

ชีวกลศาสตร์คลินิก



รศ.นพ.เทอดชัย ชีวะเกตุ

ชีวกลศาสตร์คลินิก

รศ.นพ.เทอดชัย ชีวะเกตุ

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2565

ชีวกกลศาสตร์คลินิก

ISBN 978-616-577-366-9

โดย รศ.นพ.เทอดชัย ชีวะเกตุ

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2564

พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2565

จำนวนพิมพ์ 300 เล่ม

ราคาเล่มละ 400 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

เทอดชัย ชีวะเกตุ.

ชีวกกลศาสตร์คลินิก.-- เชียงใหม่ : เวียงบัวการพิมพ์, 2565.

176 หน้า.

1. การเคลื่อนไหวของมนุษย์.

I. ชีวกกลศาสตร์ คลินิก.

612.04

ISBN 978-616-577-366-9

ปก: ดร.ทิพาภรณ์ เยสุวรณ์

จัดรูปเล่ม: ดร.ทิพาภรณ์ เยสุวรณ์

พิมพ์ที่: บริษัท สุเทพการพิมพ์แอนดมีเดีย จำกัด
50/9 ถ.หัตถิเสวี ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300
โทรศัพท์ 0 5321 8976 โทรสาร 0 5340 4372
E-mail : suthepbestprint@gmail.com

คำนิยม

ผมรู้จัก รศ.นพ.เทอดชัย ชีวะเกตุ ในฐานะเพื่อนรุ่นน้องของผมมานานกว่า 60 ปี จึงทราบดีว่าคุณหมอเทอดชัย เป็นคนดีมาก ไม่เอาเปรียบคนอื่น เรียบเก่ง ตั้งใจทำงานเพื่อให้ผลงานออกมาดีที่สุด หลังจบแพทย์ ผมได้ติดต่อให้หมอ “เทอดชัย” มาเป็น Resident กับผมที่ North Western University Chicago Illinois U.S.A ต่อมาหมอเทอดชัย ย้ายไปอยู่ที่ U. Illinois ภาย หลังเราได้ Cert. Am. Board of PM&R กลับมาเมืองไทยผมอยู่ที่คณะแพทยศาสตร์ จุฬาฯ หมอเทอดชัย อยู่ที่ ม.เชียงใหม่ ต่อมา หมอเทอดชัยจึงสอบผ่านได้ Thai Board of Orthopedics ด้วย และเป็นหัวหน้าภาควิชา Orthopedics ที่ ม.เชียงใหม่

ในระยะหลังหมอเทอดชัย ได้มาทำงานให้ สมเด็จพระเจ้า “ที่มูลนิธิขาเทียม” ช่วงนี้เอง หมอเทอดชัย ได้แสดงความสามารถพิเศษ ในการทำขาเทียม จากขวดพลาสติกและเศษอลูมิเนียม ทำให้ได้ขาเทียมในราคาต่ำมาก ส่งผลให้คนพิการในประเทศไทยมีขาเทียมใช้อย่างทั่วถึง เพราะส่วนใหญ่ยกทีมไปทำขาเทียมนี้ให้ฟรีกับประชาชนคนยากจนทั่วประเทศและต่างประเทศ ทางราชวิทยาลัยเวชศาสตร์ฟื้นฟู ส่งแพทย์ประจำบ้านไปช่วยทุกที่ นอกจากนี้ยังคิดประดิษฐ์ส่วนประกอบของขาเทียมอีกหลายชิ้น

ฉะนั้น การที่คุณหมอเทอดชัย ได้เขียนตำราเรื่อง “ชีวกลศาสตร์คลินิก” จึงเป็นการเขียนจากทั้งตำราและประสบการณ์ที่ทำงานเกี่ยวกับข้อกระดูก และกล้ามเนื้อมาแล้ว จึงทำให้ตำราเล่มนี้มีความสมบูรณ์ อ่านเข้าใจง่าย และเป็นตำราเล่มแรกในเรื่องนี้ที่เป็นภาษาไทย สามารถใช้เป็นตำราที่แพทย์ทั่วไปจะสามารถพึ่งพาได้

ในฐานะอดีตประธานราชวิทยาลัยเวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย และอดีต นายกสมาคมเวชศาสตร์ฟื้นฟู ขอแสดงความยินดีและขอบคุณที่คุณหมอเทอดชัย ที่ได้เขียนตำราเล่มนี้เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์เป็นอย่างยิ่ง

ศาสตราจารย์กิตติคุณ นายแพทย์เสก อักษรานุเคราะห์

ผู้อำนวยการศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู สภากาชาดไทย

7 ธันวาคม 2563

คำนิยม

การเรียนรู้เรื่อง ชีวกลศาสตร์ของร่างกายมนุษย์จะได้ความรู้พื้นฐานที่แพทย์โดยเฉพาะ ศัลยแพทย์ออร์โธปิดิกส์นำไปประยุกต์ให้การรักษาโรคหรือการบาดเจ็บที่กระดูกและข้อได้เป็นอย่างดี ซึ่งย่อมจะเป็นผลดีต่อผู้ป่วยอย่างแน่นอน ตำราเล่มนี้ นิพนธ์โดย รองศาสตราจารย์ น.พ.เทอดชัย ชีวะเกตุ ซึ่งผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์ และเวชศาสตร์ฟื้นฟู ที่สถาบันมีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ และยังได้ให้การสอนการอบรมในสาขาออร์โธปิดิกส์ เวชศาสตร์ฟื้นฟู และกายอุปกรณ์ตลอดมา อาจารย์มีความสนใจในชีวกลศาสตร์ ซึ่งความรู้ด้านนี้เป็นพื้นฐานของการศึกษา การรักษาของระบบการเคลื่อนไหวของร่างกาย ประสบการณ์อันยาวนาน รวมทั้งการที่อาจารย์สามารถคิดค้น ผลิตกายอุปกรณ์ที่นำไปช่วยเหลือผู้พิการแขนขาขาดเป็นประโยชน์มหาศาล เป็นนวัตกรรมที่ช่วยฟื้นฟูชีวิตผู้พิการ ซึ่งสุขภาพกายและใจถูกบั่นทอนให้กลับมามีชีวิตเท่าเทียมกับบุคคลปกติได้

การที่อาจารย์สามารถคิดค้นผลิตกายอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวนำมาแล้วแสดงให้เห็นถึงการเข้าใจในวิชาชีวกลศาสตร์ทุกส่วนของร่างกายมนุษย์อย่างดีเลิศ และนำมาถ่ายทอดพิมพ์เป็นตำราให้ปรากฏ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเหมาะที่แพทย์ออร์โธปิดิกส์ แพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู นักกายภาพ และนักกายอุปกรณ์ ตลอดจนผู้สนใจนำมาศึกษาและนำไปปฏิบัติได้เป็นอย่างดี



ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์เจริญ โชติกวณิชย์

อดีตหัวหน้าภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

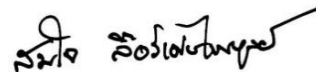
อดีตนายกสมาคมแพทย์ออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย

อดีตประธานสมาคมโรคกระดูกและข้อในกลุ่มประเทศภาคพื้นอาเซียนแปซิฟิก

คำนิยม

หนังสือ ชีวกลศาสตร์คลินิกของผู้เขียน รศ.นพ.เทอดชัย ชีวะเกตุ เป็นหนังสือที่เรียบเรียงเป็นตำราภาษาไทย มีเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ด้านกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ครอบคลุมส่วนที่สำคัญและจำเป็นเพื่อใช้ในทางคลินิก เนื้อหาแบ่งออกเป็นสองภาค คือ **ภาคชีวกลศาสตร์พื้นฐาน** และ **ภาคชีวกลศาสตร์เฉพาะข้อ** ที่กล่าวถึง แรงที่เกิดขึ้นในข้อ จากการทำงานของกล้ามเนื้อต้านแรงโน้มถ่วงของโลก กายวิภาคของข้อ การทำงานของกล้ามเนื้อที่ผ่านข้อ เพื่อให้ทราบถึงทิศทางการเคลื่อนไหวและแรงที่เกิดขึ้นในข้อเมื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ผู้เขียนเป็นผู้ที่มีความสนใจและศึกษา biomechanics บวกกับประสบการณ์การทำงานมายาวนาน มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ จึงสามารถถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ของผู้เขียน หนังสือนี้มีเนื้อหาและรูปภาพประกอบ และในท้ายบททุกบทมีสรุปประเด็นเพื่อเน้นย้ำใจความสำคัญ ช่วยทำให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจ รวมทั้งอ้างอิงงานวิจัยที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ ผสมผสานให้เนื้อหามีความสมบูรณ์ สามารถใช้เป็นที่ยอ้างอิง สร้างคุณประโยชน์ต่อวงการสาธารณสุขเป็นอย่างมาก

หวังว่าหนังสือชีวกลศาสตร์คลินิกนี้ จะเป็นคู่มือให้กับบุคลากรด้านสุขภาพ ผู้รับผิดชอบการรักษาฟื้นฟู ระบบโครงสร้างและการเคลื่อนไหว ทีมสหสาขาวิชาชีพ รวมทั้งนิสิต/นักศึกษา สามารถศึกษาและนำไปใช้ได้โดยง่าย สามารถให้คำแนะนำผู้ป่วยหลีกเลี่ยงท่าหรือกิจกรรมที่จะทำให้เกิดการบาดเจ็บและความเสียหายต่อระบบโครงสร้างของร่างกาย



กภ.สมใจ ลีอวิเศษไพฑูรย์

นายกสภากายภาพบำบัด

คำนำการพิมพ์ครั้งที่ 2

ด้วยหนังสือชีวกลศาสตร์คลินิกที่พิมพ์ครั้งที่ 1 ได้รับความสนใจ และหมดในเวลาอันรวดเร็ว เนื่องจากยังมีผู้สนใจติดต่อสอบถามหาซื้อ ผู้พิมพ์จึงได้ดำเนินการจัดพิมพ์ครั้งที่ 2 โดยได้ปรับปรุงข้อมูล เพิ่มเติมเนื้อหา รูปภาพการทำงานของกล้ามเนื้อในชีวกลศาสตร์ของข้อต่าง ๆ พร้อมทั้งดรรชนี เพื่อความสะดวกในการค้นหา วัตถุประสงค์ของหนังสือนี้เพื่อให้เป็นพื้นฐานสำหรับผู้สนใจศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการออกกำลังกายส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพ และการกีฬา

รศ.นพ.เทอดชัย ชีวะเกตุ

คำอุทิศ

ประโยชน์จากหนังสือนี้ผู้พิมพ์ขออุทิศให้แก่ บิดามารดา บุรพจารย์ และผู้ที่ได้ศึกษา คำนคว้า
วิจัยทุกท่าน ที่ผลงานของท่านมีประโยชน์อย่างใหญ่หลวงต่อมวลมนุษยชาติที่ข้าพเจ้าได้ศึกษา
รวบรวม และนำมาใช้ในการนิพนธ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณแพทย์หญิง สุกัญญา ภัยหลีกถิ์ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ จักรกริช กล้าผจญ
ที่ช่วยตรวจทาน ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์ เสก อักษรานุเคราะห์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ
นายแพทย์ เจริญ โชติกวณิชย์, นายกสมาคมกายภาพบำบัด กภ.สนใจ ลือวิเศษไพบูลย์ ที่ให้คำนิยาม
คุณอรพรรณ วิริยะพันธุ์ พงศ์พิพัฒน์ ชมรมช่างกายอุปกรณ์แห่งประเทศไทย ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระ
พระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ และทุกท่านที่ช่วยสนับสนุน
ให้หนังสือนี้สำเร็จ

บทนำ

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยกล้ามเนื้อโครงสร้าง 640 มัด กระดูก 206 ชิ้นทำงานร่วมกันทำให้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเคลื่อนไหวได้ตามความต้องการ การเคลื่อนไหวต้องอาศัยแรงจากการทำงานของกล้ามเนื้อหลายมัดต้านแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้มีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายแรงเหล่านี้ถ้ามากเกินไปก็จะเกิดอันตรายต่อเนื่องทำให้เกิดความเจ็บปวดหรือพิการมากขึ้น การศึกษากลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวของร่างกายเรียกว่า **ชีวกลศาสตร์** ซึ่งต้องอาศัยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวภาพเอกซเรย์จากชิ้นส่วนที่กำลังเคลื่อนไหว (cineradiography) การวัดกระแสไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อและการคำนวณด้วยวิธีการพีชคณิต ความรู้และค่าต่าง ๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญทั้งหลายได้ใช้เวลาศึกษา ค้นคว้าวิจัยไว้แล้ว สามารถนำมาช่วยในการวินิจฉัย การวางแผนการรักษา การฟื้นฟูสภาพ ผู้เจ็บป่วย โดยผู้ปฏิบัติงานกับผู้ที่มีปัญหาทางระบบโครงสร้างและการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น Orthopedist Physiatrist Physical Therapist Prosthetist และ Orthotist ด้วย ผู้นิพนธ์มีความสนใจและศึกษา biomechanics อยู่ จึงนำตำรา เอกสาร ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ เลือกส่วนที่คิดว่าสำคัญและเป็นพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในทางคลินิกมาสรุป เรียบเรียงเป็นตำราภาษาไทยเพื่อเป็นคู่มือให้ผู้รับผิดชอบการรักษา ฟื้นฟู ระบบโครงสร้างและการเคลื่อนไหว เช่น แพทย์ออร์โธปิดิกส์ แพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู แพทย์เวชศาสตร์การกีฬา นักกายภาพบำบัด นักกิจกรรมบำบัด นักวิทยาศาสตร์การกีฬา ช่างและนักกายอุปกรณ์ สามารถศึกษาและนำไปใช้ได้โดยง่าย ตำราเล่มนี้แบ่งออกเป็นสองภาค คือ **ภาคชีวกลศาสตร์พื้นฐาน** เป็นการทบทวนความรู้ด้านกลศาสตร์พื้นฐานเฉพาะที่นำมาใช้ในการศึกษา คำนวณแรงที่เกิดขึ้นในข้อ จากการทำงานของกล้ามเนื้อต้านแรงโน้มถ่วงของโลก และ **ภาคชีวกลศาสตร์เฉพาะข้อ** โดยทบทวน กายวิภาคของข้อ การทำงานของกล้ามเนื้อที่ผ่านข้อ เพื่อให้ทราบถึงทิศทาง การเคลื่อนไหวและแรงที่เกิดขึ้นในข้อเมื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนให้การรักษา ฟื้นฟูสมรรถภาพของร่างกายส่วนที่บาดเจ็บ พิจารณา และให้คำแนะนำผู้ป่วยหลีกเลี่ยงท่าหรือกิจกรรมที่จะทำให้เกิดการบาดเจ็บและความเสียหายต่อระบบโครงสร้างของร่างกาย

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1	Basic Considerations	1
บทที่ 2	Classification of Force System	13
บทที่ 3	Linear Force System	17
บทที่ 4	Parallel Force System	23
บทที่ 5	Composition and Resolution of Forces	35
บทที่ 6	Dimensions of the Body	45
บทที่ 7	Biomechanics of the Gait	49
บทที่ 8	ชีวกลศาสตร์ของกระดูกสันหลัง	57
บทที่ 9	ชีวกลศาสตร์ของข้อสะโพก	85
บทที่ 10	ชีวกลศาสตร์ของข้อเข่า	99
บทที่ 11	ชีวกลศาสตร์ของข้อเท้า	113
บทที่ 12	ชีวกลศาสตร์ของเท้า	125
บทที่ 13	ชีวกลศาสตร์ของไหล่	139
บทที่ 14	ชีวกลศาสตร์ของข้อศอก	149
บทที่ 15	ชีวกลศาสตร์ของข้อมือและมือ	156
	บรรณานุกรม	173
	ผู้พิมพ์	

ชีวกลศาสตร์พื้นฐาน

บทที่ 1

พื้นฐานชีวกลศาสตร์ (Basic Considerations)

ชีวกลศาสตร์ (biomechanics) มาจากคำว่า Bios หมายถึง สิ่งมีชีวิต Mechanics คือกลไก การเคลื่อนไหว Biomechanics จึงเป็นสาขาวิชาที่ศึกษากลไกการเคลื่อนไหวในสิ่งมีชีวิต ในที่นี้เป็น การศึกษาการเคลื่อนไหวและแรงที่เกิดขึ้นต่อ กระดูก และข้อ โดยแรงจากภายในร่างกายเกิดจาก การทำงานของกล้ามเนื้อ แรงจากภายนอกร่างกายมาจากหลายแหล่ง เช่น แรงโน้มถ่วงของโลก แรง ต้านเพื่อการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ แรงดึงเพื่อการยึดข้อที่ยึดติดแน่นจากนักกายภาพบำบัด หรือ เครื่องมือทางกายภาพบำบัด แรงดันเพื่อป้องกัน และแก้ไขการผิดรูปของอวัยวะต่าง ๆ ด้วยกาย อุปกรณ์ เช่น เหล็กประกับ แขน ขา หรือลำตัว

วิชากลศาสตร์มี 2 แขนง คือ statics และ dynamics การศึกษาชีวกลศาสตร์จึงศึกษาทั้ง สองแขนง

1. Statics เป็นการศึกษาแรงที่เกิดขึ้นต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในขณะที่ร่างกายไม่มีการ เคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ เป็นสภาวะที่ร่างกายอยู่ในสภาพสมดุลย์ (equilibrium) ทั้ง ๆ ที่มีแรงมากระทำ

2. Dynamics เป็นการศึกษาแรงที่เกิดขึ้นต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหว แนวทางการเคลื่อนไหวในระนาบไหน ทิศทางใด รวมทั้งแรงที่เกิดขึ้นเมื่อมุมของการเคลื่อนไหวเปลี่ยนไป แยกเป็น 2 สาขา คือ

2.1 Kinematics เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (displacement) ความเร็ว (velocity) อัตราการเร่ง (acceleration) ของวัตถุที่เคลื่อนไหวเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับแรง (force) ใด ๆ ยกตัวอย่าง เช่น การศึกษาเรื่องการเดิน มีการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ในสามระนาบ (sagittal plane frontal plane และ horizontal plane) เช่น การงอ การเหยียด ของข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า เป็นการเคลื่อนไหวใน sagittal plane การกาง การหุบ ข้อสะโพกเป็น การเคลื่อนไหวใน frontal plane การหมุนของกระดูก femur เพื่อให้ปลายเท้าหมุนเข้าในหรือออก นอก เป็นการเคลื่อนไหวใน horizontal plane รวมทั้งศึกษามุมของข้อเหล่านั้นขณะเดิน

2.2 Kinetics เป็นการศึกษาแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เช่น การเดินมีแรงเข้ามา เกี่ยวข้องคือแรงจากกล้ามเนื้อขาและลำตัว น้ำหนักของอวัยวะ แรงปฏิกิริยาจากพื้น (floor reaction) และแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในข้อต่อของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่เคลื่อนไหว

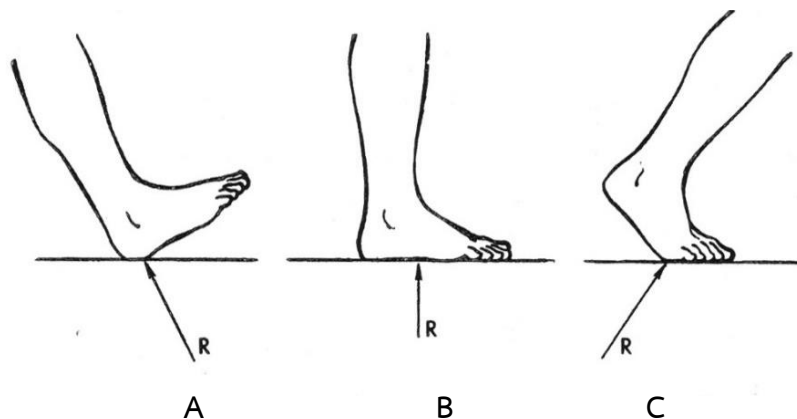
พื้นฐานกลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ที่ถูกบัญญัติขึ้นโดย Sir Isaac Newton นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษที่เรียกว่า Newton's Law โดยส่วนที่เกี่ยวข้องกับ statics, kinematics และ kinetics มีอยู่ 3 ข้อ คือ

1. กฎแห่งความเฉื่อย (Law of Inertia) คือ วัตถุจะอยู่ที่เดิมถ้าไม่มีแรงมากระทำ หรือวัตถุที่เคลื่อนที่อยู่ในแนวเส้นตรง ถ้าไม่มีแรงมากระทำก็จะเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงไปเรื่อย ๆ

2. ถ้ามีแรงมากระทำต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งและเคลื่อนที่ในทิศทางในทิศทางเดียวกับแรงที่มากระทำ

3. ทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามเสมอ ถ้าแรงนั้นเท่ากัน วัตถุจะอยู่ในสภาวะสมดุล ดังเช่นในการเดินเมื่อส้นเท้ากระทบพื้น (รูปที่ 1.1 A) แรงกิริยาจะเฉียงไปทางด้านหน้า แรงปฏิกิริยาต้าน (R) จากพื้นจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่เท้ากระทบเท้าคือเฉียงไปทางด้านหลัง เมื่อเท้าอยู่ใต้ลำตัวรับน้ำหนักตัวเต็มที่ (mid stance) แรงจากน้ำหนักตัวจะตั้งฉากลงบนพื้น แรงปฏิกิริยา (R) จากพื้นจึงตั้งฉาก เมื่อลำตัวเคลื่อนต่อไปข้างหน้าน้ำหนักตัวเคลื่อนมาอยู่ที่ปลายเท้า แรงที่ปลายเท้ากดปลายเท้าลงกับพื้น จะเฉียงไปทางด้านหลัง แรงปฏิกิริยาจากพื้นจะเฉียงไปทางด้านหน้าช่วยดันให้ลำตัวเคลื่อนไปข้างหน้า (รูปที่ 1.1 C)

ผู้ป่วยที่ใช้รถเข็นนั่ง (wheelchair) เมื่อจะนั่งลงหรือลุกขึ้นจากรถ จะต้องใช้มือยันรถทำให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหลัง ผู้ป่วยอาจล้มตามรถ ผู้ป่วยจึงต้องล็อกล้อไม่ให้หมุนเพื่อสร้างแรงต้านไม่ให้รถเคลื่อนที่หนี ถ้าไม่มีที่ล็อกล้อหรือที่ล็อกไม่ดีผู้ป่วยต้องเอาจริงกับพนักเพื่อต้านไม่ให้รถเคลื่อนหนี



รูปที่ 1.1 แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่อเท้าขณะเดิน

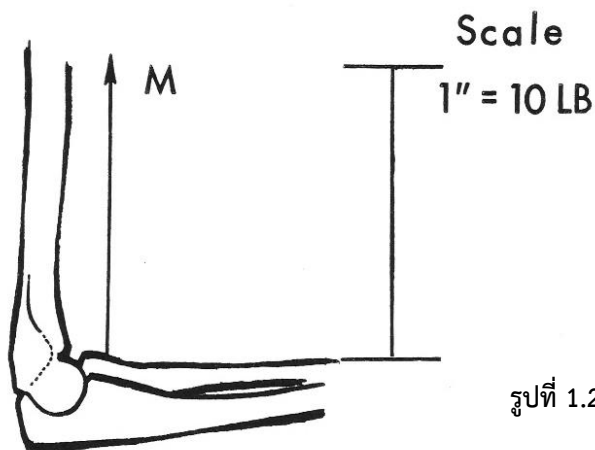
ศัพท์ที่ใช้ใน อีวกลศาสตร์

1. แรง (Force)

ในทางกลศาสตร์แรงประกอบด้วย

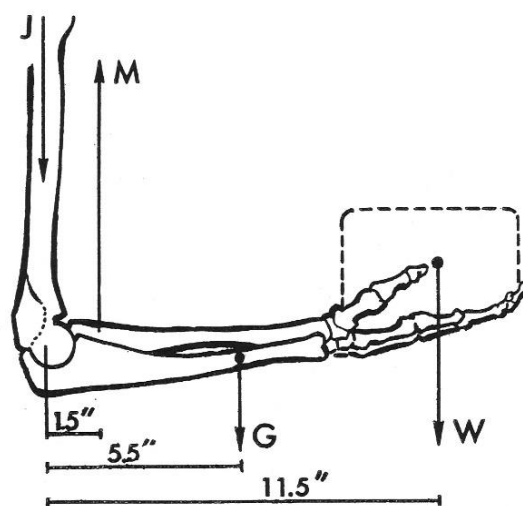
1. ขนาดของแรง (magnitude) ว่ากี่นิวตัน (newton)
2. แนวของแรง (action line) ว่าแรงในแนวตั้งฉาก (vertical) แรงในแนวนอน (horizontal) หรือแนวเฉียง (oblique)
3. ทิศทางของแรง (direction) ว่าแรงมีทิศทางไปทางด้านใด
4. จุดที่แรงกระทำต่อวัตถุ (point of application) ว่าแรงกระทำต่อวัตถุตรงจุดใด เช่น ตรงจุดกึ่งกลาง หรือห่างจากจุดกึ่งกลางไปเท่าใด ทั้งหมดเพื่อประโยชน์ในการคำนวณหาแรงรวมที่เกิดขึ้นในข้อที่เกี่ยวข้องเนื่องในการเคลื่อนไหว

การคำนวณแรงที่เกิดขึ้นในทางกลศาสตร์สามารถทำได้ด้วยการสร้างรูป (diagram) โดยลากเส้นตรงกำหนดว่าความยาวเท่าไรเทียบเท่ากับแรงกี่กิโลกรัมหรือกี่ปอนด์ขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้คำนวณ โดยระบบเมตริก ได้แก่ เมตร-กิโลกรัม หรือระบบอิมพีเรียล ได้แก่ ฟุต-ปอนด์ เช่น 1 เซนติเมตรเท่ากับแรง 10 กิโลกรัมหรือ 1 นิ้วเท่ากับแรง 10 ปอนด์ ใส่หัวลูกศรเพื่อแสดงทิศทาง ขนาดของแรงพร้อมทิศทางนี้เรียกว่าเวกเตอร์ (vector) เมื่อนำเวกเตอร์ต่าง ๆ มาประกอบกันก็จะได้รูปทำให้สามารถคำนวณหาแรงรวมที่เกิดขึ้นได้ (รูปที่ 1.2) เช่น กล้ามเนื้อ biceps ออกแรงดึง M ที่จุดเกาะบนกระดูก radius กำหนดเส้นตรงแทนแรง M ยาว 1 นิ้วเท่ากับ 10 ปอนด์ เมื่อใส่หัวลูกศรก็เป็นเวกเตอร์ของแรงจากกล้ามเนื้อ biceps



รูปที่ 1.2 เวกเตอร์แรงจากกล้ามเนื้อ biceps

ตัวอย่างการเขียน diagram เพื่อคำนวณแรงรวมที่เกิดขึ้นในข้อศอกเมื่อยกวัตถุน้ำหนัก W



รูปที่ 1.3 การคำนวณหาแรงลัพธ์ในข้อศอกเมื่อยกวัตถุ

M = แรงของกล้ามเนื้อ biceps

G = แรงโน้มถ่วงของโลกต่อปลายแขนหรือน้ำหนักของปลายแขน

W = น้ำหนักของวัตถุ

J = แรงรวมที่เกิดขึ้นในข้อศอก

ตัวเลขต่าง ๆ แสดงระยะทางจากแรงถึงจุดหมุนที่กึ่งกลางของข้อศอกมีหน่วยเป็นมาตราใดก็ได้แต่ให้เป็นมาตราเดียวกับน้ำหนัก ในภาพนี้ใช้มาตรา ฟุต-ปอนด์ กำหนดให้น้ำหนักเป็นปอนด์ ระยะทางเป็นนิ้ว เมื่อใส่ตัวเลขเข้าไปก็สามารถคำนวณแรงที่เกิดขึ้นในข้อศอกได้

1.5" คือระยะทางจากจุดเกาะของแรง M จากกล้ามเนื้อ biceps ถึงจุดกึ่งกลางของข้อศอก ซึ่งเป็นจุดหมุนที่มีแรงรวมเกิดขึ้น

5.5" คือระยะทางจากจุด CG ของปลายแขนถึงจุดกึ่งกลางของข้อศอก

11.5" คือระยะทางจากวัตถุ น้ำหนัก W ถึงจุดกึ่งกลางของข้อศอก

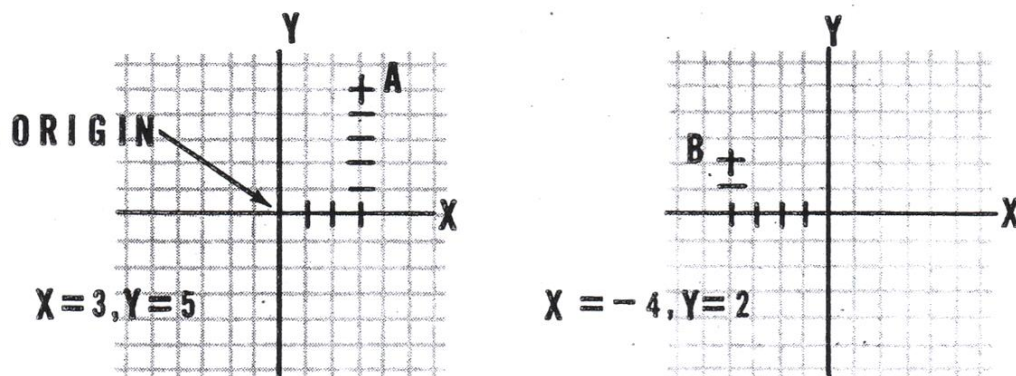
เมื่อทราบค่าของ M , G และ W ก็สามารถคำนวณค่าของแรง J ได้ เนื่องจากข้อศอกอยู่ในสภาวะนิ่งโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาจะเท่ากับโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

$$\text{สมการ:} \quad W \times 11.5" + G \times 5.5" = M \times 1.5" + J$$

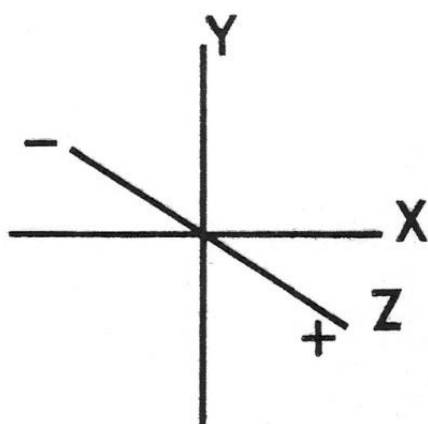
$$\text{แทนค่า} \quad J = W \times 11.5" + G \times 5.5" - M \times 1.5"$$

2. บริเวณรอบ (Space)

ทางกลศาสตร์หมายถึงบริเวณรอบ ๆ วัตถุในรูปแบบสามมิติเชิงเส้น เพื่อให้ทราบว่าการเคลื่อนไหวไปในทิศทางใด จึงจำเป็นต้องกำหนดรูปแบบเพื่อใช้อ้างอิง โดยการแบ่ง space ออกเป็นสี่ส่วน (four quadrants) ด้วยการลากเส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกัน จุดที่ตัดกันเรียกว่า origin เป็น original plane หรือระนาบเริ่มต้น (รูปที่ 1.4) ส่วนที่อยู่เหนือและทางขวาต่อจุด origin ให้สัญลักษณ์เป็นบวก ส่วนที่อยู่ใต้หรือทางซ้ายต่อจุด origin ให้สัญลักษณ์เป็นลบ เช่น จุด A คือ $X=3, Y=5$ จุด B คือ $X=-4, Y=2$ เนื่องจากมีบางจุดที่อยู่นอก original plane คืออยู่หน้าหรือหลังต่อ original plane จึงต้องสร้างเส้นที่สามขึ้นมาให้ตั้งฉากกับสองเส้นแรก (รูปที่ 1.5) และขนานกับพื้นแบ่ง space ออกเป็นหกส่วน (six quadrants) ส่วนที่อยู่หน้าต่อจุด origin ให้สัญลักษณ์เป็นบวก ส่วนที่อยู่หลังต่อจุด origin ให้สัญลักษณ์เป็นลบ เมื่อนำมาประยุกต์กับร่างกาย

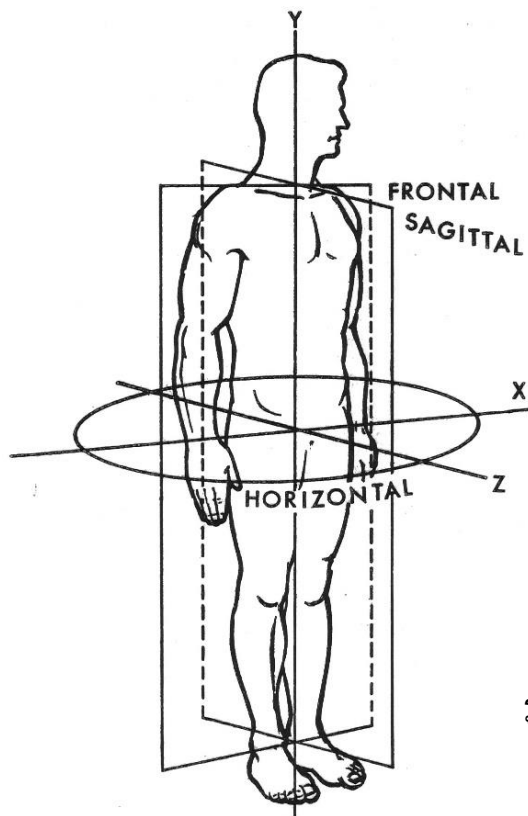


รูปที่ 1.4 การแบ่ง space ออกเป็นสี่ส่วนโดยลากเส้นสองเส้นตั้งฉากกัน



รูปที่ 1.5 การแบ่ง space ออกเป็นหกส่วนโดยลากเส้นที่สามตั้งฉากกับสองเส้นแรก

1. เส้นตั้งฉากกับพื้นโลกที่แบ่งร่างกายออกเป็นซีกซ้ายและซีกขวาเรียกว่า “แกน y” (Y axis) หรือ ordinate ระนาบนี้เรียกว่า sagittal plane หรือ antero-posterior plane (A-P)
 2. เส้นขนานกับพื้นโลกและตั้งฉากกับ “แกน y” เรียกว่า “แกน x” (X axis) หรือ abscissa แบ่งร่างกายออกเป็นสองซีก คือ ซีกหน้าและซีกหลังระนาบนี้เรียกว่า frontal plane หรือ coronal plane หรือ medio-lateral (M-L) plane
 3. เส้นตั้งฉากกับ “แกน y” และ “แกน x” และขนานกับพื้นโลกเรียกว่า “แกน z” (Z axis) แบ่งร่างกายออกเป็นซีกบนและซีกล่าง ระนาบนี้เรียกว่า horizontal plane หรือ transverse plane
- แกนทั้งสามนี้เรียกว่า X Y Z coordinate แบ่งร่างกายออกเป็นสามระนาบ (รูปที่ 1.6) ทำให้สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายว่า อยู่ในระนาบใด เช่น การเหยียดและการงอของข้อเข่าเป็นการเคลื่อนไหวใน sagittal plane การกางขาและการหุบขาเป็นการเคลื่อนไหวใน frontal plane การหมุนข้อสะโพกเข้าออกเป็นการเคลื่อนไหวใน horizontal plane ข้อบางข้อสามารถเคลื่อนไหวได้ในทุกระนาบ เช่น ข้อสะโพก ข้อไหล่ สามารถกาง หุบ งอ เหยียด และหมุน



รูปที่ 1.6 ระนาบของร่างกาย