์กับแบบเพียร์สัน ตั้งแต่ 0.47 - 0.97 แต่พบว่าเส้นรอบวงทั้งหมดและ ชั้นไขมันใต้หนังทั้งหมดต่างมีสัมประสิทธิ์สัมพันธ์กันเองสูง (0.85 - 0.97; $p < 0.000$ และ 0.60 - 0.93; $p < 0.000$) ผู้วิจัยจึงใช้วิธีวิเคราะห์หองค์ประกอบทำให้พบว่าจัดกลุ่มได้เป็น 2 องค์ประกอบได้แก่ เส้นรอบวงร่างกายและ ชั้นไขมันใต้หนัง ซึ่งพบว่ามีเพียงเส้นรอบวงร่างกายเท่านั้นที่สัมพันธ์กับการได้รับชัยชนะ (OR 1.78; 95% CI 1.12 - 2.84; $p < 0.01$; AIC 122.41) แต่ยังไม่พบนัยสำคัญของความสัมพันธ์กับไขมันใต้หนังที่น้อยกว่า (OR 0.69; 95% CI 0.44 - 1.08; $p < 0.09$; AIC 122.41) (ดูตารางที่ 3 และ 4)

บทวิจารณ์

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะพักมีความสัมพันธ์กับการได้รับชัยชนะ ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Claessens (ค.ศ.1987) และ Franchini (ค.ศ. 2005) ที่พบว่านักกีฬาอายุโตอาชีพ (อายุ 20 - 30 ปี) มีเส้นรอบวงแขนใหญ่กว่านักกีฬาอายุโตสมัครเล่น แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Franchini (ค.ศ. 2007)⁽⁷⁾ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการศึกษาดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาอายุโตตัวจริงกับนักกีฬาตัวสำรองของทีมเดียวกัน ซึ่งนักกีฬาทั้งสองกลุ่มนี้น่าจะได้รับการฝึกซ้อมและ ได้รับโภชนาการคล้าย ๆ กัน ผลจึงไม่พบนัยสำคัญของความแตกต่าง

สำหรับเส้นรอบวงต้นแขนขณะเกร็งนั้น การศึกษานี้พบเพียงแค่งกลุ่มได้รับชัยชนะมีแนวโน้มมัธยฐานมากกว่ากลุ่มไม่ได้รับชัยชนะ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการได้รับชัยชนะ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Franchini (ค.ศ. 2007)⁽⁷⁾

นอกจากนี้ การศึกษาของ Franchini (ค.ศ. 2007)⁽⁷⁾ ยังพบว่าเส้นรอบวงแขนขณะพักมีความสัมพันธ์กับ rowing 1RM และ bench-

องค์ประกอบ	องค์ประกอบ เส้นรอบวงร่างกาย	องค์ประกอบ ชั้นไขมันใต้หนัง	ค่าความ เด่นเฉพาะ
ตัวแปร	Factor 1	Factor 2	(Uniqueness)
เส้นรอบวงร่างกาย (ซม.)			
เส้นรอบวงแขนขณะพัก, FAC	0.92	0.08	0.06
เส้นรอบวงแขนขณะเกร็ง, CAC	0.94	0.03	0.09
เส้นรอบวงเอว, WC	0.79	0.23	0.09
เส้นรอบวงสะโพก, HC	0.84	0.17	0.08
เส้นรอบวงต้นขา, THC	0.84	0.11	0.16
เส้นรอบวงน่อง, CC	0.93	-0.01	0.14
ความหนาชั้นไขมันใต้หนัง (มม.)			
ไขมันใต้หนังแขนด้านหน้า, BSF	0.35	0.62	0.22
ไขมันใต้หนังแขนด้านหลัง, TSF	0.25	0.74	0.13
ไขมันใต้หนังบริเวณใต้สะบัก, SSF	0.45	0.59	0.09
ไขมันใต้หนังบริเวณหน้าท้อง, ASF	0.45	0.58	0.11
ไขมันใต้หนังเหนือเชิงกราน, SISF	0.43	0.59	0.13
ไขมันใต้หนังบริเวณต้นขา, THSF	0.26	0.70	0.19
ไขมันใต้หนังบริเวณน่อง, CSF	0.23	0.99	0.26
ค่าความผันแปร (Eigen value)	10.37	0.89 ^a	11.26
ค่าความสามารถอธิบายความแปรปรวน (% of variance explained) ^b	79.79%	6.3%	86.62%
สัมประสิทธิ์สัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Correlation between factors)			
Factor 1	1.00		
Factor 2	0.67	1.00	

ตารางที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (Factor loading) หลังหมุนแกนด้วยวิธี oblique (promax)^a ค่าความผันแปร (Eigen value) ของ factor 4 – 13 มีค่า 0.02 – 0.44 และ factor 2 อยู่ที่จุดหักของภาพ scree plot พอดี^b ความแปรปรวนขณะยังไม่หมุนแกนปัจจัย (non-rotated solution)

Model	factor	Adjusted OR	95% CI	p - value	AIC ^a
1	องค์ประกอบเส้นรอบวงร่างกาย	1.78	1.12 - 2.84	< 0.01	122.41
	องค์ประกอบชั้นไขมันใต้หนัง	0.69	0.44 - 1.08	< 0.09	
2	เส้นรอบวงแขนขณะพัก, FAC	300.73	4.47 - 2111.32	< 0.01	114.23
	เส้นรอบวงน่อง, CC	55.75	0.18 - 1722.61	< 0.12	
	ชั้นไขมันใต้หนังใต้สะบัก, SSF	0.04	0 - 0.27	< 0.001	

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเหมาะสมของ Model^a fit index แสดงโดย Akaike's information criterion

press 1RM ($r = 0.82, p < 0.001$; $r = 0.87, p < 0.001$ ตามลำดับ) และให้ความเห็นว่าขนาดเส้นรอบวงต้นแขนขณะพักน่าจะปัจจัยที่พื้นที่ตัดขวางของกล้ามเนื้อดีกว่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะเกร็ง เพราะพื้นที่ตัดขวางดังกล่าวแปรผันตามต่อกำลัง (power) และแรง (force) ของกล้ามเนื้อ ซึ่งพื้นที่ตัดขวางสามารถใช้บอกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เฉพาะเมื่อใช้กับกล้ามเนื้อที่เรียงตัวขนานกับแนวแรง^(10,11,12) แม้กล้ามเนื้อกลุ่มอกอกเฉียงตัวขนานกับแนวแรง แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษายืนยันความสัมพันธ์ระหว่างการวัดเส้นรอบวงต้นแขนกับพื้นที่ตัดขวางของกล้ามเนื้อ ในทางตรงกันข้ามผู้วิจัยพบว่าปริมาตรของกล้ามเนื้ออกอกเฉียงตัวขนานใช้เปรียบเทียบความแข็งแรงดีกว่าพื้นที่ตัดขวางของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะในกรณีที่มีประชากรมีช่วงอายุและเพศต่างกัน^(11,12)

การศึกษาก่อนหน้านี้ของ Kubo (ค.ศ. 2006) พบว่าเมื่อใช้ B-mode ultrasound นักกีฬาโอลิมปิกมีความหนาของกล้ามเนื้ออกอก (2.2 ± 0.2 ซม.) และกล้ามเนื้อเหยียดอก (2.0 ± 0.2 ซม.) มากกว่า ของนักกีฬาระดับแข่งขันระหว่างวิทยาลัย ($p < 0.05$ และ 2.5 ± 0.4 ซม.)⁽⁵⁾ ดังนั้น เส้นรอบวงแขนขณะพักของนักกีฬาโอลิมปิกอาจแสดงถึงความหนาของกล้ามเนื้อทั้งกลุ่มอกอก(ต้นแขนด้าน

หน้า) และเหยียดอก(ต้นแขนด้านหลัง) ได้ดีกว่าเส้นรอบวงแขนขณะเกร็งที่แสดงถึงกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้ามากกว่า จึงไม่พบนัยสำคัญของความแตกต่างของเส้นรอบวงแขนขณะเกร็งในการศึกษาคั้งนี้

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างไขมันใต้หนังบริเวณใต้สะบักกับการได้รับชัยชนะที่ได้จากการศึกษาคั้งนี้นั้น คาดว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลง (adaptation) ของกล้ามเนื้ออกอกที่ดึงรั้งสะบักเข้าหากัน (scapular retraction) โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ rhomboid major และ upper latissimus dorsi⁽¹²⁾ เนื่องจากการทุ่มคู่ต่อสู้ นักกีฬาต้องใช้แรงโน้มถ่วงกล้ามเนื้อและแรงกล้ามเนื้ออกอกดึงคู่ต่อสู้เข้ามา⁽⁷⁾ แล้วยังต้องอาศัยแรงจากการดึงรั้งสะบักเข้าหากันร่วมด้วย เพื่อให้คู่ต่อสู้ประชิดตัวมากขึ้นจึงจะเข้าสู่ท่าทุ่มได้ เป็นที่น่าสังเกตว่า ในการแข่งขันครั้งนี้ นักกีฬาที่เข้าแข่งขันใช้ท่า Ippon-seoi-nage (one arm shoulder throw) และ Morote-seoi-nage (two arm shoulder throw) เพื่อเอาชนะคู่ต่อสู้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทั้งสองท่าเป็นท่าพื้นฐานที่นักกีฬายูโดได้รับการฝึกและเป็นท่าที่ต้องดึงรั้งสะบักเข้าหากันอย่างมาก ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Franchini และ Sugiyama ที่พบว่านักกีฬาที่ฝึกโอลิมปิกและกีฬามหาวิทยาลัยโลก ใช้เทคนิคขั้นสูง Ashi-waza (leg technique) มากที่สุด⁽⁶⁾

จากการศึกษาล่าสุด Franchini (ค.ศ. 2010) ได้เสนอให้สหพันธ์ยูโดนานาชาติ (International Judo Federation: IJF) ใช้เกณฑ์ร้อยละไขมันชั้นต่ำของนักกีฬามวยปล้ำเพศชายไปก่อนคือ นักกีฬาที่มีอายุน้อยกว่า 16 ปี ควรมีร้อยละไขมันไม่น้อยกว่า 7% และอายุมากกว่า 16 ปี ควรมีร้อยละไขมันไม่น้อยกว่า 5%⁽¹⁶⁾ ซึ่งในการแข่งขันกีฬาแห่งชาติครั้งนี้พบว่า มีฐานของร้อยละไขมันในนักกีฬา ยูโดไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว และไม่พบว่า มีนักกีฬา ยูโดเยาวชนชายไทยคนใดเลยที่มีร้อยละไขมันไขมันต่ำกว่าเกณฑ์

อนึ่ง ผลการศึกษาคั้งนี้คล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ Callister (ค.ศ. 1991), Franchini (ค.ศ. 2005), Kubo (ค.ศ. 2006) และ Franchini (ค.ศ.2007) คือ พบเพียงแค่กลุ่มได้รับชัยชนะแนวโน้มมีร้อยละไขมันสูงกว่า แต่ไม่มีนัยสำคัญ ไขมันอาจมีประโยชน์ในกีฬา ยูโดเพื่อช่วยลดแรงปะทะกระแทกขณะแข่งขันจริง⁽¹⁾ คล้ายกับประโยชน์ของไขมันที่ช่วยพยุงตัวลอยบนผิวน้ำ (buoyancy) เพื่อลดแรงเสียดทานในกีฬาว่ายน้ำ⁽³⁾ แต่วิธีที่ใช้คำนวณในการศึกษานี้ไม่สามารถตรวจพบได้ (type II error) เนื่องจาก 1) การกระจายไขมันใต้หนังมีความแตกต่างกันระหว่างประชากรแต่ละเชื้อชาติ เช่น คนผิวดำในอเมริกา (African Americans) มีมวลไขมันมากกว่าคนสเปน (Hispanics) และคนผิวขาวตามลำดับ ในขณะที่ชาวเอเชียมีมวลไขมันและไขมันใต้หนังมากที่สุด^(8,9) 2) องค์ประกอบร่างกายยังมีส่วนที่เป็นความหนาแน่นกระดูกซึ่งเปลี่ยนแปลงตามอายุ ดังนั้นสมการที่นำอายุมาเป็นตัวแปรคำนวณด้วยหรือแบบ three-, four-component models ซึ่งนำความหนาแน่นกระดูกมาคำนวณด้วย จะมีความเหมาะสมมากกว่า อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่สนับสนุนให้ใช้ two-component model เปรียบเทียบระหว่างบุคคลได้ เพราะมีความแปรปรวนระหว่างบุคคลน้อย⁽¹⁵⁾ และ 3) นักกีฬาที่ผ่านการฝึกมาแล้วมีองค์ประกอบร่างกายต่างจากประชากรทั่วไป ดังนั้น ควรใช้สมการเฉพาะสำหรับนักกีฬา

ปัจจุบันมีเพียงสมการสำหรับคำนวณร้อยละไขมันสำหรับกีฬา เช่น ฟุตบอลทั้งเพศชายและหญิง⁽³⁾ นักกีฬามวยปล้ำเพศชาย ช่วงอายุ 13-18ปี⁽³⁾ เป็นต้น ยังไม่มีสมการสำหรับนักกีฬา ยูโดเลย แต่มีสมการสำหรับประชากรไทยทั่วไป แล้วคือสมการของฉัตรเลิศและคณะ ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จาก Dual - energy X - ray absorptiometry อย่างมีนัยสำคัญ (แบบดัชนีมวลกาย $r = 0.93, p < 0.01$; แบบไขมันใต้หนัง $r = 0.82, p < 0.01$) อนึ่ง ประชากรที่ฉัตรเลิศและคณะศึกษาเป็นประชากรในชนบทช่วงอายุ 20 - 80 ปี

ดังนั้นการศึกษานี้การศึกษานี้เป็นเพียงโครงการวิจัยเบื้องต้น (preliminary study) เท่านั้น ผู้วิจัยพบว่า มัธยฐานของร้อยละไขมันระหว่างกลุ่มได้รับชัยชนะกับไม่ได้รับชัยชนะมีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อใช้สมการที่ใกล้เคียงกับช่วงอายุของประชากรในการศึกษาครั้งนี้มากขึ้น ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยวิธี random effect พบว่า สมการของ McArdle สอดคล้องอย่างมีนัยสำคัญกับสมการของ Deurenberg (Whites) และทั้งสองสมการของฉัตรเลิศและคณะก็สอดคล้องอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน แต่สมการของฉัตรเลิศและคณะไม่สอดคล้องกับสมการอื่นที่นิยมใช้กันเลย (ดูตารางที่ 5)

สมการ	เชื้อชาติ	ช่วงอายุ (ปี)	กลุ่มได้	กลุ่มไม่ได้	ความแตกต่างของร้อยละไขมัน		
			รับชัยชนะ Median (IQR)	รับชัยชนะ Median (IQR)	ค่าเฉลี่ย	95% CI	
ฉัตรเลิศ	ไขมันใต้หนัง ไทย	20-80	13.1 (9.5 - 20.8)	10.9 (6.4 - 15.5)	2.39 ^(a)	2.28-2.49	
		ดัชนีมวลกาย ไทย	20-80	12.4 (8.2 - 16.9)	10.1 (7.5 - 16.2)	2.42 ^(a)	2.32-2.52
Deurenberg	คนผิวขาว ^(b)	คนผิวขาว	ไม่ระบุ	15.5 (12.5 - 21.0)	14.0 (10.5 - 16.5)	2.66 ^(c)	2.56-2.76
	จีน ^(b)	จีน	ไม่ระบุ	14.9 (12.6 - 21.0)	14.6 (11.3 - 26.6)	2.88 ^(d)	2.78-2.98
Lean ^(b)	คนผิวขาว	ไม่ระบุ	12.6 (8.8 - 19.1)	11.5 (6.4 - 23.5)	2.52 ^(b)	2.41-2.62	
McArdle ⁽¹³⁻¹⁴⁾	ไม่ระบุ	17-26	19.0 (15.7 - 25.8)	17.0 (13.2 - 21.0)	2.68 ^(c)	2.58-2.78	
คนนั่งทำงานทั่วไป ^(b)	ญี่ปุ่น	18-27	13.4 (10.9 - 18.9)	13.1 (9.41 - 24.2)	2.81 ^(e)	2.70-2.91	

ตารางที่ 5 แสดงความแตกต่างของร้อยละไขมันที่คำนวณจากแต่ละสมการ และค่าเฉลี่ยความแตกต่างเมื่อวิเคราะห์แบบ Random effects model, *ตัวอย่างไม่เหมือนกัน คือ มีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

การศึกษาในลักษณะนี้มีข้อจำกัด เช่น การแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 2 กลุ่มคือ ชนะกับไม่ชนะโดยตรง ไม่ได้สุ่มกลุ่มทั้ง 2 จากประชากรที่มาแข่งขันทั้งหมด ทำให้ผลการศึกษาเป็นเพียงการศึกษาความสัมพันธ์ (association) ไม่ใช่ปัจจัยส่งเสริม หรือปัจจัยป้องกัน (risk reduction) ที่แท้จริง, นักกีฬาเยาวชนมีการกระจายไขมันกับมวลกล้ามเนื้อและกระดูกที่แตกต่างจากผู้ใหญ่, และยังไม่เปลี่ยนแปลงได้อีก การศึกษาภาคสนามไม่สามารถใช้เครื่องตรวจภาพรังสีเพื่อดู skeleton maturation ได้, และข้อจำกัดด้านสถานที่ทำให้ไม่สามารถตรวจ Tanner stage ได้ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษานในอนาคต ได้แก่ การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้กล้ามเนื้อของร่างกายส่วนบนขณะทุ่ม, หาค่ามัธยฐานร้อยละไขมันสำหรับนักกีฬาชาวไทยหรือนักกีฬามวยปล้ำซึ่งมีรูปแบบข้อและเข่าคล้ายกัน, ศึกษาความกว้างของกระดูก และเส้นรอบวงแขนท่อนปลาย ซึ่งมีการศึกษาที่ก่อนหน้านี้พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ⁽⁷⁾ และวัดแรงกำมือ (grip strength) ด้วยเครื่อง dynamometer ที่พกพาไปภาคสนามได้ และประสานงานกับฝ่ายจัดการแข่งขันเพื่อขอให้จัดสถานที่ตรวจมิติขิด

สรุป ในการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติครั้งที่ 26 นักกีฬาญูโดเยาวชนไทยเพศชายที่ได้รับชัยชนะ มีเส้นรอบวงของร่างกายใหญ่กว่ากลุ่มที่ไม่ชนะ แต่ในอนาคตควรศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับชัยชนะกับไขมันใต้หนัง

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณ ศ.นพ.วีระศักดิ์ จงสู่วิวัฒน์วงศ์, ดร.นพ.อลัน ก็เตอร์ หน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำปรึกษาด้านสถิติ, อาจารย์ฉัตรเลิศ พงษ์ไชยกุล ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนให้นำสมการมาใช้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ นายหัสตินทร์ วจนชีวะ นายกสมาคมมูโดแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ประธานสหพันธ์ยูโดแห่งประเทศไทย ออกเฉียงใต้ รองประธานสหพันธ์ยูโดแห่งประเทศไทย, นายสุริยา ประดิษฐ์สถาพร เลขานุการฝ่ายกีฬาญูโด และชาวเพชรบูรณ์ที่ให้การต้อนรับ, นายวิฑิต ช่วยภักดี อาจารย์พลานามัยพาณิชการหาดใหญ่ และผู้ฝึกสอนญูโด จ.สงขลา ที่อำนวยความสะดวก

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ. การศึกษาชนิดรูปกายและองค์ประกอบร่างกายของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2549.
2. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. A view of the past. In: Lupash E, Julie M, editors. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. 6th ed. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. xlv - xlvi.
3. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Physiques of champion athletes. In: Lupash E, Julie M, editors. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. 6th ed. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 812-25.
4. Giampietro M, Pujia A, Bertini I. Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. Acta Diabetol 2003; 40: S145-8.
5. Kubo J, Chishaki T, Nakamura N, Muramatsu T, Yamamoto Y, Ito M, et al. Difference in fat-free mass and muscle thickness at various sites according to performance level among judo athletes. J Strength Cond Res 2006; 20: 654-7.
6. Franchini E, Takito MY, Moraes Bertuzzi RC. Morphological, physiological and technical variables in high-level college judoists. Archives of Budo 2005; 1: 1-7
7. Franchini E, Nunes AV, Moraes JM, Del Vecchio FB. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. J Physiol Anthropol 2007; 26: 59-67.
8. Pongchaiyakul C, Kosulwat V, Rojroongwasinkul N, Charoenkiatkul S, Thepsuthammarat K, Laopaiboon M, et al. Prediction of percentage body fat in rural Thai population using simple anthropometric measurements. Obes Res 2005; 13: 729-38.
9. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Body composition obesity and weight control. In: Lupash E, Keifer R editors. Essentials of exercise physiology. 3th ed. Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p. 568-78.
10. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Gender differences in muscle strength. In: Lupash E, Julie M, editors. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. 6th ed. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 515.
11. Akagi R, Takai Y, Ohta M, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Muscle volume compared to cross-sectional area is more appropriate for evaluating muscle strength in young and elderly individuals. Age Ageing 2009; 38: 564-9.
12. Jenkins DB: Hollinshed's functional anatomy of limbs and back, 7th ed. Pennsylvania: WB. Saunders Company; 1998: p. 91.
13. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Body composition assessment. In: Lupash E, Julie M, editors. Exercise physiology, energy, nutrition, human performance. 6th ed. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 794-6.
14. McArdle WD, Katch FI. Validity of body composition prediction equations for college men and women. Am J Clin Nutr 1975; 28: 105-9.
15. Withers RT, LaForgia J, Pillians RK, Shipp NJ, Chatterton BE, Schultz CG, et al. Comparison of two-, three- and four-compartment models of body composition analysis in men and women. J Appl Physiol 1998; 85: 238-45.
16. Franchini E, Artioli GG, Nicastro H, Sterkowicz S, Solis MY, Lancha Junior AH. The need of a weight management control program in judo: a proposal based on the successful case of wrestling. J Int Soc Sports Nutr 2010; 7: 1-5.