

## การออกแบบสร้างและศึกษาถึงคุณสมบัติของกล้ามเนื้อเทียมที่ผลิตจากยาง Design and Construction of Rubber Pneumatic Artificial Muscles

สถาพร ลักษณะเจริญ<sup>1</sup> สุนทร วงษ์ศิริ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถ.พิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร 0-29132500 x 8312 โทรสาร 0-25869541 E-mail: STL@kmitnb.ac.th<sup>1</sup>

<sup>2</sup>ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90110

โทร 074-451601 โทรสาร 074-212-915 E-mail: joesunton@yahoo.com<sup>2</sup>

Sathaporn Laksanacharoen<sup>1</sup> Sunton Wongsiri<sup>2</sup>

Mechanical Engineering Department

<sup>1</sup>King Mongkut's Institute's of Technology North Bangkok

1518 Piboolsongkram Rd, Bangsue, Bangkok 10800

Tel 02-913-2500 x 8312 Fax 02-586-9541 E-mail: STL@kmitnb.ac.th<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Orthopaedics Surgery Department

Prince of Songklanakarin University Hatyai Songkla 90110

Tel 074-451601 Fax 074-212-915 E-mail: joesunton@yahoo.com<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการออกแบบ และสร้างกล้ามเนื้อเทียมโดยใช้ยางเป็นส่วนประกอบ โดยกล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้นนี้มีลักษณะการทำงานโดยแรงดึงคล้ายกับใน กล้ามเนื้อของมนุษย์หรือกระบอกสูบที่ทำงานทางเดียว เมื่อมีอากาศอัดจ่ายเข้าไปในกล้ามเนื้อเทียมอัน ความยาวตามแนวแกนหดสั้นลง และระยะแนวรัศมีเพิ่มสูงขึ้นซึ่งทำให้เกิดแรงดึงขึ้นที่ปลายทั้งสองด้าน ในงานวิจัยนี้ นอกจากจะทำการออกแบบสร้างแล้ว ยังจะศึกษาถึงความ สามารถของแรงดึง และระยะหดตัวตามแนวแกนของกล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้นด้วย ในงานวิจัยนี้จะแบ่งวิธีการวิจัยเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือ การออกแบบและสร้างกล้ามเนื้อเทียมที่ทำจากยางพารา ส่วนที่สองเป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติของกล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้น ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้สามารถที่จะสร้างชุดขับเคลื่อนแบบกล้ามเนื้อเทียมที่ผลิตจากยาง ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านวิศวกรรม เช่นใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเชิงเส้น หรือ งานทางด้านทางการแพทย์เพื่อใช้ในการช่วยการเคลื่อนไหวของข้อศอก หรือ หัวเข่า เป็นต้น

### Abstract

The purpose of this research work is to design and construct the rubber artificial muscles. They are basically a tension actuator similar to human muscle or a single acting pneumatic cylinder. When the artificial muscle was inflated by the compressed air, its length gets shorten and the circumference gets expanded. This cause the tension on both ends. This research work will be set up to study the tensile force and lateral displacement of the rubber artificial muscle. This research work is divided into two sections, first is to design and construct the rubber artificial muscle, second is to study the muscle properties. This rubber artificial muscle will benefit in terms of the engineering that it can be used as a linear pneumatic actuator or biomedical purpose such as elbow or knee motion assistant apparatus.

## 1. บทนำ

ประเทศไทยได้มีผลผลิตยางพารา มากมายในแต่ละปี งานวิจัยและพัฒนาทางด้านยางพาราในประเทศไทย ยังมีความต้องการอีกสูง อีกทั้งยางพาราได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เช่น ในภาคอุตสาหกรรม ใช้ในงานอุตสาหกรรมยางรถยนต์ ใช้ในงานแพทย์เช่นในการทำถุงมือยาง หรือแม้กระทั่งใช้ในเครื่องประดับทำดอกไม้ประดิษฐ์จากยางพารา เป็นต้น จากตัวอย่างที่กล่าวมา พบว่า ยางพารา มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาดัดแปลง ใช้สอยกับงานได้หลายประเภท จึงได้มีแนวคิดที่จะ นำยางพารา นี้ มาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านวิศวกรรม

งานทางด้านวิศวกรรมนั้นส่วนใหญ่ มักจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ขับเคลื่อน และเมื่อกล่าวถึงอุปกรณ์ ขับเคลื่อนโดยทั่วไปมักกล่าวถึงมอเตอร์ หรือ ชุดขับเคลื่อน หรือ ไฮดรอลิก อุปกรณ์ดังกล่าวมักมีน้ำหนักสูงและราคาแพง อีกทั้งยังมีความจำเป็นต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ ในลักษณะงานบางประเภทต้องการการเคลื่อนที่ที่คล้าย ตามแนวเส้นตรง จึงได้มีแนวคิด ที่สร้างชุดขับเคลื่อนที่มีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายกับกล้ามเนื้อของมนุษย์ ซึ่งก็ได้มีงานวิจัย จากทั่วโลก เช่น ที่ ประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา ได้ มีการ คิดค้นและพัฒนา กล้ามเนื้อเทียมนี้ขึ้น ด้วยลักษณะเด่นคือ มีน้ำหนักเบา และ สามารถให้แรงดึงได้สูง เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วน ระหว่าง แรงกับ น้ำหนักตัวเอง

งานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและการนำมาประยุกต์ใช้งานของ ยางพารา ที่ผลิตในประเทศไทย มาประดิษฐ์เป็น กล้ามเนื้อเทียม อันสามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการแรงดึง เช่นในงานของกระบอกสูบนิวแมติกส์

## 2. ผลงานวิจัยที่มีมาก่อน

ในการศึกษาและวิจัยการสร้างชุดขับเคลื่อนกล้ามเนื้อเทียม นั้น ได้มีการคิดค้นริเริ่มเกิดขึ้นเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1950 โดย Gaylord [5] และต่อมา นายแพทย์ McKibben ได้นำมาประดิษฐ์ใช้เป็น เครื่องช่วยเหลือผู้ป่วย โปลิโอ ให้สามารถช่วยขยับ เคลื่อนไหว มือ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งในบางครั้งเรียกกล้ามเนื้อเทียมนี้ว่า McKibben Artificial Muscles หรือ กล้ามเนื้อเทียม McKibben

โดยการออกแบบเบื้องต้นนั้นของ นายแพทย์ McKibben นั้น เป็นการออกแบบอย่างง่าย ๆ โดยใช้ ท่อยางอยู่ภายใน ห่อหุ้มด้วยเปลือกถักเป็นลักษณะคล้ายเกลียวห่อหุ้มอยู่ภายนอก โดย กล้ามเนื้อเทียมนี้ จะถูกปิดที่ปลายทั้งสองด้าน โดยปลายด้านหนึ่งใช้ยึดกับส่วนที่ต้องการให้เคลื่อนที่ ส่วนอีกปลายยึดติดอยู่กับที่ และมีท่อเพื่อให้อากาศอัดเข้า เมื่อมี อากาศ อัด เข้าไปใน ท่อยางที่บรรจุอยู่ภายใน จะทำการขยายตัว ออก สัมผัสกับ ด้วย เปลือกห่อหุ้มถักภายนอก ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ขยายตัวตามยาว ดังนั้นท่อยางภายในที่ได้รับอากาศอัด ทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นขยายตัวโป่งออก จึงบีบบังคับให้ มีการขยายตัวออกด้านข้าง และทำให้ระยะความยาว นั้นสั้นลง หรืออีกนัยหนึ่ง คือทำให้เกิดแรงดึงขึ้น ถ้าที่ปลายด้านหนึ่ง ต่อกับกลไกอื่น ด้วยคุณสมบัตินี้เอง ทำให้ กล้ามเนื้อเทียมนี้ มีความยืดหยุ่นคล้ายกันกับสปริง แต่ค่าคงที่ความยืดหยุ่น มีได้แปรผัน เป็นเส้นตรงคล้ายในสปริง ทั้งนี้เพราะ ประกอบไปด้วยยาง ที่ยืดหยุ่นแบบไม่เป็นเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม

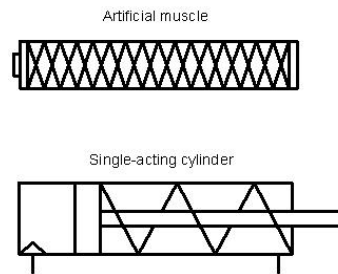
ชุดขับเคลื่อน หรือ กล้ามเนื้อเทียมนี้ ยังมีน้ำหนักเบา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดขับเคลื่อนอื่น ๆ [2,3,7]

และต่อมา บริษัท Bridgestone ประเทศญี่ปุ่น ได้ นำไปทำการวิจัยค้นคว้าต่อ โดยทำการทดลองขึ้น โดยใช้ กล้ามเนื้อเทียม เป็นชุดขับเคลื่อนกลไกที่ 3 โดยทำการติดตั้ง กล้ามเนื้อเทียม สองด้านตรงข้ามกัน เพื่อขับเคลื่อนกลไกการเคลื่อนที่ในการหมุน 1 องศา [1] ซึ่งจุดเด่นของ ชุดขับเคลื่อนกล้ามเนื้อเทียมนี้ คือมีน้ำหนักเบา แต่สามารถยกน้ำหนักได้สูงกว่า 10 เท่า ของน้ำหนักตัวเอง ซึ่งต่อมาทางบริษัท Bridgestone และงานวิจัยอื่นอีก ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ [8]

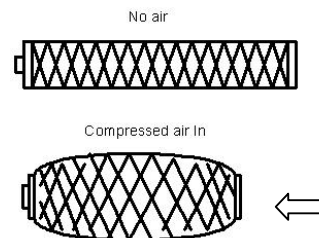
ในปัจจุบันก็ได้มีหลายบริษัทได้ทำการค้นคว้าวิจัย ออกแบบสร้างกล้ามเนื้อเทียม เช่น บริษัทเฟสโต้ [4], บริษัท The Shadow Robot [6] ได้มีการค้นคว้าวิจัย และ ผลิตขาย กล้ามเนื้อเทียมนี้ขึ้น ซึ่งอย่างไรก็ตาม ก็ยังมีราคาสูง งานวิจัยได้มีแนวคิดที่จะนำเอายางพาราที่ผลิตได้ในประเทศไทยมาประยุกต์สร้างกล้ามเนื้อเทียมนี้ขึ้น

## 3. การออกแบบ

การออกแบบเบื้องต้นของงานวิจัยนี้ ได้ใช้ หลักเกณฑ์ คล้ายกับของ นายแพทย์ McKibben คือ ใช้ท่อยางเป็นส่วนอยู่ภายใน เพื่อให้มีการขยายตัวเมื่อมีอากาศอัด และ เปลือกถักหุ้มอยู่ภายนอก เพื่อจำกัดการขยายตัว มิให้เกิดการแตกกระเปาะของยาง



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเทียม คล้ายคลึงกับในกระบอกสูบทางเดียว



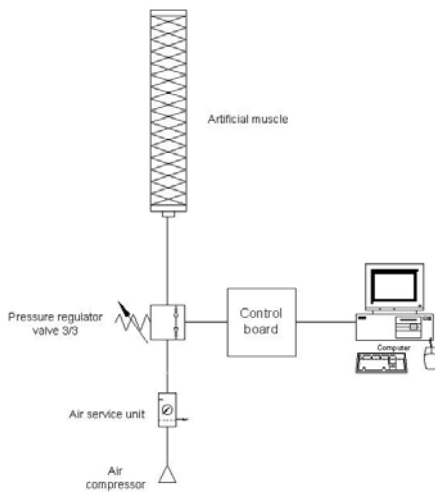
รูปที่ 2 แสดงการทำงานของกล้ามเนื้อเทียม

โดยมีข้อแตกต่างคือ เปลือกหุ้มภายนอก มีคุณสมบัติที่เหนียวทนกว่า รูปที่ 1 แสดงลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเทียม และในรูปที่ 2

แสดง การทำงานของกล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้น โดยรูปบน เมื่อยังไม่มีอากาศอัด และ รูปด้านล่างเมื่อมีอากาศอัด เข้าไป ในกล้ามเนื้อเทียม โดยขนาดของกล้ามเนื้อเทียมนี้ มีขนาดความยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง วัดที่ เปลือกหุ้มด้านนอกประมาณ 12.7 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักเพียง 19 กรัม ไม่นับรวมกับอุปกรณ์ ข้อต่อ สายลมที่มาต่อด้วย

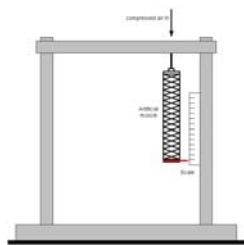
#### 4. วิธีการวิจัย

ในการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของ กล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้นนี้ ได้ มีการจัดทำ ชุดทดสอบเพื่อทำการเก็บค่าคุณสมบัติของกล้ามเนื้อเทียม โดยมีวิธีการจัดวางเครื่องมือดังรูปที่ 3 อันประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์ต่อกับ ชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลอะนาล็อก เพื่อ ส่งไปยัง วาล์วควบคุมการจ่ายลมให้กับ กล้ามเนื้อเทียม

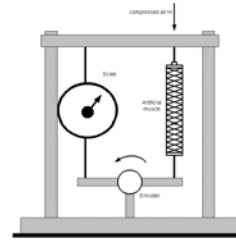


รูปที่ 3 แสดงการจัดวางเครื่องมือควบคุม

โดยการวัดการเคลื่อนที่เชิงเส้นเมื่อไม่มีภาระโหลดแสดงดังรูปที่ 4



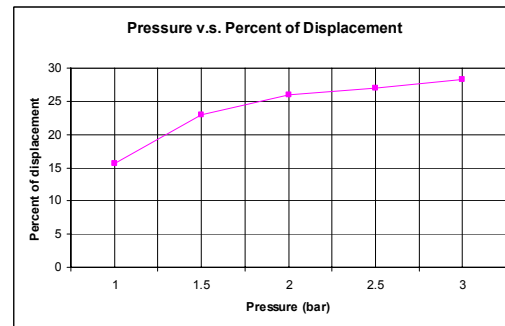
รูปที่ 4 แสดงการวัดการเคลื่อนที่เชิงเส้นของกล้ามเนื้อเทียม



รูปที่ 5 แสดงการวัดแรงดึงของกล้ามเนื้อเทียม

#### 5. ผลการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่า เมื่อมีการจ่ายอากาศอัด เข้าไปในกล้ามเนื้อเทียม จะมีการขยายตัวตามแนวเส้นรอบวง ทำให้เกิดการหดตัวตามแนวยาว โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของอากาศอัดที่จ่ายเข้ากับกล้ามเนื้อเทียมเทียบกับเปอร์เซ็นต์การหดตัวที่เกิดขึ้นตามแนวยาวแสดงดังรูปที่ 6 พบว่าที่ความดัน 3 บาร์ เป็นความดันสูงสุดที่กล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้นวัดได้ เนื่องจากมีการเสียหายที่จุดข้อต่อตรงปลายทั้งสองข้างของกล้ามเนื้อเทียม ทำให้ ภายนอกหลุดออกจากเปลือกกักหุ้มอยู่ภายนอก อนึ่ง การทดสอบครั้งนี้ ยังประสบปัญหาเมื่อทดลองเพื่อวัดค่าแรงดึงของกล้ามเนื้อเทียม ข้อต่อตรงปลาย ก็ประสบปัญหาภายนอกในแยกออกจาก เปลือกกักหุ้มภายนอกเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามยังสามารถ วัดค่าแรงดึงก่อนที่จะประสบปัญหาได้ ประมาณ 70 นิวตัน



รูปที่ 6 กราฟแสดงความดัน กับ เปอร์เซ็นต์การหดตัวของกล้ามเนื้อเทียม

#### 5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเบื้องต้น ของการออกแบบสร้างกล้ามเนื้อเทียม และศึกษาคุณสมบัติของกล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้น ซึ่งได้ประสบกับปัญหาหลายประการเมื่อทำการวัดที่ความดันอากาศอัดเกินกว่า 3 บาร์ กล้ามเนื้อเทียมที่สร้างขึ้นนี้ ได้มีการหลุดแยกส่วนประกอบออกจากกัน ประกอบกับเมื่อทดสอบวัดแรงดึง ก็ประสบปัญหาเดียวกัน ซึ่งปัญหานี้ ควรจะทำการแก้ไขต่อไปในการสร้างกล้ามเนื้อเทียมนี้ อย่างไรก็ตาม เราคำนวณถึง อัตราส่วนโดยประมาณ

ของแรงต่อน้ำหนักของกล้ามเนื้อเทียมนี้ ได้สูงถึงประมาณ 3000 นิวตัน ต่อกรัม อันนับว่าเป็นจุดสำคัญที่ควรมีการพัฒนาปรับปรุง ออกแบบสร้างกล้ามเนื้อเทียมนี้ต่อไป

## 6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ผู้ช่วยงานวิจัยนี้ ได้แก่ นายธนเศรษฐ์ สำเนียง นายชัยยุทธ ศรีจะบก และ นายอำนาจ อิ่มเจริญ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ช่วยเหลืองบประมาณ บางส่วนในงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Inoue K (1988) Rubberactuators and applications for robots. Robotics Research: the 4<sup>th</sup> International symposium, Bolles, R, Roth B (eds). MIT Press, Cambridge, Mass
- [2] Hannaford B and Winters J M (1990) Actuator properties and movement control: biological and technological models. In: Multiple muscle systems, Winters, J, Woo S (eds). Springer-Verlag, New York
- [3] Chou, Ching-Ping and Hannaford B. "Static and Dynamic Characteristics of McKibben Pneumatic Artificial Muscles." ICRA 1994 pp 281-286.
- [4] Festo Company (2002) <http://www.festo.com>
- [5] Gaylord, R. H. , Fluid actuated motor system and stroking device. U.S. Patent2, 844,126, July 22, 1958.
- [6] The Shadow Robot Company Ltd, <http://www.shadow.org.uk>
- [7] Klute, G. K., Czerniecki, J. M., and Hannaford, B. McKibben Artificial Muscles: Pneumatic Actuators with Biomechanical Intelligence, Proc. Of the IEEE/ASME 1999 Int. Conf. On Advanced Intelligent Mechatronics, Atlanta, GA. 1999
- [8] Laksanacharoen, S. Pollack, A. J. Nelson, G. M. Quinn, R. D. and Ritzmann, R. E. " Biomechanics and Simulations of Cricket for Microrobot Design ", IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, USA, April 24-28, 2000