

CORE

HEALTH & FITNESS



Tel. 02-314-3466
Email : chfthailand@gmail.com

More Information
>>>>

Click

MISINTERPRETATION ON THE ROLE OF GROUND REACTION FORCE AND TORQUE TO CLUBHEAD SPEED

Poramet HEMARACHATANON¹ and Komsak SINSURIN²

¹*School of Liberal Arts, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, THAILAND 80161*

²*Biomechanics and Sports Research Unit, Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Nakhon Pathom, THAILAND 73170*

ABSTRACT

Introduction: During the downswing phase, there are various styles of weight bearing on feet for creating clubhead speed in professional golfers. The style of weight bearing on feet influences the ground reaction force (GRF) and torque. However, in the contribution of the ground reaction force and the torque on clubhead speed, the understanding is not clear in some of professional golfers and sport scientists. Therefore, this review helps to clarify a basic understanding of the role of GRF and the torque which golfers usually use to control the body in the frontal and sagittal planes and to contribute clubhead speed effectively. **Discussion:** In a biomechanical study, the path of COP can be tracked in order to understand how body movement response relative to the GRF. During the downswing phase, ground reaction forces have roles as a propulsive force or a braking force which depends on each phase during downswing alternation. Moreover, the GRF and torque influence lower limb joint moment during the downswing and affect balance and stability control. In case of good balance and stability of the lower limbs, the kinetic chain transfers to the trunk, upper limb, and clubhead would be expected, respectively. **Conclusion:** During the downswing phase, the GRF and the torque influence trunk movement control. Lower limb and trunk muscles would respond according to the GRFs. Then, in good posture of the trunk and lower limbs, the clubhead speed could be enhanced. This represents an indirect role of the GRF and the torque to clubhead speed. Therefore, to enhance performance, golfers should practice and focus on trunk and lower movement controls rather than having high GRF.

(Journal of Sports Science and Technology 2019; 19(1): 25-36)

(Received: 10 August 2018, Revised: 10 May 2019, Accepted: 17 May 2019)

Keywords: Golf / Ground reaction force / Club head speed / Downswing phase

*Corresponding author: Poramet Hemarachatanon

School of Liberal Arts, Walailak University,

Nakhon Si Thammarat, THAILAND 80161

E-mail: hporamet@hotmail.com

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในบทบาทของแรงปฏิกิริยาจากพื้นและแรงทอร์คต่อความเร็วหัวไม้กอล์ฟ

ปรเมท เหมรชตนนท์¹ และ คมศักดิ์ สินสุรินทร์²

¹สำนักวิชาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช 80161

²Biomechanics and Sports Research Unit คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล จ.นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

บทนำ : นักกอล์ฟแต่ละคนสามารถสร้างความเร็วของหัวไม้โดยมีรูปแบบของแรงกดจากเท้าแต่ละข้างในขณะการดาวน์สวิงไม่เท่ากัน หลายคนมีข้อสงสัยและมีข้อคิดเห็นในประเด็นที่ว่า แรงปฏิกิริยากับแรงทอร์คที่เกิดขึ้นมีบทบาทโดยตรงหรือมีบทบาททางอ้อมกับความเร็วของหัวไม้ และแรงทั้งสองนี้มีความจำเป็นต่อการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างไร ในบทความนี้จะทำให้นักกอล์ฟได้คลายข้อสงสัยและมีความเข้าใจถึงพื้นฐานต่อบทบาทหน้าที่ของแรงทั้งสอง ซึ่งจะช่วยให้นักกอล์ฟสามารถควบคุมร่างกายในระนาบหน้า-หลัง และในระนาบซ้าย-ขวา ให้ถูกต้องเหมาะสม เพื่อการสร้างความเร็วของหัวไม้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

อภิปราย : แรงกดจากเท้าทั้งสองข้างที่กระทำกับพื้นในขณะทำการดาวน์สวิงจะเกิดแรงทอร์คอิสระและแรงปฏิกิริยาที่ขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้ามกัน ตำแหน่งของแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาจะเกิดที่ตำแหน่ง ณ จุดศูนย์กลางแรงกด ซึ่งมีเส้นทางที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในทุกช่วงเวลา แรงดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นแรงผลักและแรงเบรกสลับกันไปตามขนาดและทิศทางทั้งทางด้านหน้า-หลัง และด้านซ้าย-ขวา และแรงทอร์คจะช่วยควบคุมโมเมนต์ของข้อต่อในส่วนล่างของร่างกาย ทั้งนี้เพื่อการสร้างความสมดุลโดยรวมให้ฐานของร่างกายมีความมั่นคงภายใต้การเคลื่อนไหว เพื่อรองรับการทำงานของกลไกการทำงานส่วนบนของร่างกายที่ต้องสร้างโมเมนต์ส่งผ่านไปสู่ส่วนปลายสุดของหัวไม้

สรุป : แรงปฏิกิริยาและแรงทอร์คที่เกิดขึ้นในขณะทำการดาวน์สวิง จะมีบทบาททางอ้อมเพื่อช่วยสนับสนุนให้กลไกการทำงานของร่างกายส่วนบนสามารถสร้างความเร็วของหัวไม้ได้เป็นสำคัญ และจะเป็นข้อมูลให้กับนักกอล์ฟที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและยังมุ่งเน้นการสร้างแรงปฏิกิริยาโดยมองข้ามบทบาทในการควบคุมการสวิง

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2562; 19(1): 25-36)

คำสำคัญ : กอล์ฟ / แรงปฏิกิริยา / ความเร็วหัวไม้กอล์ฟ / ดาวน์สวิง

บทนำ

บุคลากรทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและนักกอล์ฟหลายคนคงมีข้อสงสัยต่อความสามารถของร่างกายในการออกแรงกระทำต่อพื้นโดยผ่านการกดของเท้าแต่ละข้างขณะการทำดาวน์สวิง การศึกษาการออกแรงกระทำต่อพื้นโดยผ่านการกดของเท้าจะสามารถศึกษาและสังเกตผ่านแรงที่สะท้อนจากพื้นหรือที่เรียกว่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) กับแรงทอร์ก (Torque) ซึ่งคำถามที่มักพบ เช่น แรงทั้งสองที่มาจากพื้นถือเป็นปัจจัยที่สามารถช่วยให้เกิดความเร็วของหัวไม้ได้จริงหรือไม่ แรงปฏิกิริยาจากนักกอล์ฟบางคนมีมากแต่บางคนก็มีค่าน้อย ความแตกต่างนี้หมายความว่าอย่างไร

จากข้อมูลที่พบโดยทั่วไปนักกอล์ฟพยายามจะสร้างแรงปฏิกิริยาจากพื้นให้เกิดมากขึ้นระหว่างเท้าทั้งสองข้างและใช้หลักการถ่ายเทน้ำหนักเช่นเดียวกับรูปแบบการเคลื่อนไหวที่พบในนักกอล์ฟระดับอาชีพตั้งแต่ระยะยืนในท่าเตรียมตลอดถึงช่วงในขณะการดาวน์สวิง³ นักกอล์ฟหลายคนได้นำมาใช้เป็นต้นแบบและสามารถทำเลียนแบบได้อย่างถูกต้องจนเป็นพื้นฐานความเข้าใจว่า การดาวน์สวิงจะต้องเน้นไปที่ส่วนล่างของร่างกายในการสร้างแรงปฏิกิริยาของเท้าและสร้างแรงทอร์กเพื่อสร้างความเร็วกับหัวไม้ ด้วยรูปแบบการเคลื่อนไหวลักษณะนี้ ทำให้มีการจัดระเบียบลำตัวหรือการจัดสะโพกเอนออกไปด้านข้างมากเกินไป โดยพยายามสร้างแรงบิดระหว่างเท้ากับพื้นให้มาก ซึ่งการกระทำดังกล่าวอาจจะทำให้สูญเสียการจัดระเบียบของร่างกายโดยรวม อีกทั้งยังมองข้ามข้อคำนึงของกลไกการสวิงกอล์ฟที่ร่างกายทุกส่วนจะต้องเคลื่อนไหวในลักษณะผสมผสานกันอย่างต่อเนื่อง ไม่ใช่การเน้นเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายเท่านั้น¹⁹ ซึ่งท้ายสุดจะส่งผลทำให้การจัดระเบียบของร่างกายไม่สอดคล้องกับการจัดลำดับการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง

ดังนั้นในบทความนี้ผู้เขียนจะขอขยายความและสร้างความเข้าใจในบทบาทของแรงปฏิกิริยาและแรงทอร์กที่วัดได้จากแผ่นวัดแรงปฏิกิริยา (Forceplate) ในขณะการทำดาวน์สวิง ซึ่งบทบาทดังกล่าวจะไม่ใช่มุ่งทางตรงต่อความเร็วของหัวไม้แต่จะเป็นบทบาททางอ้อมที่จะช่วยสนับสนุนการสร้างความเร็วของหัวไม้เป็นสำคัญ¹³ ซึ่งลำดับของเนื้อหาจะอธิบายรายละเอียดเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องวัดแรงปฏิกิริยาและค่าที่วัดได้ ความเกี่ยวข้องในความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาดำแหน่งของจุดศูนย์กลางแรงกด แรงทอร์กกับความเร็วหัวไม้ และบทบาทของแรงปฏิกิริยา โมเมนต์กับการสร้างความสมดุลของร่างกาย ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่จะช่วยสร้างความเข้าใจให้กับบุคลากรทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและนักกอล์ฟที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและยังมุ่งเน้นการสร้างแรงปฏิกิริยาโดยมองข้ามถึงบทบาทหลักในการควบคุมการเคลื่อนไหวระหว่างทำการสวิง

แรงปฏิกิริยาจากพื้นขณะสวิงกอล์ฟ

ในความสามารถของนักกีฬาแต่ละชนิดกีฬาที่สร้างการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องตามเป้าหมาย ปัจจัยหนึ่งที่นักกีฬาใช้ส่งเสริมในการขับเคลื่อนร่างกายให้เป็นไปตามประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว จะมาจากแรงผลักและแรงเบรกจากเท้าข้างใดข้างหนึ่งหรือจากทั้งสองเท้า เช่น ในกีฬากระโดดไกล กระโดดสูง และวิ่งข้ามรั้ว เป็นต้น นักกีฬากลุ่มนี้จะใช้แรงผลักที่มาจากเท้าเป็นหลักในขณะการเทคออฟขึ้นในจังหวะสุดท้ายก่อนการลอยตัว ทั้งนี้เพื่อผลักดันให้ร่างกายลอยขึ้นสูงหรือผลักดันให้ร่างกายลอยขึ้นพร้อมกับความเร็วเพื่อลอยตัวไปข้างหน้าให้ไกลและนาน ส่วนในกีฬาประเภทขว้างจักร ขว้างค้อน และพุ่งแหลน นักกีฬาจะใช้แรงเบรกที่มาจากเท้าเป็นหลัก ในจังหวะที่อุปกรณ์จะถูกเหวี่ยง ขว้าง และพุ่งออกจากร่างกาย ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแรงต้านของร่างกายเพื่อเบรกส่วนล่างร่างกายและเปลี่ยนแปลงกลไกให้มีการถ่ายเทพลังจากส่วนล่างร่างกายไปสู่อุปกรณ์ หรือบางชนิดกีฬานักกีฬาจะใช้แรงขับเคลื่อนที่ต้องใช้ทั้งแรงผลักและแรงเบรกระหว่างเท้าทั้งสองในขณะเคลื่อนไหว เช่น กีฬาเทนนิส ในนักกีฬาเทนนิสที่ถนัดขวา แรงขับเคลื่อนจะถูกใช้ในจังหวะการขึ้นแบ็คสวิง ซึ่งเท้าซ้ายจะเป็นแรงผลัก ในทางตรงกันข้ามเท้าขวาจะเป็นแรงเบรก ส่วนในจังหวะการดาวน์สวิง เท้าขวาจะเป็นแรงผลักใน

ขณะที่เท้าซ้ายจะเป็นแรงเบรก เป็นต้น ซึ่งกระบวนการของแรงขับเคลื่อนนี้จะไปตามกลไกการเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงจังหวะเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย นอกจากผลของแรงผลักและแรงเบรกดังกล่าวนี้แล้ว แรงทั้งสองยังส่งผลต่อเนื่องมากระทำต่อร่างกายโดยแรงจะกระทำและส่งผ่านไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยเริ่มที่ส่วนของเท้า โดยขนาดของแรงที่มากเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกายได้ เช่น ขณะวิ่งน้ำหนักของผู้วิ่งจะถูกส่งผ่านไปสู่เท้าในขณะที่เท้าสัมผัสกับพื้นซึ่งจะเกิดการกระแทกเกิดขึ้นพร้อมกับสร้างแรงกดลงบนพื้นวิ่ง และขณะเดียวกันจะเกิดแรงปฏิกิริยาจากพื้นขนาดเท่ากันส่งผ่านย้อนกลับเข้าไปตามข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพกของร่างกาย เป็นต้น และด้วยขนาดของแรงปฏิกิริยาจากพื้นจะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงกระทำและขนาดของโมเมนต์ภายในข้อต่อ (Joint loading) ทั้ง 3 ทิศทางตามลำดับ ดังนั้นขนาดของแรงปฏิกิริยาจึงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสเกิดการบาดเจ็บที่บริเวณข้อต่อของร่างกายได้

ด้วยความรู้ทางชีวกลศาสตร์ทำให้เราได้รู้ถึงขนาดของแรงปฏิกิริยา ขนาดของโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับร่างกาย และสามารถนำค่าที่คำนวณได้มาเป็นข้อมูลเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบระดับความสามารถในแต่ละกลุ่ม เช่น ระดับอาชีพ ระดับสมัครเล่น เป็นต้น ซึ่งจะสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพและภาวะความเสี่ยงบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นกับร่างกายได้ เคยสงสัยหรือไม่ว่า ค่าที่ได้มานั้นวัดมาจากวิธีการใดและใช้อุปกรณ์อะไรในการประมาณค่า โดยทั่วไป วิธีการประมาณค่าทางอ้อม (Indirect technique) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่าการวัดค่าทางตรง (Direct technique) ซึ่งการวัดค่าแรงปฏิกิริยาข้อต่อ (Joint reaction force) ทำได้ยาก ดังนั้นวิธีการทางชีวกลศาสตร์จึงมีวิธีการวัดทางอ้อมซึ่งเรียกว่า อินเวอร์สไดนามิกส์ (Inverse dynamic technique) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณแบบย้อนกลับโดยใช้แรงภายนอกที่มากระทำเป็นตัวแปรตั้งต้น ดังนั้นเมื่อมีแรงภายนอก (External force) มากระทำกับร่างกาย และร่างกายเคลื่อนไหวภายใต้ภาวะความสมดุลในขณะนั้น ๆ เราจะสามารถคำนวณหาแรงปฏิกิริยาและโมเมนต์ได้ ในวิธีการนี้แรงภายนอกที่มากระทำจึงเป็นสิ่งที่สำคัญซึ่งเราสามารถหาค่าที่เรียกว่า เครื่องวัดแรงปฏิกิริยา (Force plate) วัดค่าออกมาได้ ซึ่งเครื่องมือชนิดนี้จะให้ข้อมูลต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) หมายถึง แรงที่สะท้อนกลับจากแรงกดใน 3 แนวแกน ซึ่งจะเกิดขึ้นในแนวแกน X (Antero-posterior ground reaction force) ในแนวแกน Y (Medial-lateral ground reaction force) และในแนวแกน Z (Vertical ground reaction force)

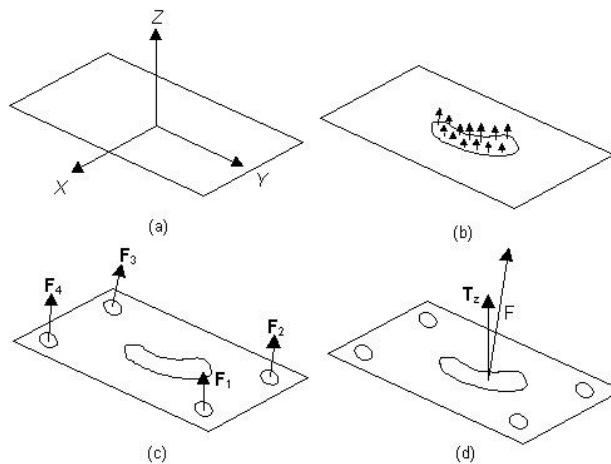
2. แรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยา (Resultant ground reaction force) หมายถึง แรงที่เกิดจากผลของการรวมแรงที่สะท้อนกลับจากแรงกด จาก 3 แนวแกน ซึ่งจะมีแนวโน้มของทิศทางไปทางเดียวกับแนวแกนที่เกิดแรงปฏิกิริยามากที่สุด ซึ่งจะมีขนาดที่เห็นได้จากปริมาณแรงกดของเท้าแต่ละข้างในขณะวิ่ง และมีทิศชี้ขึ้นจากพื้น (ตามภาพประกอบที่ 2)

3. โมเมนต์ (Moment) หมายถึง ผลของแรงที่กระทำผ่านรอบแกน ทั้ง 3 แกน (แกน X แกน Y และแกน Z) โดยเฉพาะโมเมนต์ที่หมุนรอบแกน Z จะเรียกว่า แรงทอร์ค (Torque) หรือโมเมนต์อิสระ (Free moment) ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากผลของแรงในแนวแกน X และแนวแกน Y ที่กระทำรอบแกน Z ซึ่งมีทิศทางของโมเมนต์ ในเครื่องหมาย (+) จะมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และเครื่องหมาย (-) จะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา

4. จุดศูนย์กลางแรงกด (Center of pressure: CoP) หมายถึง จุดตัดของระยะที่คำนวณได้จากแรงกดที่กระทำขณะวิ่ง

4.1 ระยะที่เกิดขึ้นจะได้อาจจากระยะความห่างจากแนวแรงในแนวแกน X (CoP_x) และระยะความห่างจากแนวแรงในแนวแกน Y (CoP_y) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาจากพื้นกระทำต่อเท้าในขณะที่เหยียบอยู่บนแผ่นวัดแรง

4.2 จุด CoP ที่เกิดขึ้นนี้จะเคลื่อนที่ไปตามการลงน้ำหนักมากขึ้นในแต่ละขณะเวลาที่ได้ฝ่าเท้า ซึ่งเมื่อทำการวาดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของจุด CoP จะสามารถเห็นเป็นแนวเส้นทางต่อเนื่องของตำแหน่งแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแปลงไปหรือที่เรียกว่า เส้นทางแรงกด (CoP path) (ดังภาพประกอบที่ 2)

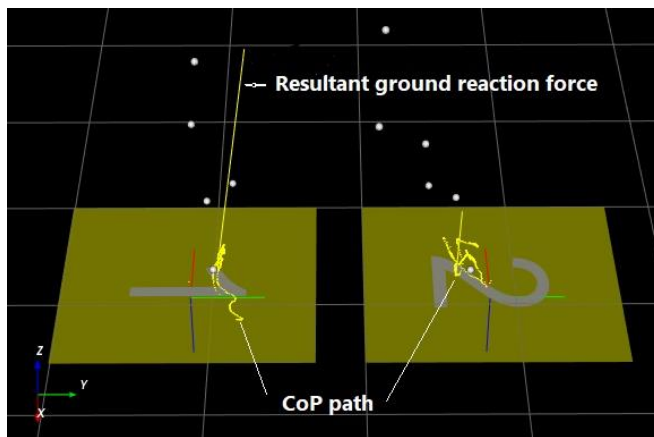


ภาพที่ 1 ลักษณะของแรง โมเมนต์อิสระและแรงปฏิกิริยาตอบสนอง

แหล่งที่มา : <http://www.kwon3d.com/theory/grf/grf.html>

จากภาพ (a) แสดงลักษณะของแกนที่ถูกกำหนดเพื่อการอ้างอิง X Y Z ภาพ (b) เมื่อเท้ากดลงบนพื้นผิว จะเกิดแรงกระทำสวนทางขึ้นภายใต้ผิวสัมผัส บริเวณลูกศรที่ขึ้นสูง แสดงถึงมีแรงกดมากและลูกศรจะกระจายตามน้ำหนักกดตามผิวสัมผัสที่กดลงพื้น ภาพ (c) ตำแหน่งของ load cell ที่รับแรงกดโดยรวมของทั้งแผ่น มี 4 จุด (F_1, F_2, F_3, F_4) และภาพ (d) แรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยา (F) และแรงทอร์ค (T_z) หรือ Free moment

ดังนั้น เมื่อมีการทดสอบหรือต้องการศึกษาแรงที่เกิดขึ้น ผลที่ได้จากเครื่องวัดแรงปฏิกิริยาไม่ว่าจะใช้เพียงแผ่นเดียวหรือมากกว่าหนึ่งแผ่น เราจะได้ข้อมูลแรงปฏิกิริยาจากพื้น 3 แนวแกน และแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาของเท้าที่กดในแต่ละข้าง (ดังภาพประกอบที่ 2) โดยเส้นที่เปรียบเสมือนแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาจะมีทิศทางชี้ขึ้นจากพื้นผิวตามขนาดของแรงที่กด และเส้นทางแรงกด (CoP path) ที่เป็นเส้นทึบที่อยู่บนพื้นผิวอุปกรณ์ เส้นของแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาที่ชี้ขึ้นและเส้นทึบจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปในทุกช่วงขณะเวลา ซึ่งจากข้อมูลรายละเอียดนี้เราสามารถใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์ขนาดของแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยา จุดศูนย์กลางแรงกด ขนาดแรงกด และลักษณะทิศทางของแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยา มีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดในขณะนักกอล์ฟทำการสวิง การศึกษาเกี่ยวกับการสวิงกอล์ฟจะศึกษาถึงกลไกการเคลื่อนไหวร่างกายและใช้ตัวแปรดังกล่าว มาตรวจสอบความถูกต้องของการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะการถ่วงน้ำหนักของเท้าหน้า-เท้าตาม ตำแหน่งแรงกดที่ควบคุมของปลายเท้า - ส้นเท้า ของเท้าทั้งสองข้าง ในจังหวะต่าง ๆ ของการสวิง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านเทคนิคการควบคุมความสมดุลของนักกอล์ฟแต่ละบุคคล หรือสามารถนำไปใช้เพื่อเปรียบเทียบระหว่างนักกอล์ฟที่มีระดับทักษะที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 แสดงถึงแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยา และเส้นทางแรงกด (CoP path) บนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาในแต่ละแผ่น

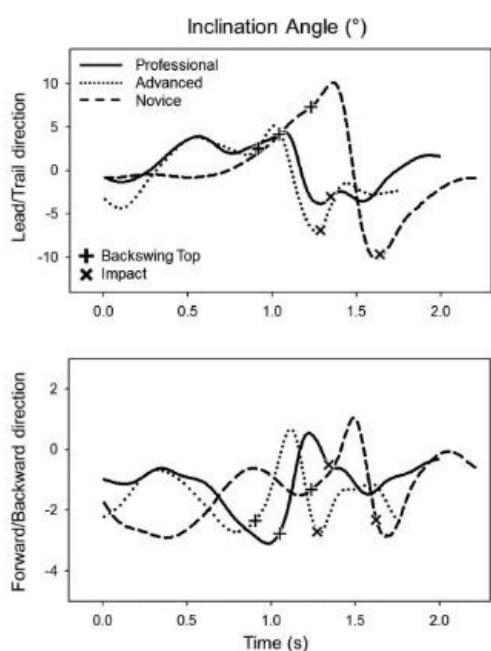
คิเนมาติกส์และคิเนติกส์ต่อความเร็วหัวไม้

รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อสร้างความเร็วของหัวไม้ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆของกลไกของร่างกายที่มีการทำงานประสานกัน ซึ่งจะมีอิทธิพลของตัวแปรทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์เข้ามาเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความเร็วของหัวไม้ ซึ่งอิทธิพลที่ว่านี้มีอยู่หลายตัวแปร อย่างไรก็ตามผู้เชี่ยวชาญจะขอกกล่าวถึงเฉพาะตัวแปรจากเครื่องมือที่ใช้วัดแรงปฏิกิริยาเป็นหลักเท่านั้น โดยผู้เชี่ยวชาญเห็นถึงความสำคัญในการขยายความเข้าใจบทบาททางอ้อมของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเร็วของหัวไม้

จากข้อมูลการศึกษาโดยรวมของความสัมพันธ์ระหว่างจุดศูนย์กลางมวลกับความเร็วของหัวไม้ระหว่างนักกอล์ฟที่มีทักษะสูง (ถนัดขวา) จะมีความแตกต่างกันในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวล (Weight transfer or COM trajectory) เมื่อเปรียบเทียบกับนักกอล์ฟที่มีทักษะน้อยกว่า โดยพบว่า นักกอล์ฟทักษะสูงมีการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลจะเกิดขึ้นก่อนโดยในขณะขึ้นแบ็คสวิงจะมีหมุนของลำตัว และในขณะดาวน์สวิงจะมีการหมุนของกระดูกเชิงกราน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้แสดงว่าจุดศูนย์กลางมวลมีการเคลื่อนที่จากเท้าหน้าไปสู่เท้าหลังในช่วงแบ็คสวิง และจุดศูนย์กลางมวลจะเคลื่อนที่กลับไปเท้าหน้าในช่วงดาวน์สวิง การเคลื่อนไหวของร่างกายโดยมีการถ่ายน้ำหนักลักษณะนี้อาจเป็นปัจจัยส่งเสริมให้สามารถควบคุมและส่งผลให้ความเร็วหัวไม้มีค่ามากขึ้น^{3,14,16} อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลในขณะดาวน์สวิงนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละระดับความสามารถเช่นกัน โดยที่กลุ่มนักกอล์ฟที่มีระดับความสามารถเดียวกันจะมีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเหมือนกัน แต่ถ้าต่างระดับความสามารถแล้วรูปแบบการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลจะมีความแตกต่างกัน⁶ ซึ่งรูปแบบของการเคลื่อนที่ในช่วงของการดาวน์สวิงไปสู่การเข้ากระทบลูก จะมี 2 รูปแบบ คือ การถ่ายน้ำหนักในลักษณะของการถ่ายเทไปสู่เท้าหน้า (Front foot style) และลักษณะของการถ่ายเทน้ำหนักไปสู่เท้าหลัง (Reverse style)³ ในกรณีนักกอล์ฟที่มีทักษะสูงขณะขึ้นแบ็คสวิง แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทิศทาง vertical จะมีค่าสูงในเท้าหลังและมีค่าต่ำในเท้าหน้า และแรงปฏิกิริยาในทิศทาง lateral จะมีค่าสูงในเท้าหน้าและมีค่าต่ำในเท้าหลัง และส่วนมากจะพบรูปแบบในลักษณะของการถ่ายเทน้ำหนักจากเท้าหลังไปสู่เท้าหน้าในช่วงของการดาวน์สวิง¹⁶ และนอกจากนี้ความเร็วของจุดศูนย์กลางแรงกด และระยะความกว้างของตำแหน่งแรงกดที่เปลี่ยนไปในขณะแบ็คสวิงถึงจังหวะกระทบลูกจะส่งผลต่อความเร็วของหัวไม้⁴ ดังนั้นแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาจากพื้น ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวล และระยะความกว้างของตำแหน่งแรงกดที่เปลี่ยนไป ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วของหัวไม้

จากความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยากับความเร็วของหัวไม้ตามข้อมูลที่ปรากฏมานั้น แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในตำแหน่งของเท้าทั้งสองข้างที่มีการสัมผัสอยู่กับพื้นตลอดเวลาในขณะการดาวน์สวิงจะเป็นแรงระหว่างผิวสัมผัสซึ่งจะมี

หน้าที่หลักในการประสานและสอดคล้องกันระหว่างเท้าทั้งสองข้างเพื่อควบคุมร่างกายโดยรวมและรักษาความสมดุลให้ร่างกายส่วนบนได้ทำงานให้มากที่สุด โดยทั่วไปแล้วนักกอล์ฟที่มีความเข้าใจและสร้างวงสวิงด้วยการยึดหลักการรักษาความสมดุลร่างกายเพื่อสร้างฐานที่มั่นคงในการรองรับการสวิงที่รุนแรงเป็นพื้นฐาน ดังนั้น การรักษาสมดุลจึงเป็นทักษะกลไกพื้นฐานของร่างกายสำหรับผู้ที่เล่นกีฬากอล์ฟ ดังกล่าวได้ว่า “ความสมดุลร่างกายที่ดี ประสิทธิภาพการสวิงย่อมดีตาม”⁷ ซึ่งในนักกอล์ฟทักษะดีจะมีความสามารถในการควบคุมความสมดุลได้ดี⁵ การควบคุมและรักษาความสมดุลร่างกายให้หลักพิจารณาจากการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์กลางมวล หรือตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแรงกดระหว่างเท้าทั้งสอง หรือความสัมพันธ์ของจุดศูนย์กลางมวลกับตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแรงกด³ (ภาพประกอบที่ 3)



ภาพที่ 3 มุมเส้นสมมุติที่เชื่อมระหว่างตำแหน่ง

COM -CoP กับเส้นอ้างอิงแนวตั้ง (Vertical line) โดยศึกษาจากระนาบด้านหน้า-หลัง และระนาบซ้าย-ขวา (frontal plane และsagittal plane) พบว่าขณะดาวน์สวิงนักกอล์ฟระดับมืออาชีพอาจจะควบคุมร่างกายได้ดีกว่ากลุ่มอื่น (ภาพล่าง) แหล่งที่มา: Choi, A., Sim, T., & Mun, J. H. (2016)

จากภาพประกอบที่ 3 เมื่อดูองศาการเปลี่ยนแปลงระหว่างเส้นสมมุติที่เชื่อมระหว่างตำแหน่ง COM - CoP กับเส้นอ้างอิงแนวตั้ง (Vertical line) ในช่วงจังหวะแบ็คสวิงถึงจังหวะกระทบลูก อธิบายได้ว่า

-ในระนาบหน้า-หลัง (Frontal plane) นักกอล์ฟอาชีพจะมีช่วงความกว้างขององศาการเปลี่ยนแปลงที่แคบ ซึ่งแสดงว่านักกอล์ฟอาชีพจะมีความสามารถในการควบคุมร่างกายระหว่างเท้าหน้า-เท้าหลัง ขณะดาวน์สวิงได้ดีกว่ากลุ่มอื่น (ภาพบน)

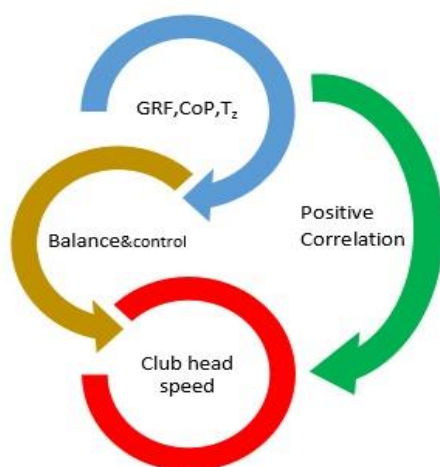
-ในระนาบซ้าย-ขวา (Sagittal plane) นักกอล์ฟอาชีพจะมีช่วงความกว้างขององศาการเปลี่ยนแปลงที่เข้าใกล้ศูนย์องศา (เส้นสมมุติที่เชื่อมระหว่างตำแหน่ง COM - CoP เข้าใกล้เส้นอ้างอิงแนวตั้ง) แสดงว่านักกอล์ฟอาชีพสามารถควบคุมร่างกายที่มีการโน้มตัวไปทางด้านหน้า และไปทางด้านหลัง ได้ดีกว่า

การควบคุมร่างกายหรือการควบคุมจุดศูนย์กลางมวลจะเป็นไปตามผลของการจัดระเบียบร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนไหวของร่างกาย และการจัดระเบียบนี้จะส่งผลต่อแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวสัมผัสของเท้าทั้งสองข้างในขณะการสวิง แรงปฏิกิริยาดังกล่าวจึงเปรียบเสมือนผลสะท้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายโดยรวม ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับผลของแรงปฏิกิริยาที่กระทำในแนวแกน Y (ทิศทาง Medial -lateral) ที่ควบคุมด้านซ้าย-ขวา ผลของแรงปฏิกิริยาที่กระทำในแนวแกน X (ทิศทาง Anterior -posterior) ที่ควบคุมด้านหน้า-หลัง และผลของแรงปฏิกิริยาที่กระทำในแนวแกน Z (ทิศทาง Vertical) ที่ควบคุมด้านบน-ล่าง ซึ่งผลของแรงทั้งสามทิศทางจึงเป็นสิ่งสำคัญ หรือในอีกลักษณะหนึ่งเราสามารถเรียกแรงลัพธ์ของแรงปฏิกิริยาเหล่านี้ได้ว่า แรงเบรค (Breaking force)

เมื่อผลของแรงผลักดันของแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและมีทิศทางสวนทางกับการเคลื่อนที่ และเรียกว่า แรงผลัก (Propulsive force) เมื่อผลของแรงผลักดันของแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและมีทิศทางไปทางเดียวกับการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น ในการวิ่ง ในช่วงจังหวะ initial contact phase จะเกิดแรงเบรคขึ้นในขณะที่เท้าหน้าวางลงบนพื้นสนาม ซึ่งทิศทางของแรงผลักดันมีทิศทางสวนทางกับการเคลื่อนที่ และในช่วง take off phase จะเกิดแรงผลักดันขึ้นในขณะที่เท้าหน้ากำลังจะพ้นพื้นสนาม ซึ่งทิศทางของแรงผลักดันมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ เป็นต้น ดังนั้น เมื่อพิจารณาในขณะการสวิงกอล์ฟ แรงทั้งสองชนิดดังกล่าวนี้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการควบคุมร่างกายให้อยู่ในภาวะสมดุลทั้งทางด้านหน้า-หลัง และทางด้านซ้าย-ขวา เพื่อให้กลไกการเคลื่อนไหวส่วนบนของร่างกายมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ขนาดแรงทอร์กที่เป็นแรงบิดหมุนจากเท้าแต่ละข้าง ซึ่งเกิดจากแรงปฏิกิริยาในแนวแกน X และแนวแกน Y ที่กระทำผ่านจุดหมุน (รอบแกน Z) ในขณะทำดาว์นสวิง จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการบิดหมุนของเท้าแต่ละข้างซึ่งเมื่อนำค่าแรงทอร์กสูงสุดไปเทียบกับน้ำหนักตัว (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม) เราจะได้ค่าที่เป็นดัชนีในการเปรียบเทียบความสามารถในการบิดหมุนของเท้าหน้าและเท้าหลังของนักกอล์ฟได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ผู้อ่านต้องแปลผลผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างบุคคลด้วยอย่างระมัดระวัง อันเนื่องมาจากผลของค่าแรงทอร์กที่ได้จะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการเคลื่อนไหวของเท้าของนักกอล์ฟแต่ละคนซึ่งมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน เช่น นักกอล์ฟบางคนใช้เท้าตามในการผลักและหมุนขณะการดาว์นสวิง แต่นักกอล์ฟบางคนมีเพียงแค่การถ่ายน้ำหนักระหว่างเท้าทั้งสองข้างเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปตามแนวความคิดของผู้เขียน รูปแบบการเคลื่อนไหวของนักกอล์ฟมีความแตกต่างกันในการสวิงซึ่งอาจถูกแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ 1) มาจากการใช้ร่างกายโดยรวมทั้งหมดประสานกัน (ขา สะโพก ลำตัว ไหล่ แขน มือ) 2) มาจากสะโพก ลำตัว ไหล่ แขน และมือ 3) มาจากไหล่ แขนและมือ ดังนั้นแรงทอร์กจะถูกนำมาเป็นปัจจัยก็ต่อเมื่อนักกอล์ฟมีกลไกการเคลื่อนไหวในลักษณะที่ใช้ร่างกายโดยรวมทั้งหมดประสานกันเท่านั้น ส่วนอีกสองลักษณะแรงทอร์กจะมีผลต่อน้อยลงกับกลไกการเคลื่อนไหว ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแรงทอร์กจากพื้นจะเป็นตัวต้านทานเพื่อให้เกิดการหมุนของร่างกาย ยิ่งเมื่อต้องการสร้างการหมุนร่างกายให้เร็วขึ้น แรงทอร์กจากพื้นย่อมต้องมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ร่างกายโดยรวมจะต้องมีลำดับการเคลื่อนไหวและช่วงจังหวะเวลาที่ถูกต้องด้วยเช่นกัน แต่ถ้าสิ่งดังกล่าวนี้ไม่ถูกต้อง แรงทอร์กที่มีย่อมจะไม่ส่งผลต่อกลไกการเคลื่อนไหวแต่อาจจะส่งผลต่อการบิดหมุนร่างกายส่วนล่างให้เคลื่อนที่ไปเร็วกว่าร่างกายส่วนบน ทำให้มีความผิดพลาดในจังหวะการเข้ากระทบลูกได้

บทบาทของแรงปฏิกิริยาจากพื้นกับการสร้างความสมดุลร่างกาย

จากข้อมูลดังที่กล่าวมาข้างต้น ^{1, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15} ผู้เขียนเสนอมุมมองที่ว่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นไม่ได้เป็นบทบาทโดยตรงที่ส่งผลต่อการสร้างความเร็วของหัวไม้ แต่แรงปฏิกิริยาจะเป็นปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนสร้างความสมดุลของฐานร่างกายเพื่อรองรับกลไกการเคลื่อนไหวในส่วนบนของร่างกายให้สามารถสร้างกำลังและสร้างความเร็วของหัวไม้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ บทบาทของแรงปฏิกิริยาจึงเป็นบทบาททางอ้อมซึ่งนักกอล์ฟหลายคนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และส่วนมากพยายามสร้างแรงปฏิกิริยาจากเท้าทั้งสองข้างให้มากขึ้นเพื่อคาดหวังให้ความเร็วของหัวไม้มากขึ้นตาม



ภาพที่ 4 รูปแบบความสัมพันธ์ทางอ้อมของตัวแปร

จากภาพประกอบที่ 4 แสดงให้เห็นถึง แรงปฏิกิริยา (GRF) จุดศูนย์กลางแรงกด (CoP) และแรงทอร์ก(T_2) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเร็วของหัวไม้ แต่ภายใต้ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ แรงปฏิกิริยา (GRF) และจุดศูนย์กลางแรงกด (CoP) จะมีบทบาทหลักต่อการควบคุมความสมดุลของร่างกายให้รองรับกลไกการทำงานของร่างกายอย่างเต็มที่เพื่อส่งผลต่อความสามารถในการสร้างความเร็วของหัวไม้

ดังนั้น ผู้เขียนจึงขยายความเพื่อสร้างความเข้าใจให้ชัดเจนถึงบทบาทของแรงปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความสมดุลร่างกายดังต่อไปนี้

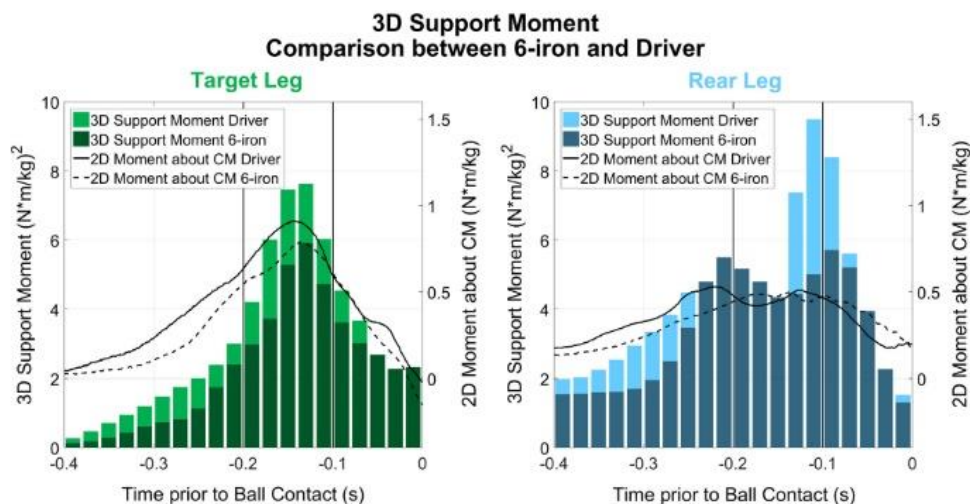
1. แรงปฏิกิริยาจากพื้น คือแรงสะท้อนกลับที่เกิดจากแรงกดของน้ำหนักร่างกายโดยรวมที่กระทำกับพื้นผ่านเท้าทั้งสองข้าง และมีหน้าที่ในการสร้างความสมดุลของโมเมนต์ระหว่างแรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับน้ำหนักร่างกายกับแรงของพื้นที่กระทำกับร่างกายผ่านจุดหมุนจากเท้าทั้งสองข้าง หมายความว่า จุด CoP ที่เกิดขึ้นกับเท้าแต่ละข้างคือระยะความกว้างของฐานร่างกาย เมื่อร่างกายมีการจัดระเบียบ น้ำหนักที่ตกลงด้วยแรงดึงดูดของโลกจะต้องอยู่ภายในระยะของฐานร่างกาย และทุกแรงที่กระทำผ่านจุดหมุน (จุด CoP ของเท้าใดเท้าหนึ่ง) จะต้องมียุทธศาสตร์ความสมดุลของโมเมนต์ทวนเท่ากับโมเมนต์ตามในระนาบหน้า-หลัง และระนาบซ้าย-ขวาเสมอ ร่างกายจึงจะสามารถสร้างภาวะสมดุลได้

2. แรงปฏิกิริยาขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหว (นักกอล์ฟที่ถนัดขวา) ในช่วงขณะแบ็คสวิงและช่วงขณะดาวน์สวิง เมื่อมีการจัดระเบียบร่างกายจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปเช่นกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งดังกล่าวนี้ ถ้าไม่มีแรงผลักและแรงเบรกจากพื้นสัมผัสระหว่างเท้าทั้งสองข้างของร่างกาย ร่างกายจะไม่สามารถควบคุมความสมดุลได้และเท้าทั้งสองข้างจะไม่สามารถเป็นหลักยึดให้กับร่างกายและจะมีการลื่นไถลอย่างไร้ทิศทาง โดยแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะมีบทบาทหน้าที่ดังต่อไปนี้

2.1 ในช่วงขณะเริ่มแบ็คสวิง แรงปฏิกิริยาในแนวแกน Y ซึ่งเกิดขึ้นในทิศทาง medial-lateral ของเท้าหน้า จะมีบทบาทเป็นแรงผลัก (propulsive force) และในเท้าตามจะมีบทบาทเป็นแรงเบรก (Breaking force) และจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเข้าสู่จังหวะการแบ็คสวิงสูงสุด ส่วนแรงปฏิกิริยาในแนวแกน X ซึ่งเกิดขึ้นในทิศทาง anterior-posterior ของเท้าทั้งสอง โดยปลายเท้าของเท้าหน้าจะมีบทบาทเป็นแรงผลัก (Propulsive force) และส้นเท้าของเท้าตามจะมีบทบาทเป็นแรงเบรก (Breaking force)

2.2 ในช่วงขณะดาวน์สวิงแรงปฏิกิริยาในแนวแกน Y ทำน้ำหนักจะมีบทบาทเป็นแรงเบรก (Breaking force) และเท้าตามจะมีบทบาทเป็นแรงผลัก (Propulsive force) และจะมีค่ามากขึ้นก่อนเข้าใกล้จังหวะกระทบลูก ส่วนแรงปฏิกิริยาในแนวแกน X ปลายเท้าของเท้าน้ำหนักจะมีบทบาทเป็นแรงผลัก (Propulsive force) และสันเท้าของเท้าตามจะมีบทบาทเป็นแรงเบรก (Breaking force) ¹¹

3. แรงลัพท์ของปฏิกิริยาของเท้าทั้งสองมาจากผลการรวมแรงปฏิกิริยาใน 3 ทิศทาง ซึ่งในแต่ละทิศทางจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการจัดระเบียบร่างกายเพื่อตอบสนองตามทิศทางการเคลื่อนไหวเป็นหลัก แรงปฏิกิริยาทั้ง 3 ทิศทางนี้ เมื่อถูกรวมเป็นแรงลัพท์ของปฏิกิริยาจะมีทิศทางของตัวมันเองในแต่ละขณะเวลา ซึ่งแรงลัพท์นี้จะเป็นตัวแทนของแรงจากทั้งสามทิศทางและถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างเท้าทั้งสองข้างหรือระหว่างนักกอล์ฟรายบุคคลในขณะการสวิง ซึ่งขนาดของแรงลัพท์ที่เกิดขึ้นของเท้าแต่ละข้างจะบอกได้ถึงขนาดของแรงที่กระทำกับเท้าของร่างกาย ณ ขณะเวลานั้น ๆ ของนักกอล์ฟแต่ละคน ว่ามีลักษณะการควบคุมการถ่ายเทน้ำหนักของร่างกายเป็นไปอย่างไร และนอกจากนี้แรงทอร์กที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของเท้าแต่ละข้างแสดงถึงปริมาณแรงบิดหมุนของเท้าที่กระทำกับพื้น และแรงทอร์กส่งผลต่อเนื่องไปสู่โมเมนต์ของข้อต่อ โดยเริ่มจากข้อเท้า ข้อเข่าและข้อสะโพก ซึ่งข้อต่อในแต่ละข้อจะทำหน้าที่แตกต่างกัน โดยหน้าที่ของข้อเท้าจะทำหน้าที่เพื่อการเคลื่อนไหว (Ankle joint mobility) ข้อต่อที่ข้อเข่าจะทำหน้าที่สร้างความมั่นคง (Knee joint stability) และข้อต่อที่ข้อสะโพกจะทำหน้าที่เพื่อการเคลื่อนไหว (Hip joint mobility) ^{1,9} ซึ่งในนักกอล์ฟขณะการดาวน์สวิงนับว่าเป็นช่วงที่ต้องการสร้างความเร็วของหัวไม้ให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักกอล์ฟเลือกใช้หัวไม้เบอร์หนึ่งในการตี พบว่า โมเมนต์ข้อต่อที่ข้อเข่าจะมีปริมาณมากกว่าข้อสะโพกและข้อเท้าตามลำดับ และเท้าน้ำหนักจะมีโมเมนต์เกิดขึ้นมากกว่าเท้าตาม ¹⁵



ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบโมเมนต์เพื่อควบคุมร่างกาย ใน 3 ทิศทาง ระหว่างเท้าหน้า (Target leg) กับเท้าตาม (rear leg) ด้วยการตีด้วยหัวไม้หนึ่งเปรียบเทียบกับเหล็กเบอร์ 6 แหล่งที่มา: Peterson & McNitt-Gray, 2018

จากภาพประกอบที่ 5 แสดงให้เห็นว่าโมเมนต์การควบคุมในส่วนล่างของร่างกาย เมื่อนักกอล์ฟเลือกใช้หัวไม้หนึ่ง (driver) ในการตีจะมีโมเมนต์มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงเข้าใกล้จังหวะกระทบลูก และค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจะมีมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้เหล็กเบอร์ 6 โดยพบโมเมนต์มากที่สุดที่ข้อเข่า ¹⁵ ทั้งนี้เนื่องมาจากการตีด้วยหัวไม้หนึ่งจะต้องใช้การค้ำยัน รักษาความมั่นคงของข้อต่อระหว่างกระดูกขาหน้าบนและขาหน้าล่างให้ยังคงอยู่ในแนวตำแหน่งเดิมเพื่อการรับน้ำหนักคงสภาพเหมือนในสภาวะตามปกติและรักษาสมดุล ซึ่งมาจากเท้าหน้าเป็นหลัก และในช่วงการดาวน์สวิงที่ใกล้ถึงจังหวะ

การกระทบลูก ร่างกายจะมีการถ่ายน้ำหนักและหมุนเข้าหาตำแหน่งของเท้านำ บทบาทเท้านำจึงทำหน้าที่เป็นจุดค้ำยันหลัก รักษาความมั่นคง และควบคุมร่างกายโดยรวมทั้งหมด และด้วยหน้าที่ของข้อต่อแต่ละข้อ ที่ต้องมีหน้าที่เพื่อการเคลื่อนไหว (Joint mobility) และการสร้างความมั่นคง (Joint stability) นั้น จึงต้องอยู่ภายใต้การควบคุมการเคลื่อนไหวบนพื้นฐานของการสร้างความสมดุลโมเมนต์ของข้อต่อ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะก่อให้เกิดความสมดุลของฐานร่างกายที่มั่นคงหรือไม่เสียสมดุลการทรงตัว ไม่มีอาการเอียง ไม่มีอาการเซ หรือทำตามหลุดออกจากตำแหน่งและก้าวมาข้างหน้าเพื่อมารับน้ำหนักและป้องกันการล้มที่จะเกิดขึ้นได้ ดังนั้น ด้วยข้อมูลดังกล่าวนี้จึงสนับสนุนบทบาทของแรงปฏิกิริยาเป็นปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนสร้างความสมดุลของฐานร่างกายเพื่อรองรับกลไกการเคลื่อนไหวในส่วนบนของร่างกายให้สามารถสร้างกำลังและสร้างความเร็วของหัวไม้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ^{11, 13, 14, 15} เมื่อร่างกายมีฐานของความสมดุลในขณะการดาวน์สวิง ผลที่เกิดขึ้นของประสิทธิภาพของกลไกการเคลื่อนไหวในส่วนบนของร่างกายจึงทำให้สามารถสร้างความเร็วของหัวไม้ได้มากขึ้นตามมา

4. การเคลื่อนไหวร่างกายระหว่างการสวิงกอล์ฟถือเป็นรูปแบบการเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotational movement) เป็นหลัก มากกว่าการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น (Translational movement) ทั้งนี้โดยพิจารณาจากการเคลื่อนไหวของสะโพก ลำตัว ไหล่ แขน มือและไม้กอล์ฟ ซึ่งจะมีการหมุนรอบแกนตามแนวยาวของรยางค์นั้น ๆ เพื่อให้การเคลื่อนไหวมีจุดศูนย์กลางการหมุน ดังนั้น กำลังโดยรวมจึงมาจากการหมุน^{8, 17, 18} กำลังส่วนใหญ่มาจากสะโพก¹⁰ และมีการถ่ายเทพลังงานจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของร่างกายตามหลักการคิเนติกส์ลิงค์ (Kinetic link) ซึ่งลำดับการเคลื่อนไหวร่างกายเริ่มจากส่วนต้นไปยังส่วนปลาย (Proximal to distal) โดย เริ่มจากสะโพกไปลำตัว ไหล่ แขน มือและหัวไม้เป็นส่วนปลายสุด ในขณะการเคลื่อนไหวนี้แต่ละส่วนของร่างกายจะมีการสร้างโมเมนต์ตัมเชิงมุม (ซึ่งมาจากการหมุน) และโมเมนต์ตัมเชิงเส้น (ซึ่งมาจากการเคลื่อนที่แนวเชิงเส้น) รวมกันไป ซึ่งผลของโมเมนต์ตัมในแต่ละส่วนที่เกิดขึ้นนี้จะถ่ายเทโมเมนต์ตัมจากส่วนต้นต่อเนื่องไปสู่ปลายสุดที่หัวไม้เพื่อผ่านไปสู่ลูกกอล์ฟ และด้วยลักษณะการเคลื่อนไหวที่มีรูปแบบการเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นหลักตามข้อมูลข้างต้น พลังงานจากโมเมนต์ตัมเชิงมุมจึงเป็นที่สำคัญของกลไกในการดาวน์สวิง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับโมเมนต์ตัมที่เกิดขึ้นในทักษะการเสิร์ฟของนักเทนนิสแล้ว พบว่าจะมีลักษณะการเคลื่อนไหวที่ใกล้เคียงกัน (วงรอบของการเสิร์ฟเทนนิส การเคลื่อนที่ของแร็กเกตจะเน้นจากล่างขึ้นไปกระทบลูกด้านบน แต่วงรอบของกอล์ฟ การเคลื่อนที่ของหัวไม้จะเน้นจากบนลงมากระทบลูกด้านล่าง) โดยในช่วงขณะหัวแร็กเกตต่ำสุดถึงช่วงขณะแร็กเกตกระทบลูกเทนนิส จะเป็นช่วงที่ร่างกายกำลังเคลื่อนไหวเพื่อนำแร็กเกตเข้ากระทบลูก²

จากข้อมูลที่ผู้เขียนได้นำเสนอมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า พื้นฐานของแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่เกิดขึ้นในขณะดาวน์สวิงไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อความเร็วของหัวไม้ แต่แรงปฏิกิริยาจากพื้นและแรงทอร์คจะเป็นปัจจัยสนับสนุนทางอ้อมที่สำคัญของการสร้างสมดุลและรักษาความมั่นคงในส่วนรยางค์ขาของร่างกายเพื่อให้รากฐานมั่นคง จากนั้นส่วนบนของร่างกายสามารถสร้างกำลังและเกิดการถ่ายเทพลังงานจากส่วนต้นไปส่วนปลายของร่างกายจนกระทั่งไปถึงปลายสุดที่หัวไม้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. Anonymous. The importance of flexibility, mobility, and stability in the golf swing. 2019 April 24. Available from ; <https://toddmarshtfitness.com/flexibility-mobility-and-stability-in-the-golf-swing/>
2. Bahamonde RE. Changes in angular momentum during the tennis serve. J Sports Sci . 2000;18(8):579-92.

3. Ball KA, Best R. Golf styles and centre of pressure patterns when using different golf clubs. *J Sports Sci.* 2011;29(6):587-90.
4. Ball KA, Best RJ. Different centre of pressure patterns within the golf stroke II: Group-based analysis. *J Sports Sci.* 2007;25(7):771-9.
5. Choi A, Sim T, Mun JH. Improved determination of dynamic balance using the centre of mass and centre of pressure inclination variables in a complete golf swing cycle. *J Sports Sci.* 2016;34(10):906-14.
6. Choi A, Kang TG, Mun JH. Biomechanical Evaluation of Dynamic Balance Control Ability During Golf Swing. *J Med Biol Eng.* 2016;36(3):430-9.
7. Hrysomallis C. Balance Ability and Athletic Performance. *Sports Medicine.* 2011;41(3):221-32.
8. Joyce C, Burnett A, Cochrane J, Ball K. Three-dimensional trunk kinematics in golf: between-club differences and relationships to clubhead speed. *Sports Biomech.* 2013;12(2):108-20.
9. Kellie Davis. What's the Difference and Why Are They Important. 2015 September 30. Available from ;<https://www.fix.com/blog/flexibility-mobility-stability/>
10. McNally MP, Yontz N, Chaudhari AM. Lower Extremity Work Is Associated with Club Head Velocity during the Golf Swing in Experienced Golfers. *Int J Sports Med.* 2014;35(9):785-8.
11. McNitt-Gray JL, Munaretto J, Zaferiou A, Requejo PS, Flashner H. Regulation of reaction forces during the golf swing. *Sports Biomech.* 2013;12(2):121-31.
12. Meardon SA, Derrick TR. Effect of step width manipulation on tibial stress during running. *J Biomech.* 2014;47(11):2738-44.
13. Nott CR, Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA. All joint moments significantly contribute to trunk angular acceleration. *J Biomech.* 2010;43(13):2648-52.
14. Okuda I, Gribble P, Armstrong C. Trunk Rotation and Weight Transfer Patterns between Skilled and Low Skilled Golfers. *J Sci Med Sport.* 2010;9(1):127-33.
15. Peterson TJ, McNitt-Gray JL. Coordination of lower extremity multi-joint control strategies during the golf swing. *J Biomech.* 2018;77:26-33.
16. Queen RM, Butler RJ, Dai B, Barnes CL. Difference in Peak Weight Transfer and Timing Based on Golf Handicap. *J Strength Condit Res.* 2013;27(9):2481-6.
17. Shan G, Zhang X, Li X, Hao W, Witte K. Quantification of Golfer-club Interaction and Club-type's Affect on Dynamic Balance during a Golf Swing. *Int J Perform Anal Sport.* 2011;11(3):417-26.
18. Sinclair J, Currigan G, Fewtrell DJ, Taylor PJ. Biomechanical correlates of club-head velocity during the golf swing. *Int J Perform Anal Sport.* 2014;14(1):54-63.
19. Smith A, Roberts J, Wallace E, Forrester S. Professional golf coaches' perceptions of the key technical parameters in the golf swing. *Procedia Engineering.* 2012;34:224-9.