

การเปรียบเทียบโปรแกรมการฝึกแบบไอโซคิเนติกในกล้ามเนื้อขา ที่มีผลต่อการ
ออกตัวของนักกรีฑาระยะสั้น ในช่วง 10 เมตร แรก

COMPARISION OF EFFECTS OF ISOKINETIC TRAINING PROGRAM OF
LOWER EXTREMITY MUSCLES ON 10 METER FROM START OF SPRINTER

ชินวัฒน์ ไช้เกตุ *

Chinawat Kaiket *

เกษม ไช้คล่องกิจ **

Kasem Chaikngkit **

ประภาส โพธิ์ทองสุนันท์ ***

Prapas Pothongsunun ***

เสกสรร ทองคำบรรจง ****

Sakesan Thongkhambanchong ****

Abstract

The purposes of the study were to compare Isokinetic training program of lower extremite muscles effects on the 10-meter-starting period of sprinter. The sample consisted of 21 students of ChiangMai Rajabhat University (15 male, 6 female). The samplings had average age of 20.05 years, average height of 172.10 cm. and average weight of 64.90 kg., and they were divided into three groups (7 per group). The first group worked with speed at 90 Deg/s. The second group worked with speed at 120 Deg/s. and The third was the control group. Group 1-2 worked with Isokinetic training program in Concentric Contraction training only the posture of Back Squat training in 8 weeks (10 Rep./3 sets, 3 days per week). The variables were power, strength, speed, acceleration and reaction. Repeated-Measure design was utilized. The obtained data were analyzed in terms of variable by One-Way MANOVA with Repeated Measure and the posthoc analysis of the differences of the data before between and after the experiment by Scheffe' Statistical at the significance level of $p < .05$.

The results indicated that training at the speed of 90 Deg/s caused changes within group in the aspect of the power (Vertical Jump (*partial η^2* = 0.787), Step 1 Distance (*partial η^2* = 0.913), and

* นิสิตปริญญาเอก หลักสูตรดุซงฎิบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

** อาจารย์ นพ. ดร. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

*** อาจารย์ รศ. ดร. คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**** อาจารย์ ดร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Force 1 jump (*partial* $\eta^2 = 0.978$) and aspect of strength (Height Jump (*partial* $\eta^2 = 0.879$), Impulse (*partial* $\eta^2 = 0.954$) at a significant level of .05. All values were expressed as *partial* η^2 between 0.787-0.978. Meanwhile, the speed, acceleration and reaction training were not different on statistically. Other variables also did not show any differences. The effects of power at speed 120 Deg/s training were (Vertical Jump (*partial* $\eta^2 = 0.929$), Step 1 Distance (*partial* $\eta^2 = 0.799$), and Force 1 jump (*partial* $\eta^2 = 0.862$) at the significance level of .05. All values were expressed as *partial* η^2 between 0.929 – 0.779. Meanwhile, the speed, acceleration and reaction training were not different on statistical significance. Other variables also did not show any difference. The experimental group as shown in the posthoc test of between-subject at the significance level of .05 of testing Height Jump, Impulse and Force 1 jump

In conclusions, total Isokinetic training program at speed 90 Deg/s by Isokinetic Dynamometer (Count unit: Ariel dynamic in Type Aces.) by posture of Back Squat was the greatest for legs muscular power and strength, but it did not develop the speed, acceleration and reaction. As a suggestion, form and manner of training (Time, Frequency, Volume, Rest-time) should be modified to increase legs' muscular functions.

Keywords: Isokinetic/Power/Strength/Acceleration/Speed/Reaction

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ในกลุ่มกล้ามเนื้อขา ที่มีต่อการออกตัวของนักวิ่งระยะสั้นในช่วง 10 เมตรแรก กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครนักศึกษา จำนวน 21 คน (ชาย = 15, หญิง = 6) อายุเฉลี่ย 20.05 ปี, ส่วนสูงเฉลี่ย 172.10 เซนติเมตร, น้ำหนักเฉลี่ย 64.90 กิโลกรัม ถูกแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 7 คน และทำการสุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดลองโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ คือ 1.กลุ่มฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s, 2. กลุ่มฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s และ 3.กลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกทั้งสองกลุ่มได้รับโปรแกรมการฝึกไอโซคิเนติกแบบ Concentric Contraction อย่างเดียว ในท่า Back Squat จำนวน 3 เซต ๆ ละ 10 ครั้ง สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ประกอบด้วย กำลัง ความแข็งแรง ความเร็ว อัตราเร่ง และ ปฏิกริยาตอบสนอง ใช้แบบแผนการทดลองแบบวัดซ้ำ 3 ระยะ (Repeated Measure Design) สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ One Way MANOVA with Repeated Measure, และทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ภายหลังพบนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี Scheffe' โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษา พบว่า การฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่ม ด้านกำลัง (Vertical Jump ($partial \eta^2 = 0.787$), Step 1 Distance ($partial \eta^2 = 0.913$), และ Force 1 jump ($partial \eta^2 = 0.978$)) ด้านความแข็งแรง (Height Jump ($partial \eta^2 = 0.879$), Impulse ($partial \eta^2 = 0.954$)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ระหว่าง 0.787 – 0.978 ในขณะที่การทดสอบด้านความเร็ว อัตราเร่ง และ ปฏิกริยาตอบสนอง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ส่วนตัวแปรที่เหลือไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกำลัง (Vertical Jump ($partial \eta^2 = 0.929$), Step 1 Distance ($partial \eta^2 = 0.799$), และ Force 1 jump ($partial \eta^2 = 0.862$)) ด้านความแข็งแรง (Height Jump ($partial \eta^2 = 0.779$)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ระหว่าง 0.929 – 0.779 ส่วนตัวแปรที่เหลือได้แก่ ด้านความเร็ว อัตราเร่ง และปฏิกริยาตอบสนอง นั้น ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม พบว่า พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการทดลอง Height Jump, Impulse และ Force 1 jump

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s ด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบ Isokinetic Dynamometer ยี่ห้อ Ariel dynamic รุ่น Aces ในท่า Back squat สามารถที่จะพัฒนาในเรื่องของกำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ แต่ไม่สามารถที่จะพัฒนาในเรื่องของความเร็ว, อัตราเร่ง และ ปฏิกริยาตอบสนอง ทั้งนี้ ผลที่ได้มีแนวโน้มในทางที่ดีขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งเป็นนัยสำคัญทางปฏิบัติ ข้อเสนอแนะ ควรปรับเปลี่ยนรูปแบบและท่าทางการฝึก ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึก ตลอดจน โปรแกรมที่ใช้ในการฝึกควรมีการเพิ่มระยะเวลาในการฝึก ความถี่, จำนวน และระยะเวลาในการพักระหว่างเซต เพื่อเพิ่มการทำงานให้กับกล้ามเนื้อมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: กำลัง ความแข็งแรง ความเร็ว อัตราเร่ง ปฏิกริยาตอบสนอง

บทนำ

ช่วงหลายปีที่ผ่านมา สถิติในการวิ่งของนักกรีฑาในระยะสั้นได้ถูกทำลายลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งในช่วงของการออกสตาร์ท และการเพิ่มความเร่งขณะออกจากบล็อกสตาร์ทช่วง 30 เมตรแรก (Sprint start and block acceleration 0 – 30 m) นั้นถือว่ามีนัยสำคัญมากต่อความสำเร็จของการวิ่งโดยในช่วงนี้นักกรีฑาจะต้องอาศัยแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ (Reactive Strength >> Explosive Strength) ภายใต้วงระยะเวลาสั้นๆ เพื่อที่จะสามารถเร่งความเร็วอย่างรวดเร็วภายในระยะทาง 20-30 เมตร จากการวิเคราะห์ความเร็วของนักวิ่ง 100 เมตรชาย จำนวน 22 คน ที่เข้ารอบรองชนะเลิศและรอบชิงชนะเลิศของการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกเมื่อปี ค.ศ. 1988 พบว่าความเร็วที่จุด 10 เมตร จากจุดเริ่มต้นคิดเป็น 45% ของความเร็วสูงสุด ซึ่งเป็นระยะทางที่การเร่งความเร็วเพิ่มขึ้นได้มากที่สุด (Bruggemann and Glad, 1990) ทั้งนี้เป็นการเร่งความเร็วจากจุดที่มีความเร็วเป็นศูนย์โดยออกวิ่งจากที่ยันเท้า (Starting Block) ซึ่งจากการศึกษาของ Tellez และ Doolittle ในปี 1984 นั้นพบว่า ช่วงของ

การออกสตาร์ท และการเพิ่มความเร่งขณะออกจากบล็อคอสตาร์ทนั้นมีผลโดยตรงต่อความเร็วในระยะทาง 100 เมตร คิดเป็น 64 % จากนั้นนักกีฬาจะพยายามที่เร่งความเร็วเพื่อที่จะให้เกิดความเร่งสูงสุด ดังนั้นช่วงออกตัวของนักกีฬาระยะสั้นมีความสำคัญมากที่สุดในการแข่งขัน หากนักกีฬาสามารถที่จะใช้เวลาได้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้จะได้เปรียบคู่แข่งทันที เพราะนักกีฬาจะต้องขยับตัวออกจากบล็อคอสตาร์ท นักกีฬาจะต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพื่อที่จะยันเท้า และพาตัวเองออกจากจุดเริ่ม โดยจะต้องใช้แรงระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive power). Bosch and Klomp, 2001 กล่าวว่า ท่าทางและวิธีการในการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะที่เริ่มต้นออกวิ่งแล้วเร่งความเร็วกับในขณะที่เร่งความเร็วสูงสุด จะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ดังนั้นในการฝึกนักวิ่งระยะสั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิ่ง 100 เมตรที่มีการออกตัวจากที่ยันเท้า (Starting Block) อย่างรวดเร็วจะต้องให้ความสำคัญกับท่าทางและวิธีการในการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะที่เริ่มต้นออกวิ่งแล้วเร่งความเร็ว ซึ่งการเร่งความเร็วอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้นักวิ่งสามารถเร่งความเร็วไปสู่ความเร็วสูงสุดได้อย่างรวดเร็ว

ในสภาพการปัจจุบันนั้นการสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อของนักกีฬาในประเทศไทยมีรูปแบบการฝึกทางด้านด้วยน้ำหนัก จะเน้นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) เป็นแบบการทำงานด้านเดียวของกล้ามเนื้อ ในอุปกรณ์ที่เป็นแบบแมทชีนเวท และอุปกรณ์แบบฟรีเวท ทั้งนี้การฝึกแบบนี้จะมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องกับเรื่องของความเหนื่อย และโมเมนตัมเข้ามาด้วย จึงทำให้การพัฒนากล้ามเนื้อเป็นไปอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้นักกีฬาไม่สามารถพัฒนาขีดความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่ เช่นเดียวกัน ทั้งนี้การฝึกที่สามารถพัฒนากล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกอย่างหนึ่งคือ การฝึกแบบไอโซคิเนติก สามารถจะพัฒนากล้ามเนื้อในเรื่องของ การสร้างความแข็งแรง การสร้างความเร็ว การสร้างความอดทน ตลอดจนการสร้างกำลัง หรือแรงระเบิดให้กับกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากการฝึกแบบไอโซคิเนติก การทำงานของกล้ามเนื้อจะออกแรงตลอดทุกมุมการเคลื่อนไหวเท่าๆ กันตลอดระยะทางการเคลื่อนไหว จึงไม่มีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง และยังฝึกได้ทั้งแบบ การหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) และคลายตัวออก (Eccentric Contraction) ในเวลาพร้อมๆ กัน จึงทำให้สามารถที่จะพัฒนากล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่า การฝึกในรูปแบบอื่นๆ จึงเป็นอีกหนึ่งรูปแบบของการฝึกด้วยแรงต้าน และในวงการกีฬายังยอมรับกันว่าการฝึกแบบไอโซคิเนติกนี้ มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับการฝึกแบบอื่นๆ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ท่าการฝึกในท่า Back squat มาใช้ทำการศึกษา ทดลอง โดยท่า Squat ก็เป็นการฝึกอีกรูปแบบหนึ่งที่จัดอยู่ในการออกกำลังกายแบบ Isotonic Exercise หรือ Dynamic Exercise โดยรูปแบบการฝึกในท่า Squat จะเป็นการพัฒนาในส่วนของกล้ามเนื้อส่วนล่างเป็นสำคัญอย่างที่ Michael Jacson ได้กล่าวว่า "ทั้งนี้การฝึกท่า Back Squat เป็นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอย่างแท้จริง" ซึ่งมีงานวิจัยที่สอดคล้องกันจากการศึกษาของ Abderrehmane Rahmani และคณะ 2004. ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการฝึกท่า Isometric Squat Exercise กับท่าการฝึกแบบ Dynamic Squat Exercise ในเรื่องของ แรงกับความเร็ว (Force/Velocity) และ กำลังกับความเร็ว (Power/Velocity) จากการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ฝึกแบบ Dynamic Squat Exercise มีแรง กำลังและความเร็วดีกว่าการฝึกแบบ Isometric Squat Exercise สอดคล้องกับ Jeff volek ได้กล่าวไว้ว่า "คุณสามารถที่จะฝึกกล้ามเนื้อให้แข็งแรง กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น และเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการฝึกจากท่า Squat จะได้รับประโยชน์จากการฝึกมากกว่าการออกกำลังกายในท่าอื่นๆ"

ดังนั้น จากประสิทธิภาพของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ได้กล่าวแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาในเรื่อง การพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาในกลุ่มของกล้ามเนื้อขาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดให้กับนักกรีฑาในการ ออกตัว และได้ทำการศึกษาในรูปแบบการฝึกแบบไอโซคิเนติก และเป็นที่มาของการศึกษาการเปรียบเทียบการฝึก กล้ามเนื้อขา ในเรื่องของ ผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ที่มีผลต่อการ ออกตัวของนักกรีฑาระยะสั้น ในช่วง 10 เมตรแรก ของกลุ่มนักกรีฑาระยะสั้น ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรใน เรื่องผลของการฝึกซ้อมว่ามีข้อดี ข้อเสีย ต่อการออกตัวของนักกีฬาหรือไม่อย่างไร จึงมุ่งเน้นเพื่อที่จะ ทำการศึกษากายใต้พื้นฐานของการนำไปปฏิบัติได้จริงและมีความเหมาะสมครอบคลุมกับองค์ประกอบทาง ทักษะที่เกี่ยวข้องเพื่อการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาและการบูรณาการใช้องค์ความรู้ทางสรีรวิทยาที่สอดคล้อง กันเพื่อที่จะสามารถพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ก่อน ระหว่าง และหลังการฝึก

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกำลังของกล้ามเนื้อขาในการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ก่อน ระหว่าง และหลังการฝึก

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปฏิริยาตอบสนองของเท้าในการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ก่อน ระหว่าง และหลังการฝึก

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราเร่งในการออกตัวของนักกรีฑาระยะสั้นในระยะทาง 10, 20, และ 30 เมตรในการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ก่อน ระหว่าง และหลังการฝึก

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระยะทางและความเร็วของเท้าแรกที่ลงสู่พื้นจากการออกตัวในการฝึกที่ ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ก่อน ระหว่าง และหลังการฝึก

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกแบบไอโซคิเนติกกับเครื่อง Isokinetic Dynamometer ที่ความเร็ว 90 Deg/s สามารถพัฒนา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s

การฝึกแบบไอโซคิเนติกกับเครื่อง Isokinetic Dynamometer ที่ความเร็ว 90 Deg/s สามารถเพิ่มกำลัง ในการยันเท้าในการออกตัวได้มากกว่าการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s

การฝึกแบบไอโซคิเนติกกับเครื่อง Isokinetic Dynamometer ที่ความเร็ว 90 Deg/s สามารถลด ปฏิริยาตอบสนองของเท้าในการออกตัวได้มากกว่าการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s

การฝึกแบบไอโซคิเนติกกับเครื่อง Isokinetic Dynamometer ที่ความเร็ว 90 Deg/s สามารถลดเวลาใน การวิ่งระยะทาง 10, 20 และ 30 เมตรแรกได้มากกว่า การฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s

การฝึกแบบไอโซคิเนติกกับเครื่อง Isokinetic Dynamometer ที่ความเร็ว 90 Deg/s สามารถเพิ่มศักยภาพของระบบประสาทกล้ามเนื้อขาได้มากกว่าการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ในกลุ่มกล้ามเนื้อขา ที่มีผลต่อการออกตัวในส่วนของ ความแข็งแรงของขา กำลังของขา ความเร็วในการออกตัว อัตราเร่ง และปฏิกิริยาตอบสนองต่อเวลาในช่วง 10 เมตรแรก กลุ่มทดลองมาจากการรับสมัครอาสาสมัครที่เป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 50 คน โดยอาสาสมัครทั้งหมดจะถูกคัดเลือกให้เหลือ 21 คน โดยการทดสอบ Vertical jump และจัดลำดับจากค่าของความสูงที่วัดได้ 21 ลำดับแรก เข้ามาเป็นกลุ่มทดลองและทำการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 7 คน ประกอบไปด้วย กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ฝึกความเร็ว 90 Deg/s และกลุ่มที่ฝึกความเร็ว 120 Deg/s โดยฝึกกับเครื่อง Isokinetic Dynamometer ระยะเวลาในการฝึกคือ 8 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน ในท่า BACK SQUAT

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทดสอบความแตกต่างของ Pre-Test กับ Post-Test โดยใช้วิธีการ

1. การวิเคราะห์แบบ Repeated Measured Design.
 - One Way MANOVA Test.
 - Post Hoc ใช้ Scheffe'
2. ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$
3. ค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง Effect size (partial η^2)

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ระดับนัยสำคัญ (p-value) และค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง Effect size (partial η^2) ในส่วนของการทดสอบความแข็งแรง (Strength)

รายการทดสอบ	กลุ่ม	การวิเคราะห์ภายในกลุ่ม (Within-subject)		การวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Between-subject)
		Multivariate Test (p-value)		
Height Jump	90 Deg/s	(Large ES. 0.879)	p = 0.005* ¹²³	p = 0.010*
	120 Deg/s	(Large ES. 0.779)	p = 0.023* ¹²³	
	กลุ่มควบคุม	(Medium ES. 0.383)	p = 0.299	
Impulse	90 Deg/	(Large ES. 0.957)	p = 0.001* ¹²³	p = 0.115
	120 Deg/s	(Large ES. 0.688)	p = 0.054	
	กลุ่มควบคุม	(Small ES. 0.181)	p = 0.606	

*p < .05, -¹ = Pre-Post 1, -² = Post 1-Post 2, -³ = Pre-Post 2

จากตารางที่ 1 พบว่า ด้านความแข็งแรงการทดสอบภายในกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในการทดสอบ Height Jump และ Impulse และกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในการทดสอบ Height Jump และการทดสอบระหว่างกลุ่ม พบว่า การทดสอบ Height Jump มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกนั้นไม่แตกต่าง ทั้งนี้หากดูจากค่าทางสถิติที่ออกมา อาจไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) แต่มีนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) กล่าวคือในส่วนของ ความเร็วของกลุ่ม 90 Deg/s กับ 120 Deg/s มีพัฒนาการในทางที่ดีขึ้นเป็นลำดับ เมื่อดูจากค่าของขนาดอิทธิพล (Effect size (partial η^2)) ของการฝึก ภาพโดยรวมแล้วค่าของขนาดอิทธิพลอยู่ในกลุ่ม Large Effect Size. ค่าอยู่ระหว่าง 0.5-1.0

ตารางที่ 2 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ระดับนัยสำคัญ (p-value) และค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง Effect size (partial η^2) ในส่วนของการทดสอบกำลังขา (Power)

รายการทดสอบ	กลุ่ม	การวิเคราะห์ภายในกลุ่ม (Within-subject)		การวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Between-subject)
		Multivariate Test (p-value)		
Vertical Jump	90 Deg/s	(Large ES. 0.787)	p = 0.021* ¹²³	p = 0.115
	120 Deg/s	(Large ES. 0.929)	p = 0.001* ¹²³	
	กลุ่มควบคุม	(Small ES. 0.186)	p = 0.598	

Peak	90 Deg/	(Large ES. 0.659	p = 0.068	
Power	120 Deg/s	(Medium ES. 0.468)	p = 0.206	p = 0.089
	กลุ่มควบคุม	(Medium ES. 0.398)	p = 0.282	
Step 1	90 Deg/	(Large ES. 0.913)	p = 0.002* ¹²³	
Distance	120 Deg/s	(Large ES. 0.799)	p = 0.018* ¹	p = 0.558
	กลุ่มควบคุม	(Large ES. 0.749)	p = 0.032* ³	
Force	90 Deg/	(Large ES. 0.978)	p = 0.001* ¹²³	
1 Jump	120 Deg/s	(Large ES. 0.862)	p = 0.007* ¹²³	p = 0.001*
	กลุ่มควบคุม	(Medium ES. 0.413)	p = 0.264	

*p < .05, -¹ = Pre-Post 1, -² = Post 1-Post 2, -³ = Pre-Post 2

จากตารางที่ 2 พบว่า การทดสอบภายในกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s และ การฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s ในการทดสอบด้านกำลังโดยการทดสอบ Vertical Jump, Step 1 Distance และ Force 1 Jump มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการทดสอบระหว่างกลุ่ม พบว่า การทดสอบ Force 1 Jump มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกนั้นไม่แตกต่าง

ตารางที่ 3 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ระดับนัยสำคัญ (p-value) และค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง Effect size (partial η^2) ในส่วนของการทดสอบความเร็ว (Speed)

รายการทดสอบ	กลุ่ม	การวิเคราะห์ภายในกลุ่ม (Within-subject) Multivariate Test (p-value)	การวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Between-subject) Univariate Test (p-value)
Time 5 m.	90 Deg/s	(Small ES. 0.191) p = 0.589	
Before	120 Deg/s	(Small ES. 0.102) p = 0.763	p = 0.998
	กลุ่มควบคุม	(No ES. 0.059) p = 0.860	
Time 5 m.	90 Deg/	(No ES. 0.083) p = 0.806	
After	120 Deg/s	(No ES. 0.065) p = 0.846	p = 0.922
	กลุ่มควบคุม	(Medium ES. 0.339) p = 0.280	
Time 10 m.	90 Deg/	(Small ES. 0.117) p = 0.732	
Total	120 Deg/s	(Small ES. 0.179) p = 0.611	p = 0.998
	กลุ่มควบคุม	(No ES. 0.020) p = 0.951	

Step 1	90 Deg/	(Medium ES. 0.472) p = 0.202	
Time	120 Deg/s	(Medium ES. 0.365) p = 0.321	p = 0.242
	กลุ่มควบคุม	(Small ES. 0.282) p = 0.436	

*p < .05, -¹ = Pre-Post 1, -² = Post 1-Post 2, -³ = Pre-Post 2

จากตารางที่ 3 ด้านความเร็วของกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s และ กลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s ในการทดสอบภายในกลุ่มและการทดสอบระหว่างกลุ่มนั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้หากดูจากค่าทางสถิติที่ออกมา อาจไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) แต่มีนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) กล่าวคือในส่วนของ ความเร็วของกลุ่ม 90 Deg/s กับ 120 Deg/s มีพัฒนาการในทางที่ดีขึ้นเป็นลำดับ เมื่อดูจากค่าของขนาดอิทธิพล (Effect size (partial η^2)) ของการฝึก โดยในการทดสอบในส่วนของ Step 1 Time มีค่าของขนาดอิทธิพลอยู่ในกลุ่ม Medium Effect Size. ค่าอยู่ระหว่าง 0.3-0.5 ที่มีพัฒนาการที่ดีขึ้นกว่าการทดสอบอื่นๆ ในกลุ่มการทดสอบด้านความเร็ว

ตารางที่ 4 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ระดับนัยสำคัญ (p-value) และค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง Effect size (partial η^2) ในส่วนของการทดสอบอัตราเร่ง (Acceleration)

รายการทดสอบ	กลุ่ม	การวิเคราะห์ภายในกลุ่ม (Within-subject) Multivariate Test (p-value)	การวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Between-subject) Univariate Test (p-value)
Acceleration	90 Deg/s	(Small ES. 0.223) p = 0.532	
5 m.	120 Deg/s	(No ES. 0.054) p = 0.871	p = 0.991
Before	กลุ่มควบคุม	(Small ES. 0.118) p = 0.731	
Acceleration	90 Deg/	(No ES. 0.090) p = 0.790	
5 m.	120 Deg/s	(Small ES. 0.171) p = 0.626	p = 0.613
After	กลุ่มควบคุม	(Medium ES. 0.378) p = 0.305	
Increases	90 Deg/	(Small ES. 0.180) p = 0.609	
Between	120 Deg/s	(Small ES. 0.241) p = 0.503	p = 0.545
	กลุ่มควบคุม	(Large ES. 0.735) p = 0.036 ^{*3}	
Acceleration	90 Deg/	(Small ES. 0.107) p = 0.754	
10 m.	120 Deg/s	(Small ES. 0.172) p = 0.623	p = 0.915
Average	กลุ่มควบคุม	(No ES. 0.024) p = 0.941	

*p < .05, -¹ = Pre-Post 1, -² = Post 1-Post 2, -³ = Pre-Post 2

จากตารางที่ 4 ด้านอัตราเร่งของกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s และ กลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s ในการทดสอบภายในกลุ่มและการทดสอบระหว่างกลุ่มนั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้หากดูจากค่าทางสถิติที่ออกมา อาจไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) แต่มีนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) กล่าวคือในส่วนอัตราเร่งของกลุ่ม 90 Deg/s กับ 120 Deg/s มีพัฒนาการในทางที่ดีขึ้นเป็นลำดับ เมื่อดูจากค่าของขนาดอิทธิพล (Effect size (partial η^2)) ของการฝึก ภาพโดยรวมแล้วค่าของขนาดอิทธิพลอยู่ในกลุ่ม Small Effect Size. ค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.3 กล่าวคือมีพัฒนาการที่ดีขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 5 แสดงค่าผลการวิเคราะห์ระดับนัยสำคัญ (p-value) และค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง Effect size (partial η^2) ในส่วนของการทดสอบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction)

รายการทดสอบ	กลุ่ม	การวิเคราะห์ภายในกลุ่ม (Within-subject)		การวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Between-subject)
		Multivariate Test (p-value)		
Contract Time	90 Deg/s	(Large ES. 0.690)	p = 0.054	p = 0.873
	120 Deg/s	(Small ES. 0.208)	p = 0.559	
	กลุ่มควบคุม	(Large ES. 0.623)	p = 0.087	

*p < .05, -¹ = Pre-Post 1, -² = Post 1-Post 2, -³ = Pre-Post 2

จากตารางที่ 5 ด้านปฏิกิริยาตอบสนองของกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s และ กลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s ในการทดสอบภายในกลุ่มและการทดสอบระหว่างกลุ่มนั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้หากดูจากค่าทางสถิติที่ออกมา อาจไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) แต่มีนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) กล่าวคือในส่วนปฏิกิริยาตอบสนองของกลุ่ม 90 Deg/s กับ 120 Deg/s มีพัฒนาการในทางที่ดีขึ้นเป็นลำดับ เมื่อดูจากค่าของขนาดอิทธิพล (Effect size (partial η^2)) ของการฝึก ภาพโดยรวมแล้วค่าของขนาดอิทธิพลอยู่ในกลุ่ม S Large Effect Size. ค่าอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 กล่าวคือมีพัฒนาการที่ดีขึ้นเป็นอย่างมาก

สรุปผลการวิจัย

จากข้อมูลที่ปรากฏทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ การฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s ในท่า Back squat เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สามารถที่จะพัฒนาในเรื่องของกำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s จะสามารถพัฒนา กำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้ดีกว่า การฝึกที่ความเร็ว 120 Deg/s แต่การฝึก

ตามโปรแกรมนี้ไม่สามารถที่จะพัฒนาในเรื่องของ ความเร็ว, อัตราเร่ง และ ปฏิกริยาตอบสนอง ได้ตามหลักการทางสถิติ ทั้งนี้หากดูจากค่าทางสถิติที่ออกมา อาจไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) แต่มีนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) กล่าวคือในส่วนของ ความเร็ว, อัตราเร่ง และ ปฏิกริยาตอบสนอง มีพัฒนาการในทางที่ดีขึ้นเป็นลำดับ เมื่อดูจากค่าของขนาดอิทธิพล (Effect size (partial η^2)) ของการฝึก

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงกึ่งทดลอง(Quasi-Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s ในกลุ่มกล้ามเนื้อขา ที่มีผลต่อการออกตัวในส่วนของ ความแข็งแรงของขา กำลังของขา ความเร็วในการออกตัว อัตราเร่ง และปฏิกริยาตอบสนองต่อเวลาในช่วง 10 เมตรแรก การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติจากการวิจัยสามารถแยกการอภิปรายผลการทดลองได้ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 อภิปรายผลการวิเคราะห์ในส่วนของกำลัง (Power) และความแข็งแรง (Strength)

จากผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ออกมาในส่วนของกำลังและความแข็งแรง ระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ส่วนภายในของแต่ละกลุ่ม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าผลของการฝึกแบบไอโซคิเนติกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s สามารถพัฒนากำลังในกลุ่มกล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดี โดยการฝึกแบบ ความเร็ว 90 Deg/s มีพัฒนาการที่ดีกว่าการฝึกแบบ ความเร็ว 120 Deg/s และกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ พีระพงษ์ บุญศิริ (2541) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกด้วยน้ำหนักนับว่าเป็นการฝึกที่ตรงตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีหลักการและเหตุผลที่พิสูจน์ได้โดยถือหลักการค่อยๆ เพิ่มน้ำหนักหรือการค่อยๆ เพิ่มความต้านทานจนกระทั่งร่างกายสามารถต้านทานได้มากขึ้น ซึ่งหมายความว่าสมรรถภาพทางกายได้พัฒนาขึ้นเป็นระยะๆ วัตถุประสงค์ของการฝึกด้วยแรงต้านก็คือ การสร้างความแข็งแรงและความอดทนให้กับกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ Jay R. Hoffman และคณะ (2007) ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกท่า Back squat โดยใช้น้ำหนักสูงสุดกับการทดสอบการยืนกระโดดสูง พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติก่อนหน้าที่จะทำการฝึกและการศึกษาของ Chad A. Witmer และคณะ (2010) ทำการฝึกท่า Back squat แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มควบคุม กับกลุ่มทดลองโดยกลุ่มทดลองจะทำการฝึกใช้น้ำหนัก 30% 1-RM, 50% 1-RM และ 70% 1-RM และทำการทดสอบ Jump height (JH) และ Vertical Stiffness (V Stiff) จากการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกความหนักปานกลาง 50% 1-RM ได้ค่าความสูงมากที่สุดใน กลุ่มการทดลอง

ด้านที่ 2 อภิปรายผลการวิเคราะห์ในส่วนของความเร็ว (Speed) และอัตราเร่ง (Acceleration)

จากผลการวิจัยพบว่า ความเร็วและอัตราเร่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นผลมาจาก ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร็ว มีความสำคัญเพื่อใช้เป็นรากฐานของการฝึกที่จะต้องฝึกเฉพาะความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อแล้ว น้ำหนักที่ใช้และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ก็ควรที่จะเลือกจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร็ว ดังนั้นการฝึกที่ให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วๆ ก็ควรจะเป็นการเพิ่มความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการวิ่งระยะสั้น สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยการฝึกความแข็งแรงและกำลังขาตลอดจนความสัมพันธ์

ในการเคลื่อนไหว (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจาก ปริมาณความหนัก (Intensity), ความถี่ (Frequency), จำนวน (Volume) และ ระยะเวลาในการพักระหว่างเซต (Rest/Set) ในการจัดโปรแกรมการฝึกในครั้งนี้ยังน้อยไปในส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมด จึงไม่สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้ถึงจุดที่สามารถจะสร้างความเร็ว หรืออัตราเร่งในการออกตัวระยะทาง 10 เมตรแรกได้

ด้านที่ 3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ในส่วนของปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction)

จากผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ออกมาในส่วนของปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction) นั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นผลมาจาก โปรแกรมการฝึกที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ไม่สามารถสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อที่เกิดจากการฝึก หรือการฝึกไม่ถึงจุดที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงเพื่อไปพัฒนาปฏิกิริยาตอบสนองของระบบประสาทได้นั่นเอง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการฝึกในครั้งนี้ สาเหตุหลักที่ไม่สามารถพัฒนาในเรื่องของปฏิกิริยาตอบสนองได้อาจเนื่องมาจากการฝึกที่ความเร็ว 90 Deg/s กับ 120 Deg/s เป็นการฝึกที่ความเร็วต่ำ กล้ามเนื้อหดตัวช้าทำให้เซลล์ประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อสั่งการได้ช้า จะต้องฝึกในส่วนของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อให้สื่อหรือสั่งการกล้ามเนื้อทำงานได้อย่างรวดเร็ว ความเร็วที่ใช้ในการฝึกควรมากกว่า ที่ความเร็ว 200 Deg/s เป็นการฝึกที่ความเร็วสูง ซึ่งสามารถที่จะพัฒนาระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อสั่งการได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

กลุ่มทดลองที่เข้ามาฝึกควรที่จะเป็นนักกีฬาระยะสั้นที่เริ่มเล่น หรือมีทักษะในการใช้บล็อกสตาร์ท หรือออกตัวในการวิ่งระยะสั้นได้ จึงจะทำให้ได้ข้อมูลจากส่วนนี้ตรงยิ่งขึ้น เพราะการออกตัวที่ถูกต้องสามารถได้ข้อมูลที่แม่นยำของข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ

จำนวนกลุ่มทดลอง (N) ควรที่จะมีให้มากกว่านี้เท่าที่จะทำได้ อันเนื่องมาจากจำนวนกลุ่มทดลองจะมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติมีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

รูปแบบการฝึกควรที่จะทำการฝึกที่หลากหลายรูปแบบ เช่น กลุ่มที่ฝึกความเร็วต่ำ กลุ่มที่ฝึกแบบความเร็วสูง และกลุ่มที่ฝึกทั้งแบบความเร็วต่ำและความเร็วสูงควบคู่กัน และนำมาเปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

โปรแกรมที่ใช้ในการฝึก ควรมีการปรับตามระยะเวลา ในส่วนของ ปริมาณความถี่(Frequency) จำนวน (Volume) และ ระยะเวลาในการพักระหว่างเซต(Rest/Set) เพื่อเพิ่มการทำงานให้กับกล้ามเนื้อมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เจริญ กระบวนรัตน์. (2545). **หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พีระพงศ์ บุญศิริ. (2541). **วิทยาศาสตร์ว่าด้วยกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.
- Abderrehmane Rahmani, Elio Locatelli and Jean-Rene Lacour. Differences in morphology and force/velocity relationship between Senegalese and Italian sprinters. **European Journal of Applied Physiology**, 2004, Volume 91, Number 4, Pages 399-405
- Bosch F. & Klomp R.(2001). **Running : Biomechanics and Exercise Physiology Applied In Practice**. Maarssen, The Netherlands : Churchill Livingstone.
- Bruggeman G-P, & Glad B. (1990). Time analysis of the sprint events. In : Bruggeman G –P , Glad B .editors. Scientific research project at the Games of the XXIVth Olympiad – Seoul 1988 .Italy: Arti Grafiche Danesi, 11-90.
- Chad A. Witmer, Shala E. Davis and Gavin L. Moir. The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. **Journal of Sports Science and Medicine** (2010) 9, 206-213
- E. Kellis & A. Katis. (2007). The Relationship between isokinetic Knee extension and flexion strength with soccer kick kinematics: an electromyographic evaluation. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 47; 4. 385-39
- Jay R. Hoffman, Nicholas A. Ratamess ect. Effects of maximal squat exercise testing on vertical jump performance in American college football players, **Journal of Sports Science and Medicine** (2007) 6, 149-150