REFERENCES

Ainscough-Potts, A.-M., Morrissey, M. C., and Critchley, D. (2006). The response of the transverse abdominis and internal oblique muscles to different postures. *Manual Therapy* **11**, 54-60.

Akuthota, V., and Nadler, S. F. (2004). Core Strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **85**, S56-92.

Allison, G. T., Godfrey, P., and Robinson, G. (1998). EMG signal amplitude assessment during abdominal bracing and hollowing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **8**, 51-57.

Arokoski, J. P., Valta, T., Airaksinen, O., and Kankaanpää, M. (2001). Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **82**, 1089-1098.

Arokoski, J. P., Valta, T., Kankaanpää, M., and Airaksinen, O. (2004). Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **85**, 823-832.

Barker, K. L., Shamley, D. R., and Jackson, D. (2004). Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain: the relationship to pain and disability. *Spine* **29**, E515-E519.

Barker, P. J., Guggenheimer, K. T., Grkovic, I., Briggs, C. A., Jones, D. C., Thomas, C. D. L., and Hodges, P. W. (2006). Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension. *Spine* **31**, 397-405.

Barnett, F., and Gilleard, W. (2005). The use of lumbar spinal stabilization techniques during the performance of abdominal strengthening exercise variations. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* **45**, 38-43.

Barrero, L. H., Hsu, Y. H., Terwedow, H., Perry, M. J., Dennerlein, J. T., Brain, J. D., and Xu, X. (2006). Prevalence and physical determinants of low back pain in a rural Chinese population. *Spine* **31**, 2728-2734.

Beith, I. D., Synnott, R. E., and Newman, S. A. (2001). Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions. *Manual Therapy* **6**, 82-87.

Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica* **60** 1-54.

Cairns, M. C., Harrison, K., and Wright, C. (2000). Pressure biofeedback: a useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction? *Physiotherapy* **86**, 127-138.

Cholewicki, J., Juluru, K., Radebold, A., Panjabi, M. M., and McGill, S. M. (1999). Lumbar spine stability can be augmented with an abdominal belt and/or increased intra-abdominal pressure. *European Spine Journal* **8**, 388-395.

Comerford, M., and Mottram, S. (2001). Movement and stability dysfunction – contemporary developments. *Manual Therapy* **6**, 15-26.

Cresswell, A. G., Oddsson, L., and Thorstensson, A. (1994). The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. *Experimental Brain Research* **98**, 336-341.

Critchley, D. (2002). Instructing pelvic floor contraction facilitates transversus abdominis thickness increase during low-abdominal hollowing. *Physiotherapy research international* **7**, 65-75.

Cynn, H. S., Oh, J. S., Kwon, O. Y., and Yi, C. H. (2006). Effects of lumbar stabilization using a pressure biofeedback unit on muscle activity and lateral pelvic tilt during hip abduction in sidelying. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **87**, 1454-1458.

Dankaerts, W., O'Sullivan, P. B., Burnett, A. F., Straker, L. M., and Danneels, L. A. (2004). Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **14**, 333-342.

Danneels, L. A., Vanderstraeten, G. G., Cambier, D. C., Witvrouw, E. E., and Cuyper, H. J. D. (2000). CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *European Spine Journal* **9**, 266-272.

Dieën, J. H. v., Cholewicki, J., and Radebold, A. (2003). Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* **28**, 834-841.

Drysdale, C. L., Earl, J. E., and Hertel, J. (2004). Surface electromyographic activity of the abdominal muscles during pelvic-tilt and abdominal-hollowing exercises. *Journal of Athletic Training* **39**, 32-36.

Ebenbichler, G. R., Oddsson, L. I. E., Kollmitzer, J., and Erim, Z. (2001). Sensory-motor control of the lower back: implications for rehabilitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **33**, 1889-1898.

Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., and Hodges, P. W. (2004). Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine* **29**, 2560-2566.

Fryer, G., Morris, T., and Gibbons, P. (2004). Paraspinal muscles and intervertebral dysfunction: part two. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* **27**, 348-357.

Gay, R. E., Ilharreborde, B., Zhao, K., Zhao, C., and An, K.-N. (2006). Sagittal plane motion in the human lumbar spine: comparison of the in vitro quasistatic neutral zone and dynamic motion parameters. *Clinical Biomechanics* **21**, 914-919.

Goldby, L. J., Moore, A. P., Doust, J., and Trew, M. E. (2006). A randomized controlled trial investigating the efficiency of musculoskeletal physiotherapy on chronic low back disorder. *Spine* **31**, 1083-1093.

Harrison, J., and Hodgson, S. (2001). Investigation using diagnostic ultrasound into the activity of transversus abdominis during an abdominal hollowing exercise. *Physiotherapy* **88**, 52.

Hicks, G. E., Fritz, J. M., Delitto, A., and McGill, S. M. (2005). Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **86**, 1753-1762.

Hides, J. A., Jull, G. A., and Richardson, C. A. (2001). Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine* **26**, E243-E248.

Hodges, P. W. (2001). Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain. *Experimental Brain Research* **141**, 261-266.

Hodges, P. W. (2003). Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthopedic Clinics of North America* **34**, 245- 254.

Hodges, P. W., Cresswell, A. G., and Thorstensson, A. (2004). Intra-abdominal pressure response to multidirectional support-surface translation. *Gait and Posture* **20**, 163-170.

Hodges, P. W., Eriksson, A. E. M., Shirley, D., and Gandevia, S. C. (2005). Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *Journal of Biomechanics* **38**, 1873-1880.

Hodges, P. W., and Gandevia, S. C. (2000). Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *Journal of Applied Physiology* **89**, 967-976.

Hodges, P. W., Holm, A. K., Holm, S., Ekström, L., Cresswell, A., Hansson, T., and Thorstensson, A. (2003a). Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: in vivo porcine studies. *Spine* **28**, 2594-2601.

Hodges, P. W., Moseley, G. L., Gabrielsson, A., and Gandevia, S. C. (2003b). Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Experimental Brain Research* **151**, 262-271.

Hodges, P. W., and Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* **21**, 2640-2650.

Hodges, P. W., and Richardson, C. A. (1997a). Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy* **77**, 132-144.

Hodges, P. W., and Richardson, C. A. (1997b). Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research* **114**, 362-370.

Hodges, P. W., and Richardson, C. A. (1999). Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **80**, 1005-1012.

Hogrel, J.-Y. (2005). Clinical applications of surface electromyography in neuromuscular disorders. *Neurophysiologie clinique* **35**, 59-71.

Hubley-Kozey, C. L., and Vezina, M. J. (2002). Muscle activation during exercises to improve trunk stability in men with low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **83**, 1100-1108.

Ihlebaek, C., Hansson, T. H., Laerum, E., Brage, S., Eriksen, H., Holm, S. H., Svendsrod, R., and Indahl, A. (2006). Prevalence of low back pain and sickness absence: a "borderline" study in Norway and Sweden. *Scandinavian Journal of Public Health* **34**, 555-558

Iscoe, S. (1998). Control of abdominal muscles *Progress in Neurobiology* **56**, 433-506.

Jemmett, R. S., MacDonald, D. A., and Agur, A. M. R. (2004). Anatomical relationships between selected segmental muscles of the lumbar spine in the context of multi-planar segmental motion: a preliminary investigation. *Manual Therapy* **9**, 203-210.

Kendall, F. P., McCreary, E. K., and Provance, P. G. (1993). "Muscle testing and function," 4/Ed. Lippincott Williams & Walkins, Philadelphia.

Kiefer, A., Shirazi-Adl, A., and Parnianpour, M. (1998). Synergy of the human spine in neutral postures. *European Spine Journal* **7**, 471-479.

Kjaer, P., Bendix, T., Sorensen, J. S., Korsholm, L., and Leboeuf-Yde, C. (2007). Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC medicine* **In press**.

Lehman, G. J., Story, S., and Mabee, R. (2005). Influence of static lumbar flexion on the trunk muscles' response to sudden arm movements. *Chiropractic & Osteopathy* **13**.

Liebenson, C. (1997). Spinal stabilization training: the therapeutic alternative to weight training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* **1**, 87-90.

MacDonald, D. A., Moseley, G. L., and Hodges, P. W. (2006). The lumbar multifidus: does the evidence support clinical beliefs? *Manual Therapy* **11**, 254-263.

Manchikanti, L. (2000). Epidemiology of low back pain. *Pain Physician* **3**, 167-192.

Mannion, A. F. (1999). Fibre type characteristics and function of the human paraspinal muscles: normal values and changes in association with low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **9**, 363-377.

Mannion, A. F., Käser, L., Weber, E., Rhyner, A., Dvorak, J., and Müntener, M. (2000). Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *European Spine Journal* **9**, 273-281.

Marshall, P. W., Dip, P. G., and Murphy, B. A. (2005). Core stability exercises on and off a swiss ball. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **86**, 242-249.

Marshall, P. W., and Murphy, B. A. (2003). The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **13**, 477-489.

McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. (2000). "Essential of exercise physiology," 2/Ed. Lippincott William & Wilkins, Philadelphia.

Mengiardi, B., Schmid, M. R., Boos, N., Pfirrmann, C. W. A., Brunner, F., Elfering, A., and Hodler, J. (2006). Fat content of lumbar paraspinal muscles in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with MR spectroscopy. *Radiology* **240**, 786-792.

Merletti, R., and Parker, P. A. (2004). "Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications," John Wiley & Sons, New Jersey.

Moore, K. L., and Dalley, A. F. (1999). "Clinically oriented anatomy," 4/Ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.

Moseley, G. L., and Hodges, P. W. (2005). Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *Clinical Journal of Pain* **21**, 323-329.

Moseley, G. L., Hodges, P. W., and Gandevia, S. C. (2002). Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine* **27**, E29-E36.

Neumann, P., and Gill, V. (2002). Pelvic floor and abdominal muscle interaction: EMG activity and intra-abdominal pressure. *International Urogynecology Journal* **13**, 125-132.

Ng, J. K.-F., Richardson, C., Parnianpour, M., and Kippers, V. (2002a). EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. *Journal of Orthopaedic Research* **20**, 112-121.

Ng, J. K., Kippers, V., Parnianpour, M., and Richardson, C. A. (2002b). EMG activity normalization for trunk muscles in subjects with and without back pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **34**, 1082-1086.

Ng, J. K., Kippers, V., and Richardson, C. A. (1998). Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* **38**, 51-58.

Ng, J. K., Parnianpour, M., Kippers, V., and Richardson, C. A. (2003). Reliability of electromyographic and torque measures during isometric axial rotation exertions of the trunk. *Clinical Neurophysiology* **114**, 2355-2361.

Norris, C. M. (1995). Spinal Stabilisation: 5. an exercise programme to enhance lumbar stabilisation. *Physiotherapy* **81**, 138-146.

Norris, C. M. (1999). Functional load abdominal training: part 2. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* **3**, 208-214.

Norris, C. M. (2001). Functional load abdominal training: part 2 *Physical Therapy in Sport* **2**, 149-156.

O'Sullivan, P., Phyty, G., Twomey, L., and Allison, G. (1997). Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine* **22**, 2959-2967.

O'Sullivan, P. B. (2000). Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy* **5**, 2-12.

Panjabi, M. M. (1992a). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders* **5**, 383-389.

Panjabi, M. M. (1992b). The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis *Journal of Spinal Disorders* **5**, 390-397.

Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **13**, 371-379.

Panjabi, M. M. (2006). A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *European Spine Journal* **15**, 668-676.

Panjabi, M. M., Abumi, K., Duranceau, J., and Oxland, T. (1989). Spinal stability and intersegmental muscle forces. A biomechanical model. *Spine* **14**, 194-200

Portney, L., and Watkins, C. (2000). "Foundations of clinical research: applications to practice," 2/Ed. Prentice Hall Health, Upper Saddle River.

Rasmussen-Barr, E., Nilsson-Wikmar, L., and Arvidsson, I. (2003). Stabilizing training compared with manual treatment in sub-acute and chronic low-back pain. *Manual Therapy* **8**, 233-241.

Richardson, C. A., Hodges, P. W., and Hides, J. (2004). "Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain," 2/Ed. Churchill Livingstone, Edinburgh.

Richardson, C. A., and Jull, G. A. (1995). Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *Manual Therapy* **1**, 2-10.

Richardson, C. A., Snijders, C. J., Hides, J. A., Damen, L., Pas, M. S., and Storm, J. (2002). The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine* **27**, 399-405.

Shaughnessy, M., and Caulfield, B. (2004). A pilot study to investigate the effect of lumbar stabilisation exercise training on functional ability and quality of life in patients with chronic low back pain. *International Journal of Rehabilitation Research* **27**, 297-301.

Stevens, V. K., Bouche, K. G., Mahieu, N. N., Coorevits, P. L., Vanderstraeten, G. G., and Danneels, L. A. (2006). Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskeletal Disorders* **7**.

Sung, P. S. (2003). Multifidi muscles median frequency before and after spinal stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **84**, 1313-1318.

Suni, J., Rinne, M., Natri, A., Statistisian, M. P., Parkkari, J., and Alaranta, H. (2006). Control of the lumbar neutral zone decreases low back pain and improves self-evaluated work ability: a 12-month randomized controlled study. *Spine* **31**, E611-E620.

Urquhart, D. M., Hodges, P. W., Allen, T. J., and Story, I. H. (2005). Abdominal muscle recruitment during a range ofvoluntary exercises. *Manual Therapy* **10**, 144-153.

Vezina, M. J., and Hubley-Kozey, C. L. (2000). Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* **81**, 1370-1379.

Yoshihara, K., Shirai, Y., Nakayama, Y., and Uesaka, S. (2001). Histochemical changes in the multifidus muscle in patients with lumbar intervertebral disc herniation. *Spine* **26**, 622-626.

Zedka, M., Prochazka, A., Knight, B., Gillard, D., and Gauthier, M. (1999). Voluntary and reflex control of human back muscles during induced pain. *Journal of Physiology* **520**, 591-604.

APPENDICES

APPENDIX A

A I Informed Consent Form (**ใบยินยอมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย**)

ชื่อโครงการ การทำงานของกล้ามเนื้อท้องขณะทำการแขม่วท้องในท่าตั้งต้น 4 แบบ

เลขที่ ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย .....

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัย ชื่อ **นางสาวภัคณาภรณ์ จันทเพ็ชร**

ที่อยู่ ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งได้ลงนามด้านท้ายของหนังสือนี้ ถึงวัตถุประสงค์ ลักษณะ และแนวทางการศึกษาวิจัย รวมทั้งทราบถึงผลดี ผลข้างเคียง และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ข้าพเจ้าได้ซักถาม ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการศึกษาดังกล่าวนี้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัยครั้งนี้โดยสมัครใจ และอาจถอนตัวจากการเข้าร่วมศึกษานี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล

ข้าพเจ้ายินดีให้ข้อมูลของข้าพเจ้าแก่คณะผู้วิจัย เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าจะเป็นความลับระหว่างข้าพเจ้าและผู้วิจัยเท่านั้น จะไม่มีการนำชื่อของข้าพเจ้าหรือข้อมูลส่วนตัวไปเปิดเผยต่อบุคคลใดหรือสถานที่ใด

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการศึกษานี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ได้ระบุไว้แล้วในข้างต้น

....

สถานที่ / วันที่ ( ) ลงนามผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

....

สถานที่ / วันที่ (นางสาวภัคณาภรณ์ จันทเพ็ชร) ลงนามผู้วิจัยหลัก

....

สถานที่/วันที่ ( ) ลงนามพยาน

A II Participant Information Sheet (**ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย**)

1. **ชื่อโครงการวิจัย**

(ภาษาไทย) การทำงานของกล้ามเนื้อท้องขณะทำการแขม่วท้องในท่าตั้งต้น 4 แบบ

(ภาษาอังกฤษ) Abdominal muscle activity during abdominal hollowing in four positions

2. **ชื่อผู้วิจัย** นางสาวภัคณาภรณ์ จันทเพ็ชร **ตำแหน่ง** นิสิตปริญญาโท

3. **สถานที่ปฏิบัติงาน** ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ที่บ้าน 0-2952-1882 **โทรศัพท์เคลื่อนที่** 08-9103-8337
E-mail: chanthapetch@gmail.com

4. **รายละเอียดโครงการ**

4.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ เกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อศึกษาผลของคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อท้อง 3 มัด ขณะแขม่วท้องในท่าตั้งต้น 4 แบบ คือ ท่านอนหงาย ท่านอนคว่ำ ท่าตั้งคลาน และท่ายืนพิงกำแพง ในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลังส่วนล่าง โดยจะมีการสุ่มลำดับการแขม่วท้องในท่าตั้งต้นทั้ง 4 แบบ

4.2 ก่อนเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยให้แขม่วท้องในท่าตั้งต้นท่าใดท่าหนึ่งตามการสุ่ม โดยระยะเวลาในการฝึกประมาณ 45 นาที การบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ผิวหนังกระทำทางด้านขวาของลำตัว โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนอนราบบนเตียง เปิดเสื้อขึ้นจนถึงบริเวณลิ้นปี่ ส่วนด้านล่างเปิดลงมาถึงบริเวณกระดูกเชิงกราน ลำตัวด้านซ้ายที่ไม่ได้ติดขั้วบันทึกจะใช้ผ้าขนหนูปิดไว้ ก่อนติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้า จะต้องเตรียมผิวหนังโดยใช้แอลกอฮอล์และกระดาษทรายน้ำเช็ดบริเวณที่ติดขั้วบันทึก ในขั้นตอนนี้จะไม่ทำให้เกิดความเจ็บปวดใดๆ ทั้งสิ้น เพียงแต่อาจเกิดผื่นขึ้นบริเวณที่ติดขั้วบันทึกถ้าผู้เข้าร่วมการวิจัยมีผิวแพ้ง่าย หลังจากนั้นผู้วิจัยจะติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ผิวหนังที่ท้อง 3 ตำแหน่ง

4.3 ขั้นตอนการวิจัย หลังจากการติดขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้าครบ 3 ตำแหน่ง ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกร็งกล้ามเนื้อ เพื่อหาค่าสูงสุดของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละมัด โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงเกร็งต้านผู้วิจัยค้างไว้ 5 วินาที แต่ละครั้งพัก 2 นาที (สำหรับการทดลองนำร่อง ทำท่าละ 3 ครั้ง และการทดลองหลักทำท่าละ 1 ครั้ง) ในกล้ามเนื้อแต่ละมัด หลังจากนั้นจะให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการแขม่วท้องในท่าตั้งต้นท่าใดท่าหนึ่งตามการสุ่ม ขั้นตอนการแขม่วท้อง (abdominal hollowing) เริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นท่าใดท่าหนึ่ง แล้วให้หายใจเข้าออกผ่านท้อง เมื่อพร้อมแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยหายใจออก ก่อนที่จะหายใจเข้าครั้งต่อไป ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยค่อยๆ แขม่วท้องให้สะดือลงไปชิดกับกระดูกสันหลังให้มากที่สุดแล้วจึงหายใจเข้าออกตามปกติโดยเกร็งค้างไว้ 10 วินาที ทำท่าละ 3 ครั้ง แต่ละครั้งพัก 2 นาที ทั้งนี้ในขณะที่ทำ

การแข็งตัวของท้องอยู่นั้น จะต้องไม่มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นที่กระดูกซี่โครง กระดูกสันหลัง และกระดูกเชิงกราน เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยทำครบก็เป็นอันสิ้นสุดขั้นตอนการทำวิจัย

4.4 ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่มีความรับผิดชอบใดๆ กับงานวิจัยนี้

4.5 ผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณท้องได้เล็กน้อย ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องปกติสำหรับผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายสม่ำเสมอ โดยอาการปวดเมื่อยดังกล่าวอาจเกิดขึ้นทันทีหลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนในการวิจัย หรือหลังจากนั้นประมาณ 1-2 วัน โดยที่อาการปวดเมื่อยจะค่อยๆ หายไป ในระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์ ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีอาการปวดเมื่อย หรือมีอาการปวดที่มาจากการเข้าร่วมการวิจัยเกิน 1 สัปดาห์ ผู้วิจัยจะชดเชยโดยให้การรักษาแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย ถ้าอาการที่เกิดขึ้นนั้นผู้วิจัยสามารถรักษาได้ เช่น อาการปวดหลัง แต่ถ้าผู้วิจัยไม่สามารถรักษาได้ ผู้เข้าร่วมการวิจัย จะได้รับการชดเชยเป็นจำนวนเงินตามที่จ่ายจริงของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่เกิดขึ้นจากการรักษา

4.6 ผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจไม่ได้รับประโยชน์จากการวิจัยในครั้งนี้โดยตรง แต่ผลจากการวิจัยนี้ทำให้เกิดความก้าวหน้าทางวิชาการ ในการรักษาอาการปวดหลังส่วนล่างต่อไปในอนาคต

4.7 การเข้าร่วมในโครงการวิจัยทำโดยสมัครใจ และผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องได้รับโทษหรือสูญเสียประโยชน์ซึ่งพึงได้รับ

4.8 ผู้กำกับดูแลการวิจัย ผู้ตรวจสอบ และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อเป็นการยืนยันถึงขั้นตอนในการวิจัยทางคลินิก และข้อมูลอื่นๆ โดยไม่ล่วงละเมิดเอกสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยตามกรอบที่กฎหมายและ กฎระเบียบได้อนุญาต นอกจากนี้โดยการเซ็นให้ความยินยอม ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีสิทธิตรวจสอบและมีสิทธิที่จะได้รับข้อมูลเช่นกัน

4.9 ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการปกปิด ยกเว้นว่าได้รับคำยินยอมโดยกฎระเบียบและกฎหมายที่เกี่ยวข้องเท่านั้น จึงจะเปิดเผยข้อมูลแก่สาธารณชนได้ ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ

4.10 ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถติดต่อแจ้งข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย สิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัย และในกรณีที่เกิดอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้ตามชื่อ ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ดังกล่าวไว้ข้างต้น

4.11 ระยะเวลาที่คาดว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการเข้าร่วมประมาณ 1 ชั่วโมง

4.12 จำนวนของผู้เข้าร่วมการวิจัย 42 คน (การทดลองนำร่อง 10 คน และการทดลองหลัก 32 คน) โดยเป็นผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลังส่วนล่าง

A III Screening questionnaire (**แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัย**)

เลขที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย .....

วันที่ทำการทดลอง ...../...../.....

ข้อมูลส่วนบุคคล

เพศ ..... ชื่อ ..... นามสกุล .....

คณะ ..... วัน/เดือน/ปีเกิด ..... / ..... / .....

น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เมตร

ค่า Body mass index (BMI) ..... กิโลกรัม/เมตร^2

ที่อยู่ .....

โทรศัพท์บ้าน ..... มือถือ .....

ข้อมูลทั่วไป

1. คุณเคยมีอาการปวดหลังส่วนล่างจนต้องได้รับการรักษาหรือหยุดงาน หรือไม่

   เคย (*) ..... ไม่เคย (•)

2. คุณเคยมีประวัติกระดูกสันหลังหัก หรือไม่

   เคย (*) ..... ไม่เคย (•)

3. คุณมีรอยแผลถลอกหรือผ่าตัดบริเวณหลังและท้อง หรือไม่

   มี (*) ..... ไม่มี (•)

4. คุณมีโรคติดเชื้อที่ผิวหนังหรือไม่

   มี (*) ..... ไม่มี (•)

5. คุณเคยมีประวัติเนื้องอก หรือไม่

   เป็น (*) ไม่เป็น (•)

6. คุณมีโรคประจำตัว หรือไม่

มี (◆) ..... ไม่มี (•)

7. คุณเคยฝึกทำ abdominal hollowing เป็นประจำ หรือไม่

เคย (*) ..... ไม่เคย (•) .....

8. ค่าความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนัง

> 20 มิลลิเมตร (*) < 20 มิลลิเมตร (•)

Abdominal..... มิลลิเมตร

Supra-iliac..... มิลลิเมตร

(*) = ไม่ผ่านเกณฑ์การเข้าร่วมการวิจัย

(◆) = พิจารณาโดยผู้วิจัย

(•) = ผ่านเกณฑ์การเข้าร่วมการวิจัย

A IV Data collection sheet

Participant ID .....

Date ...../...../.....

MVC

1. RA

Sitting Crook lying

	Test			Mean
	1	2	3	
RA (mV)	....	....	....	.....

2. EO

Sitting Crook lying

	Test			Mean
	1	2	3	
EO (mV)	....	....	....	.....

3. TrA/IO

Sitting Crook lying

	Test			Mean
	1	2	3	
TrA/IO (mV)	....	....	....	.....

Group assignment of abdominal hollowing (Balance Latin Square)

Group	Order			
1	A	B	D	C
2	B	C	A	D
3	C	D	B	A
4	D	A	C	B

A = Crook lying, B = Prone lying, C = Four point kneeling, and D = Wall support standing.

AH

1. Crook lying

Muscle	Test			Mean	% MVC
	1	2	3		
RA (mV)	....	....	....	.....	.....
EO (mV)	....	....	....	.....	.....
TrA/IO (mV)	....	....	....	.....	.....

2. Prone lying

Muscle	Test			Mean	% MVC
	1	2	3		
RA (mV)	....	....	....	.....	.....
EO (mV)	....	....	....	.....	.....
TrA/IO (mV)	....	....	....	.....	.....

3. Four point kneeling

Muscle	Test			Mean	% MVC
	1	2	3		
RA (mV)	....	....	....	.....	.....
EO (mV)	....	....	....	.....	.....
TrA/IO (mV)	....	....	....	.....	.....

4. Wall support standing

Muscle	Test			Mean	% MVC
	1	2	3		
RA (mV)	....	....	....	.....	.....
EO (mV)	....	....	....	.....	.....
TrA/IO (mV)	....	....	....	.....	.....

APPENDIX B

B I Ethical approval granted by the Ethical Review Committee for Research Involving Human Subjects and/or Use of Animal in Research, Health Science Group of Faculties, Colleges and Institutes, Chulalongkorn University, Thailand

เลขที่ใบรับรอง 099/2549

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และการใช้สัตว์ทดลองในการวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัย : การทำงานของกล้ามเนื้อลำตัวขณะทำการแขม่วท้องในท่าตั้งต้น 4 แบบ
TRUNK MUSCLE ACTIVITY DURING ABDOMINAL HOLLOWING IN FOUR POSITIONS

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวภัทฆมาภรณ์ จันทเพ็ชร

หน่วยงาน : คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และการใช้สัตว์ทดลองในการวิจัย กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

☑ อนุมัติในแง่จริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องข้างต้นได้

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ์)

.....เลขานุการ
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุรศักดิ์ ฐานีพานิชสกุล)

รับรองวันที่ 20 พฤศจิกายน 2549 วันหมดอายุ 20 สิงหาคม 2550

APPENDIX C

C I Instruction for participants to perform maximal voluntary contraction of three abdominal muscles in two starting positions: six maneuvers

ผู้วิจัยเริ่มกระบวนการวิจัยด้วยการหาค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อหน้าท้องทั้ง 3 มัด ในท่าตั้งต้น 2 ท่า คือ ท่านอนหงายและท่านั่ง โดยอธิบายให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบขั้นตอนการทดสอบดังนี้

"ในขณะทำการทดสอบหาค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อหน้าท้องแต่ละมัด ดิฉันจะให้แรงต้านการเคลื่อนไหวลำตัวของคุณ โดยให้คุณค่อยๆ เกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องอย่างช้าๆ และออกแรงสู้กันเต็มที่ จนกว่าดิฉันจะสั่งให้หยุด"

1. Trunk flexion

1) Crook lying position เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยให้คำสั่งดังนี้ "ค่อยๆ ยกลำตัวขึ้นมาตรงๆ จนกระทั่งสะบักพนพื้น เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ออกแรงสู้กันเต็มที่นะคะ ... **เริ่มได้ค่ะ** ... **ออกแรงสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... **เกร็งค้างไว้นะคะ** ... **เกร็งสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... พอค่ะ"

2) Sitting position เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยให้คำสั่งดังนี้ "ค่อยๆ ก้มลำตัวมาด้านหน้าตรงๆ เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ออกแรงสู้กันเต็มที่นะคะ ... **เริ่มได้ค่ะ** ... **ออกแรงสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... **เกร็งค้างไว้นะคะ** ... **เกร็งสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... พอค่ะ"

2. Trunk flexion with rotation to the left

1) Crook lying position เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยให้คำสั่งดังนี้ "ค่อยๆ ยกศีรษะขึ้นมาแล้วหมุนลำตัวและไหล่ขวาไปทางซ้ายให้มากที่สุด โดยให้ไหล่ซ้ายติดเตียง เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ออกแรงสู้กันเต็มที่นะคะ ... **เริ่มได้ค่ะ** ... **ออกแรงสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... **เกร็งค้างไว้นะคะ** ... **เกร็งสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... พอค่ะ"

2) Sitting position เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยให้คำสั่งดังนี้ "ค่อยๆ ก้มลำตัวและหมุนลำตัวไปด้านซ้ายเต็มที่ เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ออกแรงสู้กันเต็มที่นะคะ ... **เริ่มได้ค่ะ** ... **ออกแรงสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... **เกร็งค้างไว้นะคะ** ... **เกร็งสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... พอค่ะ"

3. Trunk flexion with rotation to the right

1) Crook lying position เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยให้คำสั่งดังนี้ "ค่อยๆ ยกศีรษะขึ้นมาแล้วหมุนลำตัวและไหล่ซ้ายไปทางขวาให้มากที่สุด โดยให้ไหล่ขวาติดเตียง เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ออกแรงสู้กันเต็มที่นะคะ ... **เริ่มได้ค่ะ** ... **ออกแรงสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... **เกร็งค้างไว้นะคะ** ... **เกร็งสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... พอค่ะ"

2) Sitting position เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยให้คำสั่งดังนี้ "ค่อยๆ ก้มลำตัวและหมุนลำตัวไปด้านขวาเต็มที่ เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ออกแรงสู้กันเต็มที่นะคะ ... **เริ่มได้ค่ะ** ... **ออกแรงสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... **เกร็งค้างไว้นะคะ** ... **เกร็งสู้กันเต็มที่เลยค่ะ** ... พอค่ะ"

C II Instruction for participants to perform abdominal hollowing

เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าตั้งต้นตามลำดับที่ได้จากการสุ่มแล้ว ผู้วิจัยจะทำการฝึกผู้เข้าร่วมวิจัย ดังนี้

"ให้คุณหายใจเข้าและออกผ่านท้องตามสบายโดยไม่ต้องเกร็ง หลังจากนั้น เมื่อถึงจังหวะของการหายใจออกให้คุณกลั้นหายใจไว้อย่าเพิ่งหายใจเข้า แล้วค่อยๆ แขม่วท้องน้อยส่วนล่างให้สะดืออยู่ชิดกับกระดูกสันหลังให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อทำได้แล้วให้คุณพยายามแขม่วท้องน้อยส่วนล่างค้างไว้แล้วกลับมาหายใจเข้าและออกตามปกติ โดยไม่ให้มีการเคลื่อนไหวของทรวงอก กระดูกสันหลัง และเชิงกราน"

ในขณะทำการเก็บข้อมูลจริง ผู้วิจัยจะกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยแขม่วท้องน้อยส่วนล่างค้างไว้นิ่งๆ ตลอดระยะเวลา 10 วินาทีด้วยคำพูดว่า

"เกร็งค้างไว้นะคะ เกร็งค้างไว้นิ่งๆ ค่ะ เกร็งค้างไว้ค่ะ เกร็งค้างไว้"

APPENDIX D

PILOT STUDY

D I Introduction

There are two widely accepted methods for taking EMG in order to provide information on muscle activity, there are fine-wire and surface EMG (Hogrel, 2005; Soderberg and Knutson, 2000). The fine-wire EMG is the method that has to use a needle to collect muscle activity on one muscle fiber. Consequently, this may cause pain and muscle trauma (Hogrel, 2005). On the other hand, the surface EMG is non-painful and non-invasive method (Hogrel, 2005). However, both fine-wire and surface EMG showed similar results of muscle activation during functional tasks (Hodges and Richardson, 1997; Marshall and Murphy, 2003). Moreover, the surface EMG was shown to be able of evaluating the activity of deep abdominal muscles although the surface electrodes were placed on the skin overlying the muscles (Beith et al., 2001; Dankaerts et al., 2004; Ng et al., 1998; O'Sullivan et al., 1998).

To be able to compare the EMG activity between muscles, activities, individuals, or studies; normalization of the EMG activity to a reference value is essential (Soderberg and Knutson, 2000). There are a few normalization methods that were commonly used in previous studies, there were sub-MVC and MVC (Dankaerts et al., 2004; Ng et al., 2003). The most frequently used reference value is the MVC against either manual or instrumental resistance. This is performed by calculating the EMG activity of a muscle as a percentage of the MVC of that muscle (Hogrel, 2005). Due to this characteristic of the EMG, the validity of the comparisons of the EMG activity would also be affected by the reliability of the surface EMG activity during MVC (Dankaerts et al., 2004).

Previous studies investigating within-day reliability of the MVC for RA, EO, and IO muscles in either asymptomatic or symptomatic LBP showed good to excellent with ICC

values ranged from 0.83 to 0.98 in asymptomatic LBP (Allison et al., 1998; Dankaerts et al., 2004; Ng et al., 2003) and 0.76 to 0.96 in symptomatic LBP (Dankaerts et al., 2004). Additionally, no distinct differences were found between the reported ICC values derived from performing MVC against manual resistance and instrumental resistance. For RA muscle, the reported ICC values were ranged between 0.87 and 0.96 with manual resistance (Allison et al., 1998; Dankaerts et al., 2004) while it was 0.93 with instrumental resistance (Ng et al., 2003). For EO and IO muscles, the reported ICC values were 0.96 and 0.91 with manual resistance (Dankaerts et al., 2004). While reported ICC values were 0.95 for EO and 0.93 for IO with instrumental resistance (Ng et al., 2003).

Although these previous studies showed good to excellent reliability of surface EMG, it is recommended that all studies should have to conduct their own reliability study. This is because the reliability is an inherent property that is associated with certain population and testing procedure (Portney and Watkins, 2000). Thus, the aim of this pilot study was to examine the reliability of EMG activity of the tested abdominal muscles during MVC.

D II Study design

A test-retest research design was used to evaluate the reliability of the surface EMG activity of the RA, EO and TrA/IO muscles during MVC. The independent variable was the trial and the dependent variable was the EMG activity of the RA, EO and TrA/IO muscles.

D III Participants

Ten asymptomatic LBP participants were recruited in this study. The inclusion and the exclusion criteria were the same as those described in Section 3.3. Prior to the experiment, each participant was required to give written informed consent (Appendix A). Ethical approval to conduct the study was approved by the Ethical Review Committee for Research Involving Human Subjects and/or Use of Animal in Research, Health Science Group of Faculties, Colleges and Institutes, Chulalongkorn University, Thailand.

D IV Materials and methods

All materials described in Section 3.4 were used for measuring the EMG activity of the three muscles (RA, EO and TrA/IO). The procedures for acquiring MVC from these three muscles are described in Section 3.5. Each participant was asked to perform three trials of MVC with 2-minute rest between trials in order to avoid fatigue. For each trial, the contraction duration time was kept at five seconds.

D V Data processing

The raw EMG activities recorded from each of the three trials were managed in the same way as that presented in Section 3.6.

D VI Statistical analysis

To determine the reliability between all three trials, the $ICC_{(3,1)}$ were obtained using the SPSS. The level of agreement was considered little or no relationship when the ICC was between 0 and 0.25, fair when it was between 0.25 and 0.50, moderate to good between

0.50 and 0.75, and good to excellent when greater than 0.75 (Portney and Watkins, 2000).

One way repeated measures ANOVA was also performed on the EMG data in order to investigate whether there was any systematic difference in the EMG activities among the three trials (Domholdt, 2000). A value of $p<0.05$ was used to determine statistical significance.

D VII Results

Three males and seven females participated in this study. The demographic data is presented in Table 1. The $ICC_{(1,3)}$ values EMG activities during MVC are summarized in Table 2. EMG activities during MVC showed excellent reliability with high $ICC_{(3,1)}$ values (mean 0.92, range 0.86–0.96).

Table D I Demographic data of participants (n = 10)

	Minimum	Mean (SD)	Maximum
Age (year)	20.0	21.2(0.8)	22.0
Mass (kg)	40.0	49.7(6.1)	63.0
Height (m)	1.54	1.63(0.07)	1.80
Body mass index (kg/m^2)	16.02	18.58(1.49)	21.09
Abdominal skinfold thickness (mm)	12	16(28)	20
Suprailiac skinfold thickness (mm)	6	10(3)	14

Table D II The intraclass correlation coefficient ($ICC_{(3,1)}$) values of the electromyographic activity for maximal voluntary contraction (MVC) (n = 10)

MVC	$ICC_{(1,3)}$	p-value
RA	0.96	0.71
EO	0.86	0.09
TrA/IO	0.95	0.71
Mean	0.92	

RA = Rectus abdominis, EO = External abdominal oblique, TrA/IO = Transversus abdominis / internal abdominal oblique muscles.

D VIII Discussion

Excellent ICCs reported in this study were consistent the results of previous studies (Allison et al., 1998; Dankaerts et al., 2004; Ng et al., 2003). This may be the fact that the researcher had practiced the skill related to this procedure for trunk and lower limb muscles, there was clearly setting procedure of participants while performing and allowed the participants to practice until they perform correctly. Additionally, the researcher used consistent verbal feedback to encourage participants.

D VIIII Conclusion

Reliability of EMG activity during MVC showed excellent ICC. Therefore, MVC of the three abdominal muscles (RA, EO, TrA/IO) could be investigated from one exertion.

D X References

Allison, G. T., Godfrey, P., and Robinson, G. (1998). EMG signal amplitude assessment during abdominal bracing and hollowing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **8**, 51-57.

Beith, I. D., Synnott, R. E., and Newman, S. A. (2001). Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions. *Manual Therapy* **6**, 82-87.

Dankaerts, W., O'Sullivan, P. B., Burnett, A. F., Straker, L. M., and Danneels, L. A. (2004). Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **14**, 333-342.

Domholdt, E. (2000). "Physical therapy research: principles and applications," 2/Ed. Saunders, Philadelphia.

Hodges, P. W., and Richardson, C. A. (1997). Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research* **114**, 362-370.

Hogrel, J.-Y. (2005). Clinical applications of surface electromyography in neuromuscular disorders. *Neurophysiologie clinique* **35**, 59-71.

Marshall, P. W., and Murphy, B. A. (2003). The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **13**, 477-489.

Ng, J. K., Kippers, V., and Richardson, C. A. (1998). Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* **38**, 51-58.

Ng, J. K., Parnianpour, M., Kippers, V., and Richardson, C. A. (2003). Reliability of electromyographic and torque measures during isometric axial rotation exertions of the trunk. *Clinical Neurophysiology* **114**, 2355-2361.

O'Sullivan, P. B., Twomey, L., and Allison, G. T. (1998). Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* **27**, 114-124.

Portney, L., and Watkins, C. (2000). "Foundations of clinical research: applications to practice," 2/Ed. Prentice Hall Health, Upper Saddle River.

Soderberg, G. L., and Knutson, L. M. (2000). A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Physical Therapy* **80**, 485-498.

APPENDIX E

DATA OF PILOT STUDY

Table E I Demographic data of participants (n = 10)

Participants	Sex	Age (y)	Mass (kg)	Height (m)	Body mass index (kg/m^2)	Abdominal skinfold thickness (mm)	Supra-iliac skinfold thickness (mm)
1	Female	20	46	155	19.15	14	11
2	Female	21	40	158	16.02	17	7
3	Female	21	52	163	19.57	20	14
4	Male	22	54	160	21.09	14	7
5	Female	20	48	164	17.85	20	13
6	Female	22	47	154	19.82	18	11
7	Male	22	48	165	17.63	12	7
8	Female	21	52	170	17.99	15	11
9	Male	21	63	180	19.44	14	6
10	Female	22	47	165	17.26	14	13

Table E II Electromyographic activity of rectus abdominis (RA) during maximal voluntary contraction (MVC) (n = 10)

Participants	MVC of RA (millivolts)			
	1	2	3	Mean
1	130	138	146	138.00
2	44	51	40	45.00
3	62	63	55	60.00
4	82	84	111	92.33
5	76	78	72	75.33
6	54	54	74	60.67
7	173	131	139	147.67
8	57	41	42	46.67
9	90	83	63	78.67
10	53	54	60	55.67

Table E III Electromyographic activity of external abdominal oblique (EO) during maximal voluntary contraction (MVC) (n = 10)

Participants	MVC of EO (millivolts)			
	1	2	3	Mean
1	216	144	133	164.33
2	103	131	77	103.67
3	70	59	44	57.67
4	70	68	69	69.00
5	122	125	114	120.33
6	136	126	103	121.67
7	150	165	123	146.00
8	115	94	123	110.67
9	114	125	85	108.00
10	137	103	149	129.67

Table E IV Electromyographic activity of transversus abdominis / internal abdominal oblique (TrA/IO) during maximal voluntary contraction (MVC) (n = 10)

Participants	MVC of TrA/IO (millivolts)			
	1	2	3	Mean
1	347	358	399	368.00
2	239	199	249	229.00
3	131	88	106	108.33
4	177	183	179	179.67
5	190	234	274	232.67
6	160	176	153	163.00
7	398	308	269	325.00
8	144	116	150	136.67
9	160	165	178	167.67
10	215	236	206	219.00

APPENDIX F

DATA OF MAIN STUDY

Table F I Demographic data of participants (n = 32)

Participants	Sex	Age (y)	Mass (kg)	Height (m)	Body mass index (kg/m^2)	Abdominal skinfold thickness (mm)	Supra-iliac skinfold thickness (mm)
1	Female	21	40	1.55	16.65	14	8
2	Female	20	46	1.61	17.75	15	13
3	Male	21	57	1.70	19.72	17	13
4	Male	21	55	1.65	20.20	18	10
5	Female	20	49	1.78	15.47	19	9
6	Female	21	44	1.58	17.63	19	12
7	Male	22	60	1.75	19.59	15	6
8	Male	21	68	1.73	22.72	20	10
9	Male	22	68	1.70	23.53	18	13
10	Female	23	45	1.57	18.26	17	12
11	Male	22	54	1.68	19.13	7	4
12	Female	22	36	1.48	16.44	11	6
13	Female	20	38	1.55	15.82	19	9
14	Female	21	37	1.50	16.44	20	9
15	Female	21	45	1.60	17.59	19	15
16	Male	21	62	1.74	20.48	14	6
17	Male	20	53	1.65	19.47	12	4
18	Female	20	49	1.65	18.00	15	16
19	Male	22	60	1.70	20.76	6	5
20	Female	21	44	1.57	17.85	17	12
21	Male	22	55	1.74	18.17	8	5
22	Male	22	58	1.72	19.61	18	10
23	Male	21	48	1.65	17.63	20	10
24	Female	22	43	1.60	16.80	13	9
25	Female	22	49	1.57	19.88	16	9
26	Male	20	45	1.60	17.58	15	8

Table F I Demographic data of participants (n = 32) (continued)

Participants	Sex	Age (y)	Mass (kg)	Height (m)	Body mass index (kg/m^2)	Abdominal skinfold thickness (mm)	Supra-iliac skinfold thickness (mm)
27	Female	22	50	1.59	19.78	18	10
28	Male	22	56	1.74	18.50	18	6
29	Female	22	48	1.65	17.63	14	9
30	Female	21	43	1.53	18.37	13	9
31	Female	22	53	1.65	19.47	13	10
32	Female	21	48	1.58	19.23	17	10

Table F II Electromyographic activity of three abdominal muscles during maximal voluntary contraction (MVC) (n = 32)

Participants	MVC (millivolts)		
	RA	EO	TrA/IO
1	88	157	290
2	113	128	243
3	46	264	275
4	97	308	417
5	49	235	124
6	42	125	147
7	130	392	240
8	30	117	424
9	73	310	169
10	103	72	181
11	263	320	965
12	167	249	348
13	77	64	152
14	186	479	224
15	66	61	152
16	61	276	184
17	95	227	312
18	41	149	288
19	105	452	448
20	36	75	157
21	102	295	420
22	44	163	159
23	152	150	316
24	29	145	200
25	45	126	150
26	146	327	283
27	68	118	115
28	39	185	159
29	22	45	117
30	52	226	411
31	50	206	170
32	74	250	219

RA = Rectus abdominis, EO = External abdominal oblique, and TrA/IO = Transversus abdominis / internal abdominal oblique.

Table F III Root mean square of electromyographic activity of three abdominal muscles during abdominal hollowing in crook lying position (n = 32)

Participants	RA (millivolts)				EO (millivolts)				TrA/IO (millivolts)			
	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean
1	0	1	1	0.67	3	5	8	5.33	44	45	57	48.67
2	1	1	2	1.33	10	10	10	10.00	51	56	48	51.67
3	1	2	1	1.33	6	5	4	5.00	25	19	14	19.33
4	0	1	0	0.33	10	12	11	11.00	302	279	267	282.67
5	4	1	2	2.33	5	11	13	9.66	51	57	51	53.00
6	0	1	1	0.67	0	0	0	0.00	31	31	30	30.67
7	0	1	2	1.00	5	5	4	4.67	27	26	28	27.00
8	4	5	6	5.00	35	41	45	40.33	290	215	259	254.67
9	0	0	0	0.00	0	2	7	3.00	33	30	26	29.67
10	1	1	1	1.00	7	9	9	8.33	57	47	40	48.00
11	0	0	0	0.00	7	8	9	8.00	172	193	223	196.00
12	0	0	0	0.00	6	7	14	9.00	35	39	54	42.67
13	4	2	4	3.33	10	9	8	9.00	28	28	24	26.67
14	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	33	19	26	26.00
15	3	3	4	3.33	10	9	8	9.00	28	28	24	26.67
16	0	0	4	1.33	5	10	11	8.67	94	105	99	99.33
17	0	0	0	0.00	5	8	4	5.67	49	31	36	38.67
18	1	0	0	0.33	1	2	2	1.67	24	27	34	28.33
19	1	0	0	0.33	7	2	0	3.00	85	55	51	63.67
20	3	1	0	1.33	9	14	6	9.67	90	126	98	104.67
21	1	0	1	0.67	5	7	4	5.33	178	132	132	147.33
22	0	2	0	0.67	1	0	0	0.33	25	23	20	22.67
23	1	0	0	0.33	3	6	6	5.00	14	16	17	15.67
24	0	0	0	0.00	1	1	2	1.33	13	14	15	14.00
25	0	1	2	1.00	1	3	2	2.00	122	114	142	126.00
26	1	0	0	0.33	5	3	1	3.00	34	35	31	33.33
27	0	0	1	0.33	3	3	4	3.33	9	8	8	8.33
28	0	0	0	0.00	9	8	15	10.67	135	120	138	131.00
29	0	0	0	0.00	0	3	3	2.00	6	11	10	12.33
30	1	1	1	1.00	5	5	7	5.67	57	69	79	68.33
31	6	2	0	2.67	13	5	11	9.67	38	38	46	40.67
32	0	0	0	0.00	2	4	6	4.00	27	24	33	28.00

RA = Rectus abdominis, EO = External abdominal oblique, and TrA/IO = Transversus abdominis / internal abdominal oblique.

Table F IV Root mean square of electromyographic activity of three abdominal muscles during abdominal hollowing in prone lying position (n = 32)

Participants	RA (millivolts)				EO (millivolts)				TrA/IO (millivolts)			
	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean
1	0	0	0	0.00	2	4	0	2.00	52	51	45	49.33
2	0	4	1	1.67	11	9	8	9.33	97	71	85	84.33
3	0	5	2	2.33	12	19	9	13.33	37	38	32	35.66
4	0	0	0	0.00	19	41	25	28.33	385	406	314	368.33
5	0	1	0	0.33	17	18	16	17.00	67	53	62	60.66
6	0	1	1	0.67	2	2	2	2.00	57	67	61	61.67
7	0	2	0	0.67	7	11	9	9.00	34	43	32	36.33
8	0	0	3	1.00	10	5	13	9.33	126	102	125	117.67
9	0	2	0	0.67	2	1	0	1.00	34	42	34	36.67
10	1	0	4	1.67	29	25	23	25.67	105	90	84	93.00
11	2	0	0	0.67	31	21	25	25.67	225	226	212	221.00
12	0	0	2	0.67	2	6	4	4.00	22	11	15	16.00
13	5	0	2	2.33	6	8	9	7.67	28	37	30	31.67
14	0	0	0	0.00	1	2	2	1.67	102	80	93	91.67
15	6	0	2	2.67	8	8	8	8.00	27	37	30	31.33
16	0	1	3	1.33	36	49	34	39.67	121	112	97	100.00
17	0	1	0	0.33	13	9	5	9.00	40	50	49	46.33
18	1	0	0	0.33	8	8	5	7.00	97	119	97	104.33
19	0	1	0	0.33	4	2	3	3.00	44	49	48	47.00
20	0	1	0	0.33	6	11	9	8.67	62	54	50	50.67
21	0	0	0	0.00	3	1	0	1.33	118	105	100	107.67
22	0	2	0	0.67	0	0	0	0.00	20	26	23	23.00
23	2	1	0	1.00	9	10	7	8.67	35	35	33	34.33
24	0	0	0	0.00	7	3	2	4.00	20	19	17	18.67
25	0	1	0	0.33	0	0	0	0.00	40	54	45	46.33
26	1	2	1	1.33	8	12	9	9.67	65	75	79	73.00
27	0	0	1	0.33	1	2	4	2.33	13	15	17	15.00
28	1	0	0	0.33	10	16	14	13.33	122	100	110	110.67
29	0	3	0	1.00	3	4	4	3.67	12	10	11	11.00
30	0	1	1	0.67	8	14	11	11.00	74	56	46	58.67
31	0	2	5	2.33	18	23	21	20.67	37	51	39	42.33
32	0	0	0	0.00	4	4	0	2.67	27	25	23	25.00

RA = Rectus abdominis, EO = External abdominal oblique, and TrA/IO = Transversus abdominis / internal abdominal oblique.

Table F V Root mean square of electromyographic activity of three abdominal muscles during abdominal hollowing in four-point kneeling position (n = 32)

Participants	RA (millivolts)				EO (millivolts)				TrA/IO (millivolts)			
	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean
1	0	0	0	0.00	0	1	3	1.33	17	16	12	15.00
2	0	1	0	0.33	5	10	5	6.67	34	32	39	35.00
3	5	0	3	2.67	6	2	3	3.67	21	21	26	22.67
4	0	0	0	0.00	3	2	8	4.33	36	33	37	35.33
5	0	0	0	0.00	10	19	13	14.00	43	54	41	46.00
6	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	17	17	13	15.67
7	0	0	0	0.00	1	3	4	2.67	14	21	20	18.33
8	2	2	2	2.00	18	20	17	18.33	87	82	88	85.67
9	0	0	1	0.33	6	9	4	6.33	30	42	35	35.67
10	0	1	1	0.67	19	20	24	21.00	63	65	66	64.67
11	1	1	0	0.67	13	12	15	13.33	106	123	102	110.33
12	0	2	0	0.67	3	1	5	3.00	14	19	20	17.67
13	0	0	0	0.00	5	5	4	4.67	18	20	25	21.00
14	0	1	0	0.33	0	4	0	1.33	78	95	82	85.00
15	1	0	0	0.33	5	7	3	5.00	18	16	25	19.67
16	1	0	0	0.33	21	17	25	21.00	110	121	117	116.00
17	0	0	0	0.00	3	2	6	3.67	20	21	23	21.33
18	5	1	0	2.00	4	3	3	3.33	62	58	51	57.00
19	0	2	1	1.00	0	3	2	1.67	18	21	14	17.67
20	1	1	0	0.67	4	4	4	4.00	56	42	48	48.67
21	0	0	0	0.00	2	0	1	1.00	133	75	82	96.67
22	1	0	0	0.33	2	1	1	1.33	17	14	19	16.67
23	2	2	0	1.33	9	4	11	8.00	33	37	33	34.33
24	2	0	0	0.67	2	2	3	2.33	14	10	13	12.33
25	0	0	1	0.33	0	4	4	2.67	41	37	50	42.67
26	2	3	1	2.00	0	2	1	1.00	32	30	24	28.67
27	1	1	0	0.67	4	5	6	5.00	8	11	10	9.67
28	1	0	1	0.67	33	25	32	30.00	127	121	121	123.00
29	4	0	0	1.33	0	1	1	0.67	5	6	8	6.33
30	0	1	0	0.33	9	7	12	9.33	58	59	69	62.00
31	5	1	0	2.00	8	11	9	9.33	24	32	26	27.33
32	0	1	0	0.33	10	2	1	4.33	39	26	26	30.33

RA = Rectus abdominis, EO = External abdominal oblique, and TrA/IO = Transversus abdominis / internal abdominal oblique.

Table F VI Root mean square of electromyographic activity of three abdominal muscles during abdominal hollowing in wall support standing position ($n = 32$)

Participants	RA (millivolts)				EO (millivolts)				TrA/IO (millivolts)			
	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean
1	5	0	0	1.67	20	17	22	19.67	44	53	44	47.00
2	0	1	1	0.67	8	7	4	6.33	69	66	54	63.00
3	0	0	0	0.00	4	2	3	3.00	31	24	27	24.00
4	0	1	1	0.67	12	7	10	9.67	76	81	108	88.33
5	1	1	0	0.67	6	11	6	7.67	42	41	31	38.00
6	1	0	0	0.33	1	1	1	1.00	53	44	44	47.00
7	1	1	1	1.00	7	13	13	11.00	47	47	42	45.33
8	5	8	12	8.33	19	15	24	19.33	146	164	177	162.33
9	0	0	0	0.00	7	6	7	6.67	40	51	55	48.67
10	3	3	5	3.67	16	17	20	17.67	71	82	94	82.33
11	0	0	0	0.00	6	11	10	9.00	55	58	58	57.00
12	1	1	5	2.33	7	13	10	10.00	34	32	29	31.67
13	1	2	1	1.33	9	8	7	8.00	37	27	26	30.33
14	0	1	0	0.33	6	3	4	4.33	23	14	20	19.00
15	2	2	1	1.67	12	8	7	9.00	37	27	26	30.00
16	1	2	1	1.33	14	22	20	18.67	92	116	111	106.33
17	1	1	0	0.67	2	3	1	2.00	33	28	22	27.67
18	3	4	3	3.33	11	14	14	13.00	55	57	72	61.33
19	0	1	0	0.33	8	10	10	9.33	26	28	32	28.67
20	3	1	1	1.67	5	3	3	3.67	30	31	40	33.67
21	1	0	0	0.33	0	0	1	0.33	69	74	53	65.33
22	0	0	0	0.00	13	12	11	12.00	32	19	24	25.00
23	4	2	4	3.33	14	14	24	17.33	88	78	108	91.33
24	0	0	0	0.00	6	7	7	6.67	14	14	14	14.00
25	0	0	0	0.00	2	4	1	2.33	29	26	29	28.00
26	3	0	1	1.33	22	21	22	21.67	18	21	17	18.67
27	0	0	0	0.00	5	3	2	3.33	15	13	14	14.00
28	4	6	5	5.00	15	26	23	21.33	118	137	139	131.33
29	0	1	0	0.33	4	5	5	4.67	12	15	18	15.00
30	1	1	2	1.33	17	14	23	18.00	45	36	46	42.33
31	0	1	1	0.67	5	4	6	5.00	19	21	21	20.33
32	0	0	0	0.00	5	7	11	7.67	29	27	29	28.33

RA = rectus abdominis, EO = external abdominal oblique, and TrA/IO = Transversus abdominis / internal abdominal oblique.

Table F VII Electromyographic activity (percent of maximal voluntary contraction) of three abdominal muscles during abdominal hollowing in four positions (n = 32)

Participants	Crook lying			Prone lying			Four-point kneeling			Wall support standing		
	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO
1	0.76	3.39	16.78	0.00	1.27	17.01	0.00	0.85	5.17	1.90	12.53	16.21
2	1.18	7.81	21.26	1.48	7.29	34.70	0.29	5.21	14.40	0.59	4.95	25.93
3	2.89	1.89	6.93	5.07	5.05	12.78	5.80	1.39	8.24	0.00	1.14	8.60
4	0.34	3.57	67.79	0.00	9.20	88.33	0.00	1.41	8.47	0.69	3.14	21.18
5	4.76	4.11	42.74	0.67	7.23	48.92	0.00	5.96	37.10	1.37	3.26	30.65
6	1.60	0.00	20.86	1.60	1.65	41.95	0.00	0.00	10.66	0.79	0.80	31.97
7	0.77	1.19	11.25	0.52	2.30	15.14	0.00	0.68	7.64	0.77	2.81	18.89
8	16.67	34.57	60.06	3.33	7.97	27.75	6.67	15.67	20.21	13.88	16.52	38.29
9	0.00	0.97	17.56	0.92	0.32	21.70	0.45	2.04	21.11	0.00	2.15	28.80
10	0.97	11.57	26.52	1.62	35.65	51.38	0.65	29.17	35.73	3.56	24.54	34.49
11	0.00	3.11	20.31	0.25	9.99	22.90	0.26	5.19	11.43	0.00	3.50	5.91
12	0.00	3.61	12.26	0.40	1.61	4.60	0.40	1.20	5.08	1.40	4.02	9.10

Table F VII Electromyographic activity (percent of maximal voluntary contraction) of three abdominal muscles during abdominal hollowing in four positions (n = 32) (continued)

Participants	Crook lying			Prone lying			Four-point kneeling			Wall support standing		
	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO
13	4.32	14.06	17.55	3.03	11.98	20.84	0.00	7.30	13.82	1.73	12.50	19.95
14	0.00	.00	11.61	0.00	0.35	40.92	0.18	0.28	37.95	0.18	0.90	8.48
15	5.05	14.75	17.55	4.05	13.11	20.61	0.50	8.20	12.94	2.53	14.75	19.74
16	2.18	3.14	53.98	2.18	14.37	59.78	0.54	7.61	63.04	2.18	6.76	57.79
17	0.00	2.50	12.39	0.35	3.96	14.85	0.00	1.62	6.84	0.71	0.88	8.87
18	0.80	.01	9.84	0.80	4.70	36.23	4.88	2.23	19.79	8.12	8.72	21.30
19	0.31	.66	14.21	0.31	0.66	10.49	0.95	0.37	3.94	0.31	2.06	6.40
20	3.69	12.89	66.67	0.92	11.56	32.27	1.86	5.33	31.00	4.64	4.89	21.45
21	0.66	1.81	35.08	0.00	0.45	25.64	0.00	0.34	23.02	0.32	0.11	15.55
22	1.52	.20	14.26	1.52	0.00	14.47	0.75	0.82	10.48	0.00	7.36	14.97
23	0.22	3.33	4.96	0.66	5.78	10.86	0.88	5.33	10.86	2.19	11.55	28.90
24	0.00	.92	7.00	0.00	2.76	9.34	2.31	1.61	6.17	0.00	4.60	7.00

Table F VII Electromyographic activity (percent of maximal voluntary contraction) of three abdominal muscles during abdominal hollowing in four positions (n = 32) (continued)

Participants	Crook lying			Prone lying			Four-point kneeling			Wall support standing		
	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO	RA	EO	TrA/IO
25	2.22	1.59	84.00	0.73	0.00	30.89	0.73	2.12	28.45	0.00	1.85	18.67
26	0.23	.92	11.78	0.91	2.96	25.80	1.37	0.31	10.13	0.91	6.63	6.59
27	0.49	2.82	7.24	0.49	1.97	13.04	0.99	4.24	8.41	0.00	2.82	12.17
28	0.00	5.77	82.39	0.85	7.21	69.60	1.72	16.22	77.36	12.82	11.53	82.60
29	0.00	4.44	10.54	4.55	8.16	9.40	6.05	1.49	5.41	1.50	10.38	12.82
30	1.92	2.50	16.63	1.29	4.23	14.27	0.63	4.13	15.09	2.56	7.96	10.30
31	5.34	4.69	23.92	4.67	10.03	24.90	4.00	4.53	16.08	1.34	2.43	11.96
32	0.00	1.60	12.79	9.00	1.07	11.42	0.45	1.73	13.85	0.00	3.07	12.94

RA = Rectus abdominis, EO = External abdominal oblique, and TrA/IO = Transversus abominis muscles.

APPENDIX G

G I Inhibition and isolation of three abdominal muscles

Table G I Number and percentage of participants who could inhibit activity from rectus abdominis muscle during abdominal hollowing (n = 32)

Starting positions	Numbers of participants (percent)		
	Always	Sometimes	Never
Crook lying	9 (28.13)	15 (46.88)	8 (25.00)
Prone lying	6 (18.75)	25 (78.13)	1 (3.13)
Four-point kneeling	8 (25.00)	22 (68.75)	2 (6.25)
Wall support standing	8 (25.00)	12 (37.50)	12 (37.50)

Table G II Number and percentage of participants who could inhibit activity from external abdominal muscle during abdominal hollowing (n = 32)

Starting positions	Numbers of participants (percent)		
	Always	Sometimes	Never
Crook lying	2 (6.25)	4 (12.50)	26 (81.25)
Prone lying	2 (6.25)	4 (12.50)	26 (81.25)
Four-point kneeling	1 (3.13)	7 (21.88)	24 (75.00)
Wall support standing	0 (0.00)	1 (3.13)	31 (96.88)

Table G III Number and percentage of participants who could isolate activity of transversus abdominis / internal abdominal oblique muscle from other abdominal muscles during abdominal hollowing (n = 32)

Starting positions	Numbers of participants (percent)		
	Always	Sometimes	Never
Crook lying	1 (3.13)	5 (15.63)	26 (81.25)
Prone lying	0 (0.00)	6 (18.75)	26 (81.25)
Four-point kneeling	1 (3.13)	4 (12.50)	27 (84.38)
Wall support standing	0 (0.00)	1 (3.13)	31 (96.88)

BIOGRAPHY

Miss Pakkanaporn Chanthapetch was born on July 15, 1982 in Ratchaburi, Thailand. She graduated the Bachelor's degree in Physical Therapy from the Faculty of Allied Health Science, Chulalongkorn University in 2005. Currently, she works part time as a physiotherapist at Nonthavej Hospital.