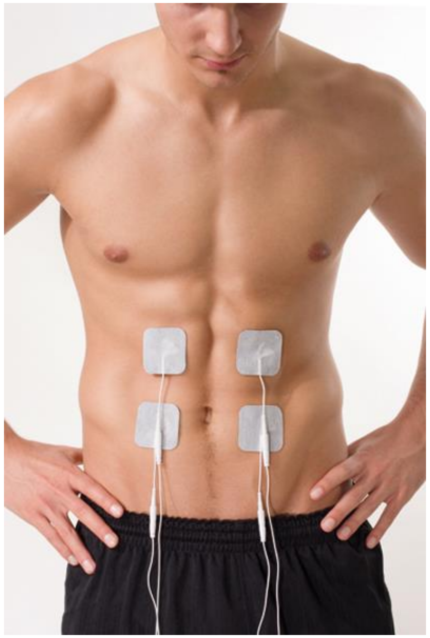
Therapeutic Electrical Stimuli and EMGs



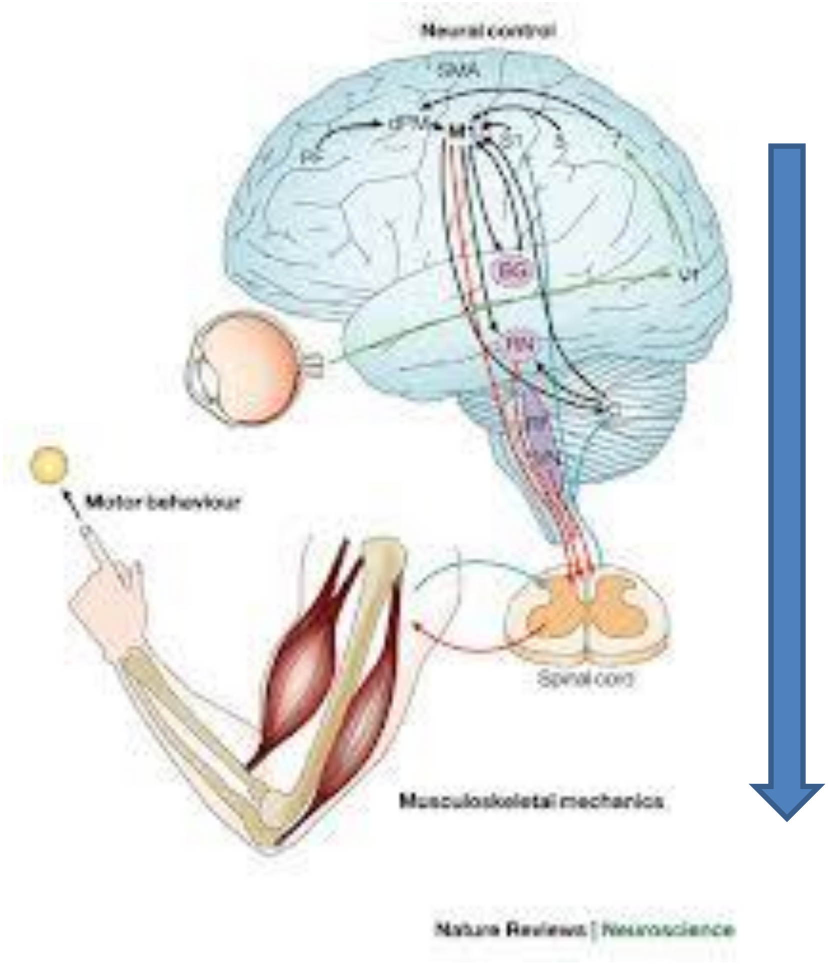
Assist.Prof.Parinya Lertsinthai, PT (Ph.D)
Physical Therapy, Allied health science
Naresuan University

Objective of Study

1. What is Therapeutic electrical stimulation (ES) and EMGs?
2. Basic Physiology of Neuromuscular control.
3. How to use and Indication to use.
4. Type of electrical stimulation (ES) and EMGs?
5. Application in Physical therapy, rehabilitation medicine and sport.
6. Lab: ES and EMGs

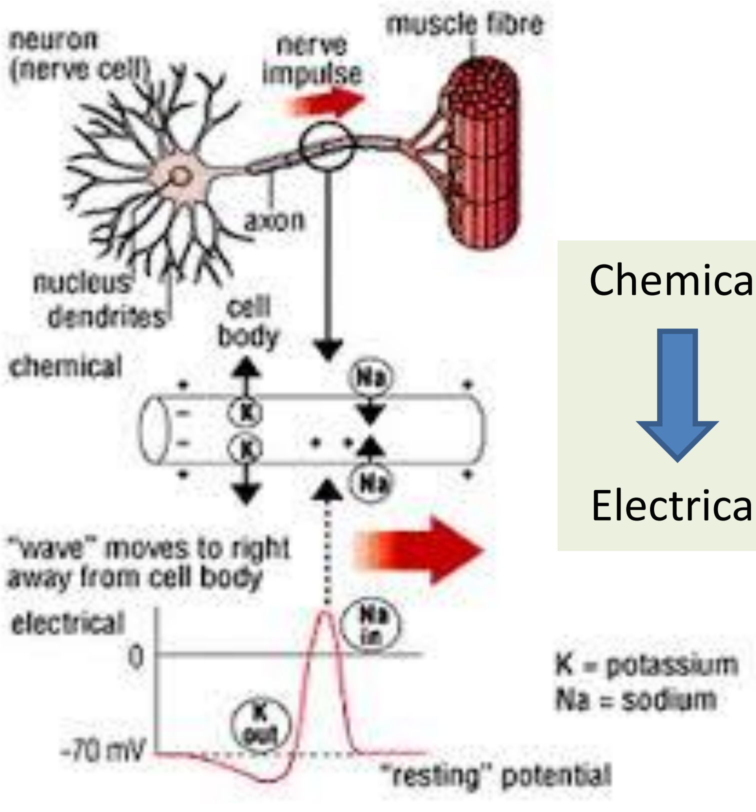
Neuromuscular Control

Brain/Spinal cord



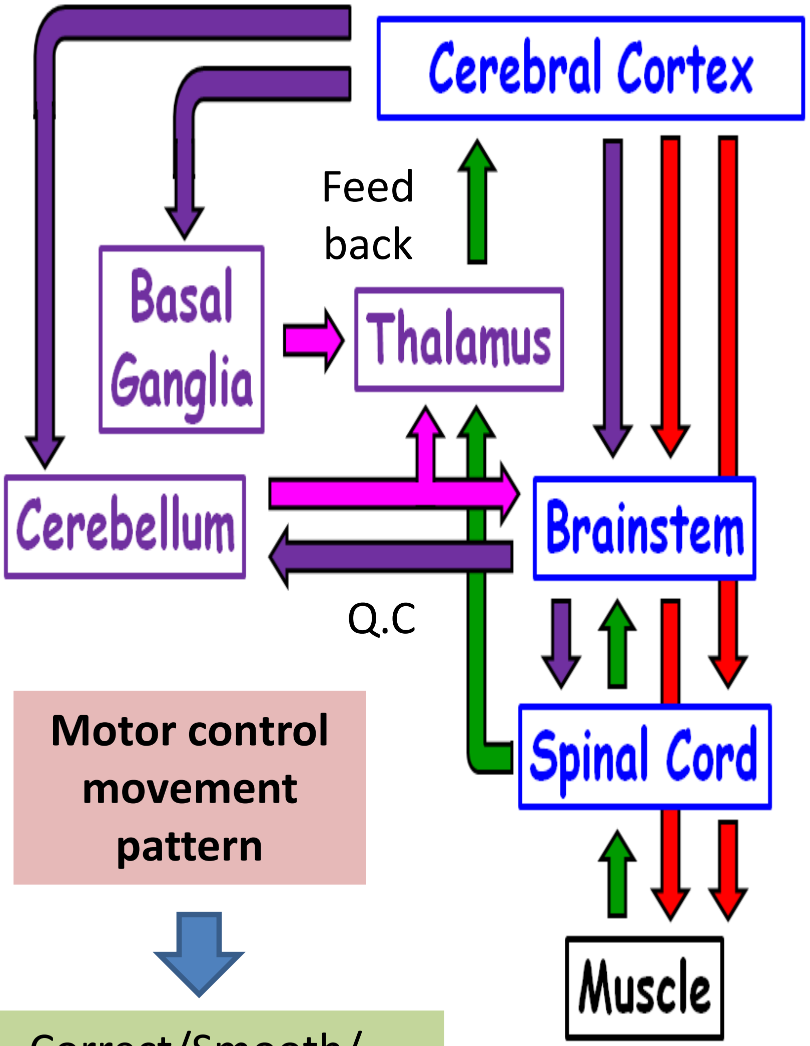
Muscle/joint Control

Neuromuscular system



Chemical

Electrical



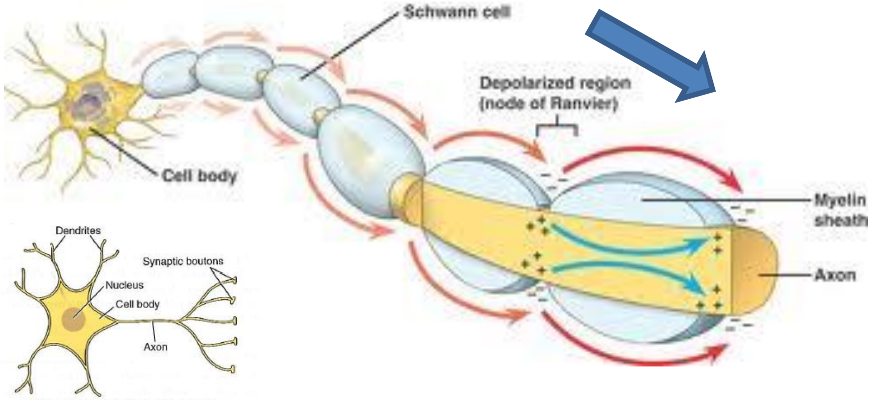


FIG 5-12 A typical alpha motor neuron.

Motor control movement pattern

Correct/Smooth/ Sequence movement

Resting Membrane Potential

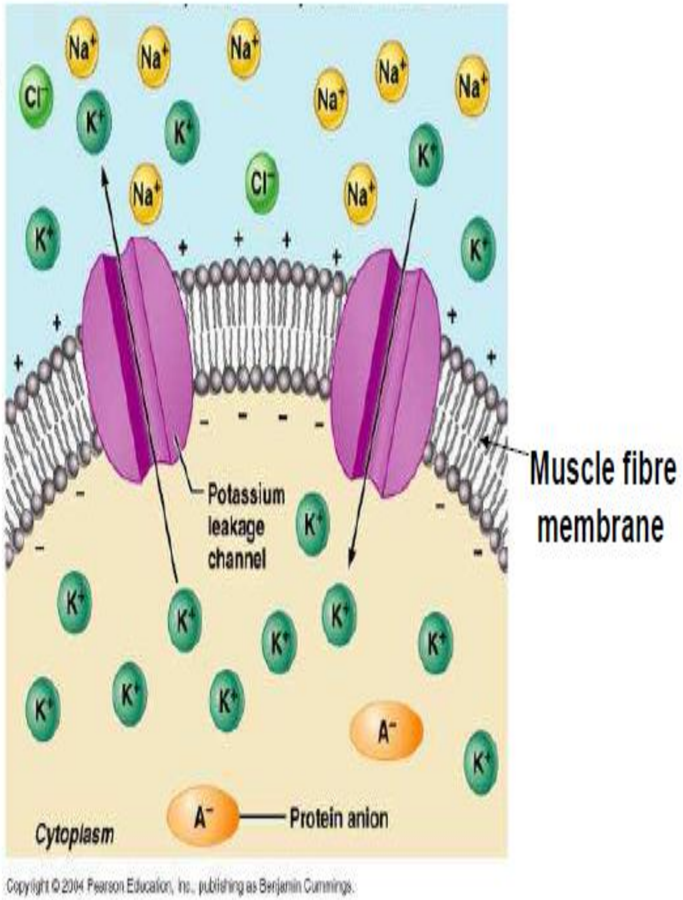
Extracellular space

Na+

K+

Intracellular space

Na-K pump



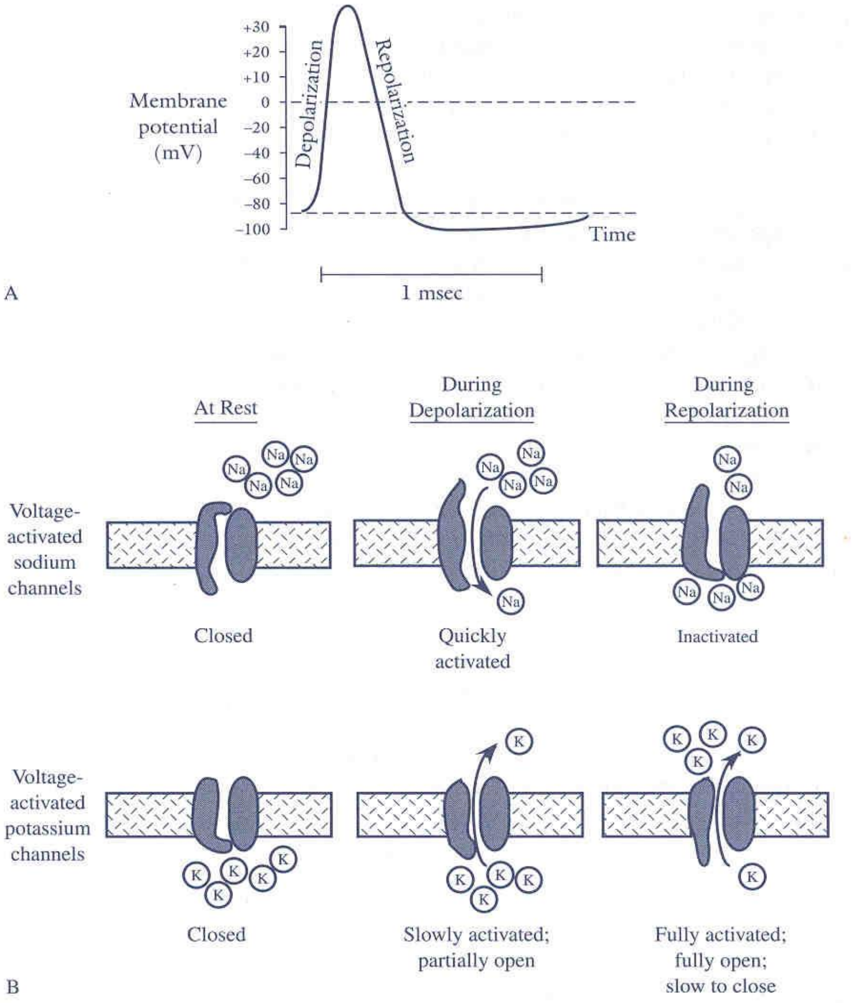
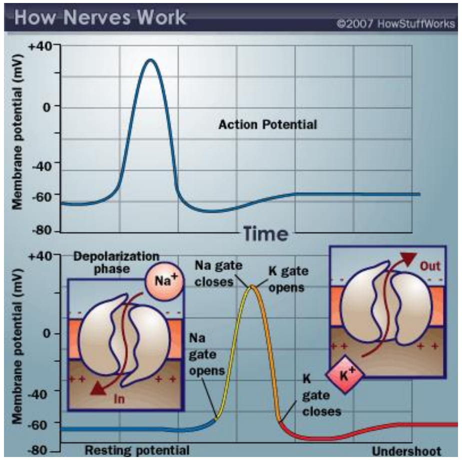
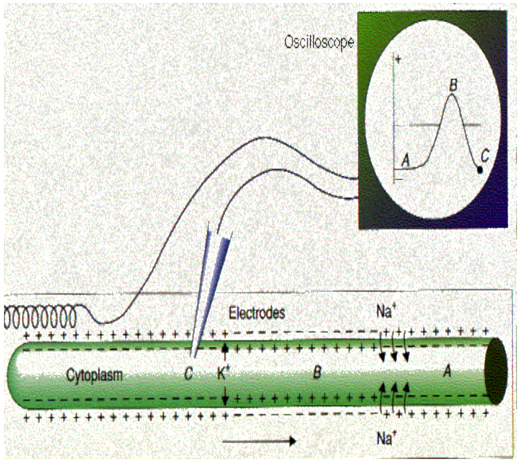
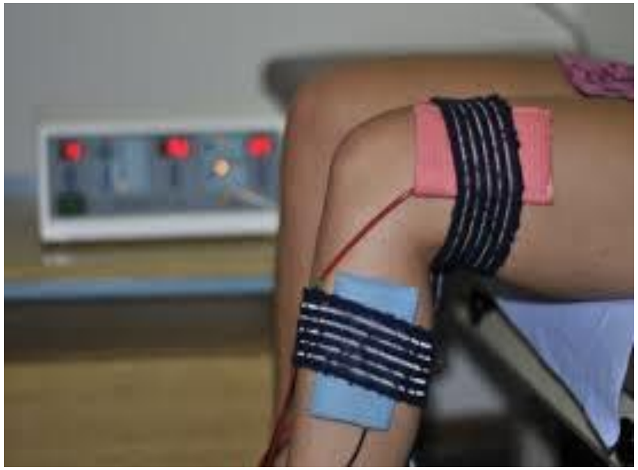


Figure 3.3 A. Intracellular action potential: the transmembrane voltage changes that occur in excitable cells during "excitation." **B.** Diagrammatic representation of changes in the voltage-gate sodium and potassium channels during the action potential.

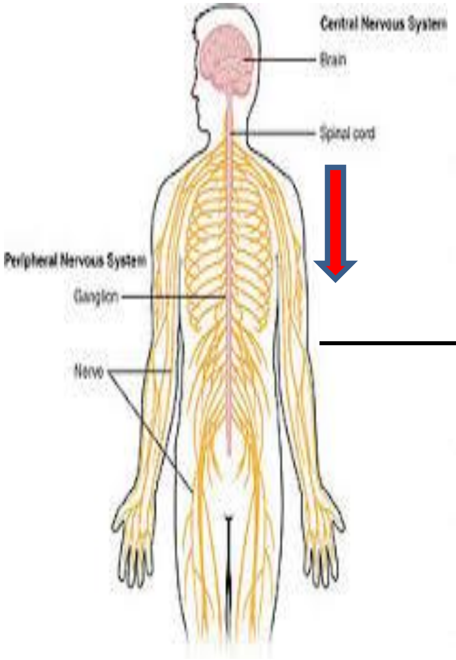


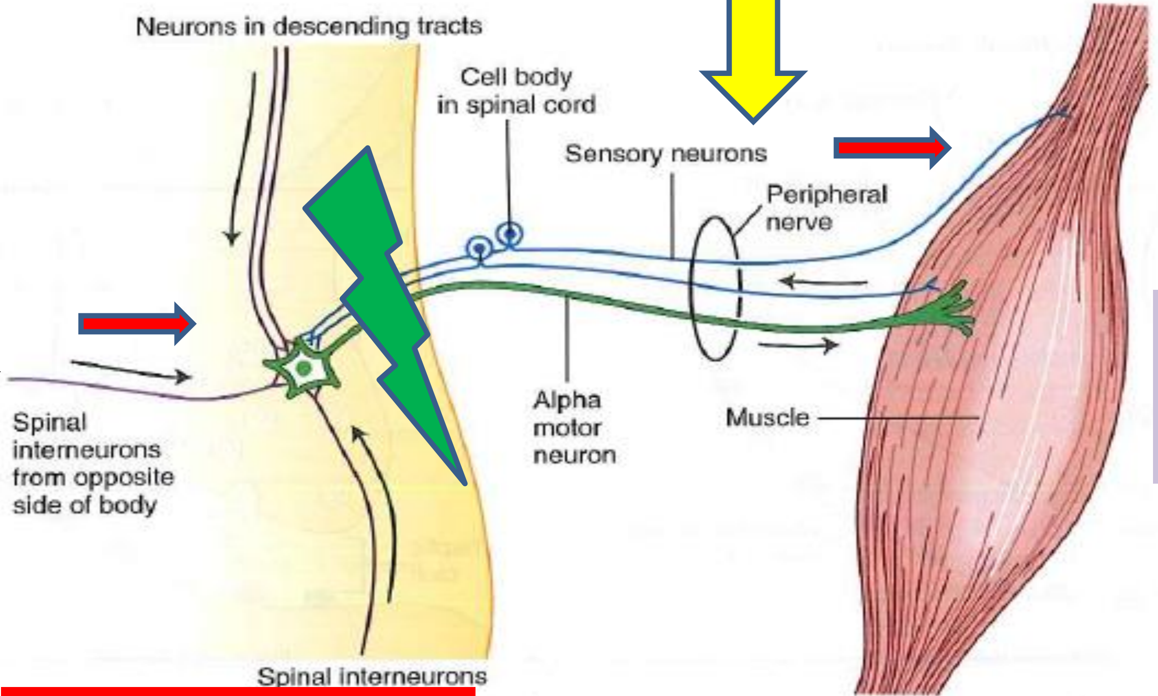


Electrical Stimuli



Na/K ion exchange → Voltage (Electrical signal)

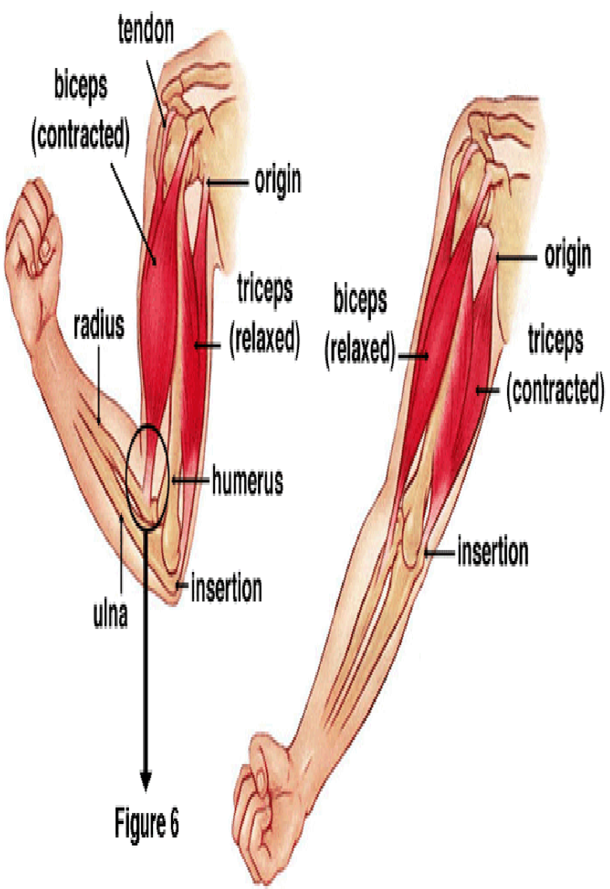


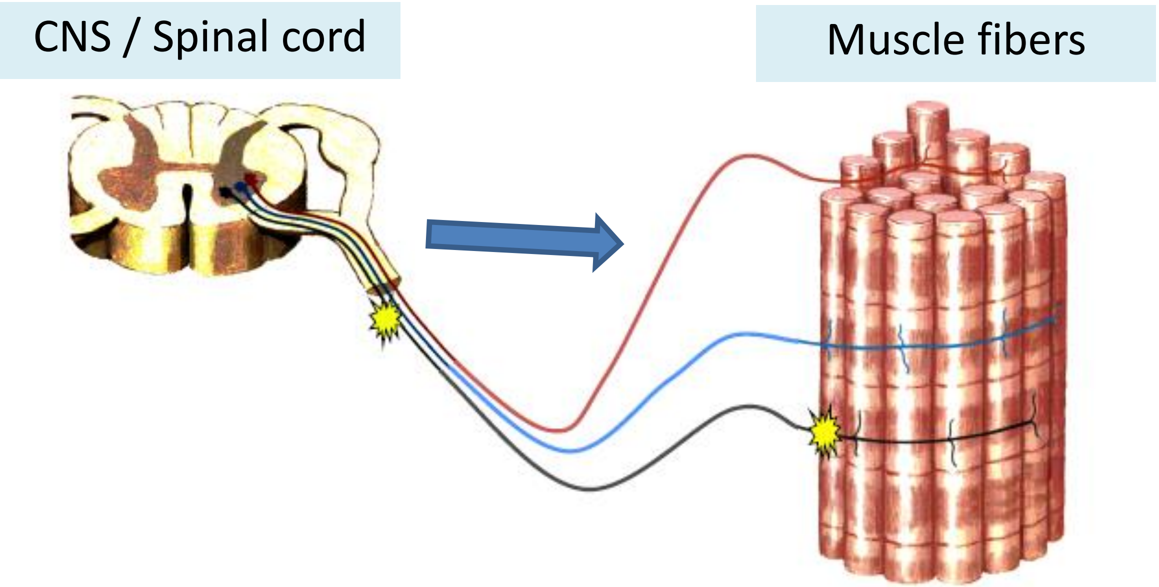


final common pathway of neural signals to muscles.

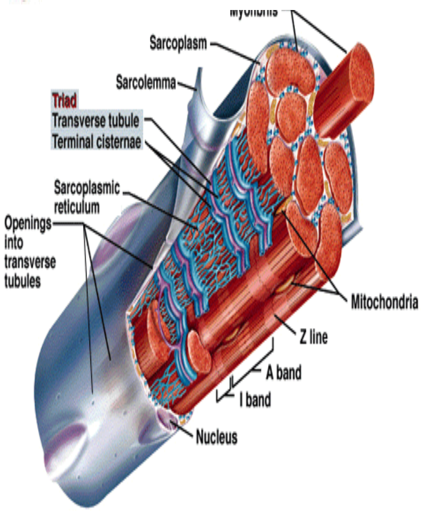
Spinal cord (ไขสันหลัง)

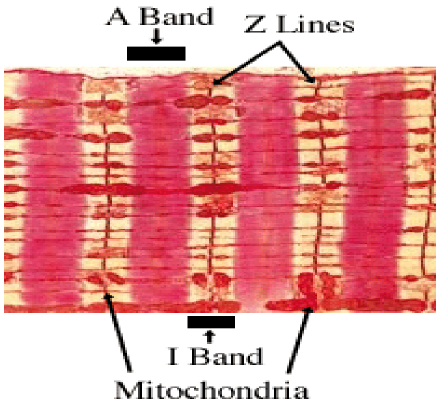
กล้ามเนื้อ
หดตัว -คลาย
ตัวได้


tendon
biceps (contracted)
origin
triceps (relaxed)
radius
humerus
insertion
ulna
Figure 6
biceps (relaxed)
origin
triceps (contracted)
insertion


CNS / Spinal cord
Muscle fibers

MU firings
Twitch
Tetanic Force


Sarcoplasm
Sarcolemma
Triad
Transverse tubule
Terminal cisternae
Sarcoplasmic reticulum
Openings into transverse tubules
Mitochondria
Z line
A band
I band
Nucleus


A Band
Z Lines
I Band
Mitochondria

Atrophy and Limit functional activity

Atrophy /Weakness

Pain-Muscle-spasm Cycle

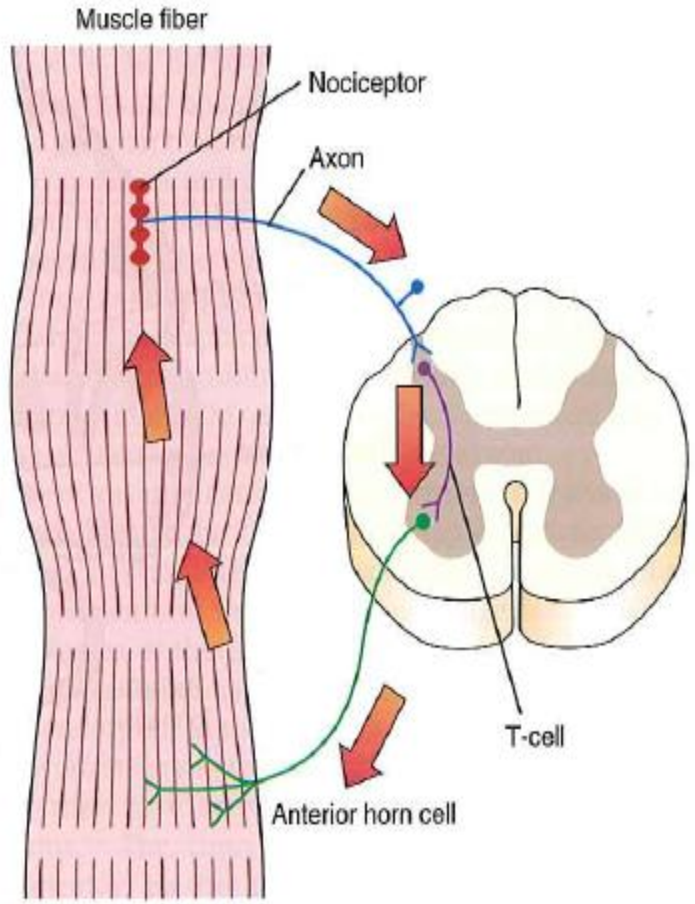


FIG 4-4 Pain-spasm-pain cycle: nociceptor activation resulting in T-cell activation, stimulating an anterior horn cell to cause a muscle fiber to contract, resulting in accumulation of fluid and tissue irritants and mechanical compression of the nociceptor and increasing nociceptor activation.

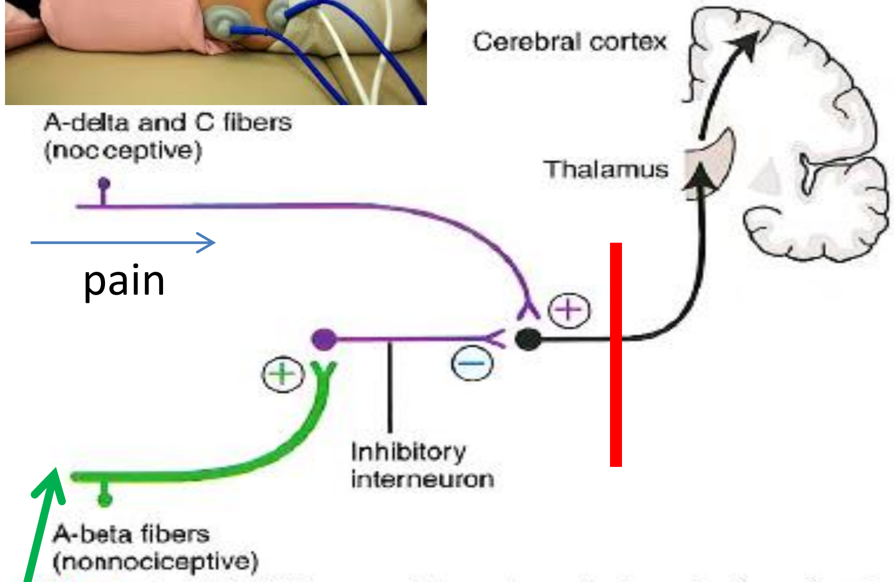
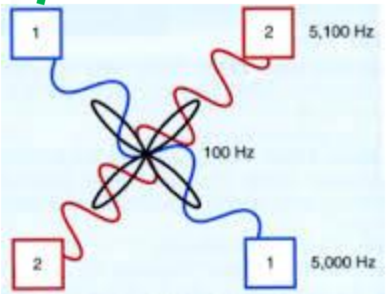


FIG 4-3 Simplified diagram of the gate control mechanism of pain modulation.



Neuromuscular Electrical Stimuli (NMES)

ES → Intact nerve supply in muscle → Muscle contraction

-Greek technique → Electrical eel placed in footbath.

- Benjamin Frankin's → Treated frozen shoulder

- Physical therapy → One of the effective modalities เช่น
    - **ลดความเจ็บปวด** (Gate control, endorphins)
    - **ชะลอการฝ่อลีบกล้ามเนื้อ** (Delay muscle disused/ Atrophy)
    - **กระตุ้นกล้ามเนื้อให้ฟื้นตัว** (Recovery), **ลดการเกร็งตัว** (Spasticity)
    - **ฝึกการเรียนรู้ทำงานกล้ามเนื้อใหม่** (Muscle re-education) → Orthotic
    - **เพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อรวมกับการออกกำลังกาย** (Strength)
    - **ฝึกการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ** (Relaxation and feedback)
    - **เพิ่มการไหลเวียนเลือด** (Muscle pumping and increase circulation)
    - **กระตุ้นการซ่อมสร้างกระดูก** (Enhance bone tissue healing process)

Functional Electrotherapy

- Liberson WT et al (1961) → Hemiplegia (ทดลองในห้อง Lab)
- Moe JM, Post MW (1962) → Functional electrical stimuli (FES)

  → **เน้น** การใช้งานในการทำกิจวัตรประจำวันได้จริง เช่น เดินได้ดีขึ้น (เลียนแบบการทำงานของร่างกาย)
- FES → Treated Neurological disorder (Hemiplegia, Paraplegia, Quadriplegia)

  → Orthotic devices

Synthesize movement (Normal pattern)

Synthesize movement (Individual abnormal pattern)

Created FES (Correct abnormal pattern)

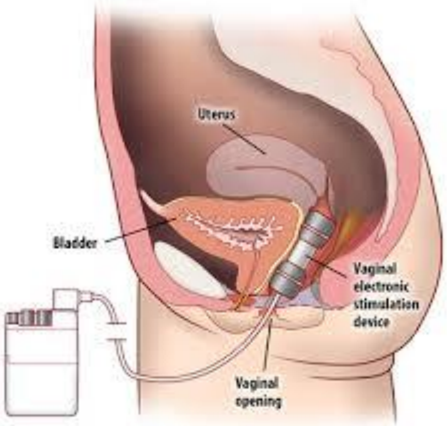
- ลำดับก่อน หลังกระตุ้น
- ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น
- ความแรงการหดตัวกล้ามเนื้อ การคลายตัวกล้ามเนื้อ
- ตำแหน่งในการกระตุ้น
- ทิศทาง องศา feedback sys อื่นๆ

<u>Objectives of FES:</u>

1. สนับสนุน ส่งเสริม การทำงานของระบบ <u>Motor control ที่เสียหายไป</u> (CNS abnormality)
2. กระตุ้นพัฒนา ของระบบ Motor ใน<u>เด็กที่เป็นอัมพาตสมอง</u> (Cerebral palsy: CP)
3. <u>กระตุ้น Motor reflex ที่ผ่านไขสันหลัง</u> ที่จำเป็นในการเคลื่อนไหวให้เป็นจังหวะ (Spinal cord injury → + Rhythmic activities → Gait walking)
4. ทำหน้าที่แทน Motor neuron ที่<u>ขาดหายไป</u>จากความผิดปกติของ CNS
5. ป้องกัน แก้ไข <u>ความผิดปกติของการเคลื่อนไหว</u> การ<u>ควบคุมท่าทาง</u> จากความผิดปกติของ CNS

Benefits of FES:

1. ส่งเสริม การเคลื่อนไหวที่เหมาะสมในการทำงาน → ช่วยเหลือตนเองได้
2. ลด ป้องกัน การหดรั้งของกล้ามเนื้อ ข้อต่อ องศาการเคลื่อนไหว จากภาวะ Disused
3. ป้องกันภาวะ Osteoporosis, ลดอัตรา Bone fracture
4. ลดการหลุด เคลื่อนของข้อต่อ (Subluxation)
5. ช่วยควบคุม การขับถ่ายปัสสาวะ อุจาระ (Incontinence)
6. กระตุ้นระบบไหลเวียนเลือด ลดการคั่ง บวมจากการไม่เคลื่อนไหว (Circulation)
7. ลดการเกิดแผลกดทับ (Bed sore)
8. ผลทางจิตใจ เช่น เพิ่มความมั่นใจตนเอง



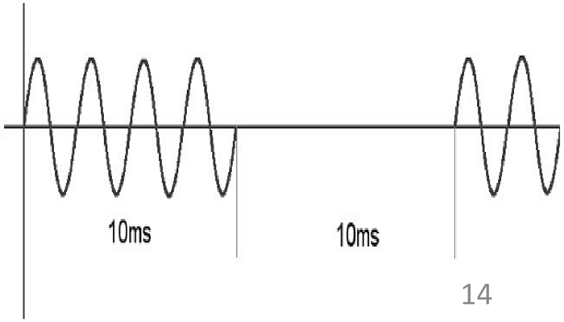
Neuromuscular Electrical Stimuli (NMES)

The recommended frequency → **30 – 75 Hz.**

-This range facilitates an increased firing rate that results in a **tetanic contraction** of muscle.

- Increasing frequency > 75 Hz → not increase muscle recruitment and No-contraction.
- Increasing frequency > 100 Hz → Vibration, Decrease pain.

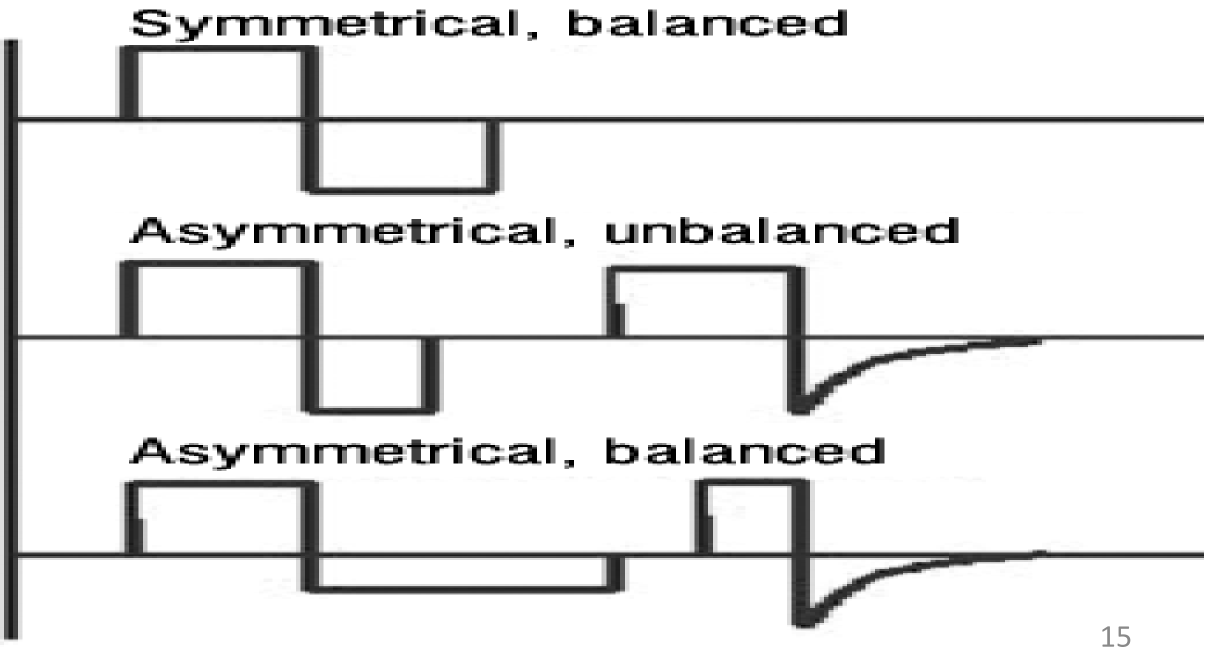
- Short rest time and Longer durations of stimulation (Lower frequencies) induced Fatigue of muscle.

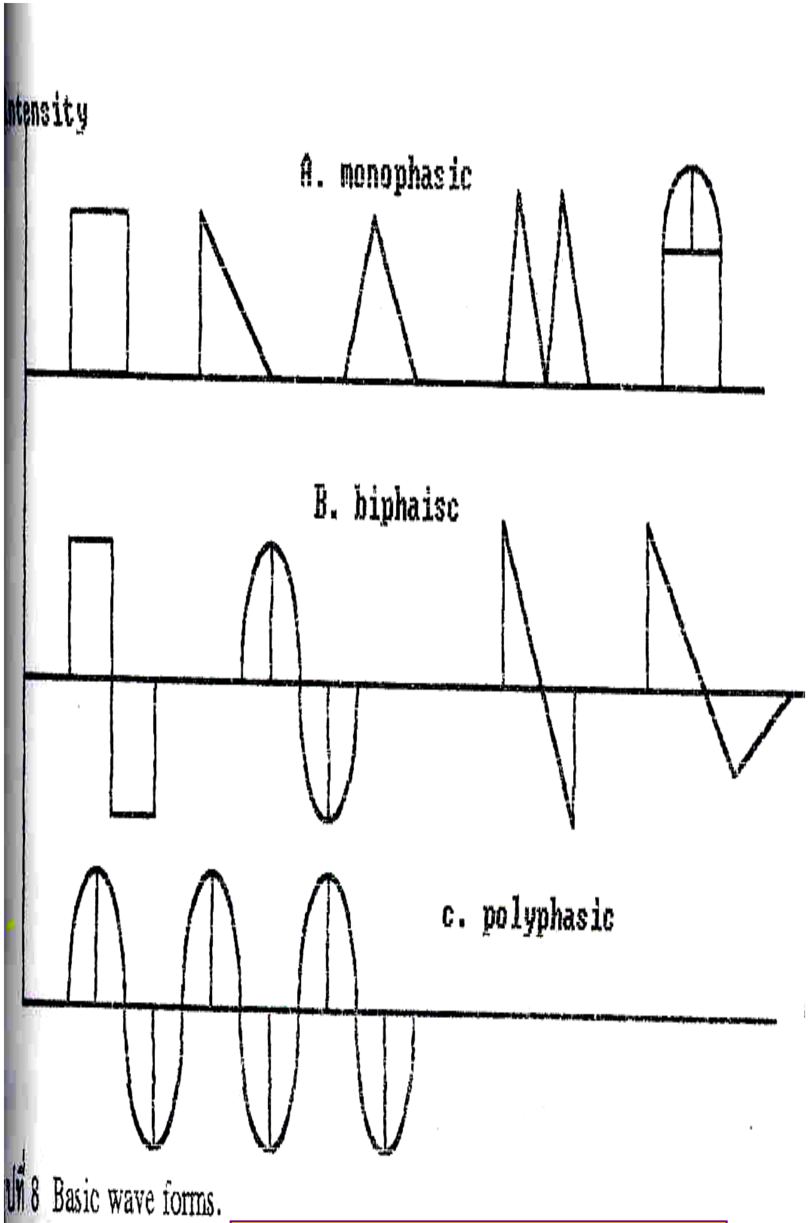


Three electrotherapy currents:

Pulsed , Alternating current (AC) & Direct (DC)

- Many wave form of current are used in NMES
    - Symmetrical (ผลใต้ขั้วกระตุ้นน้อย ไม่แสบ)
    - Asymmetrical Biphasic Rectangular
    - Sinusoidal waveform, etc.
    - Continuous or Intermittent current
    - Balanced or Unbalanced charge wave.





ปที่ 8 Basic wave forms.

รูปแบบไฟฟ้าแบบต่างๆ

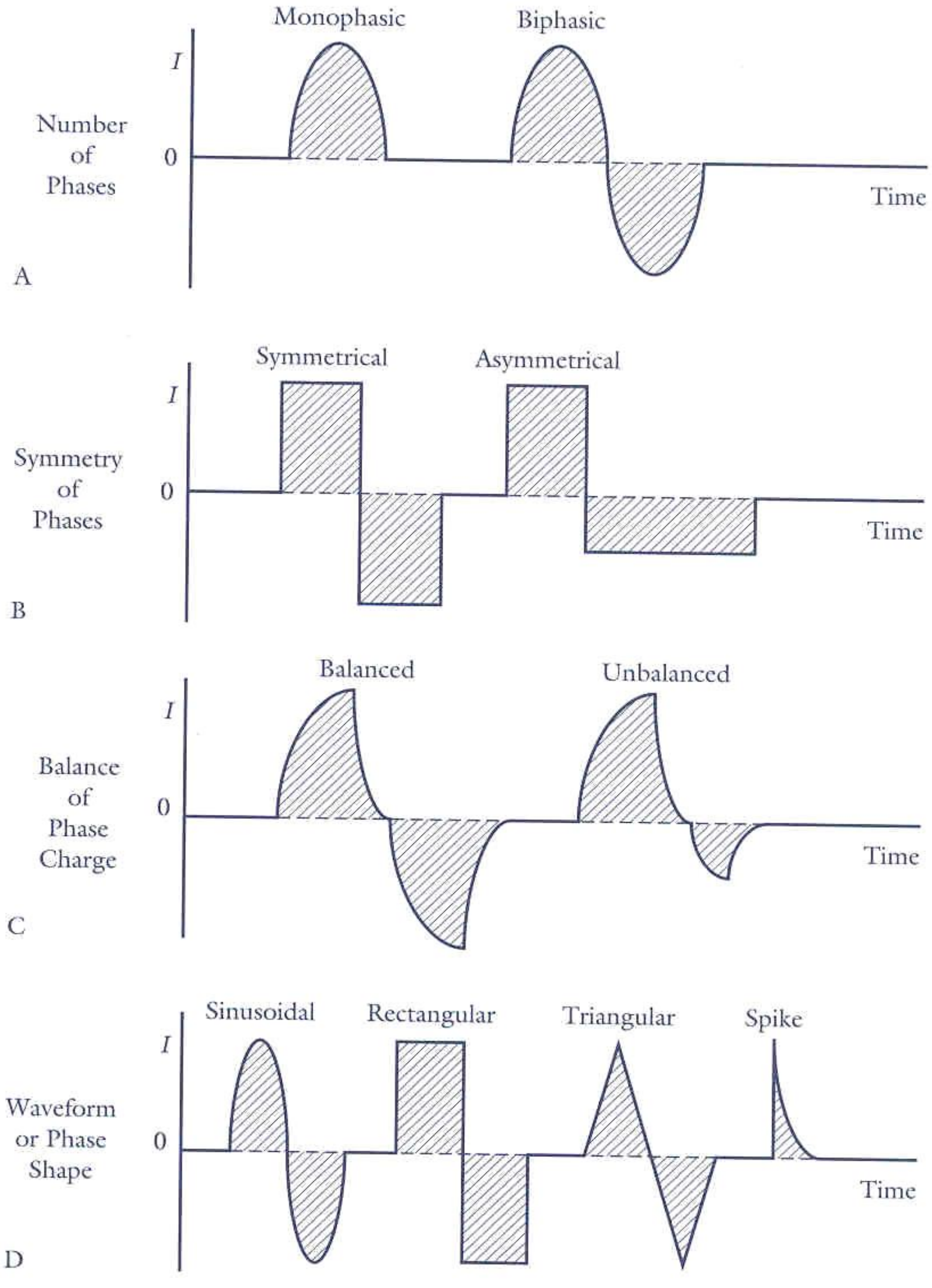
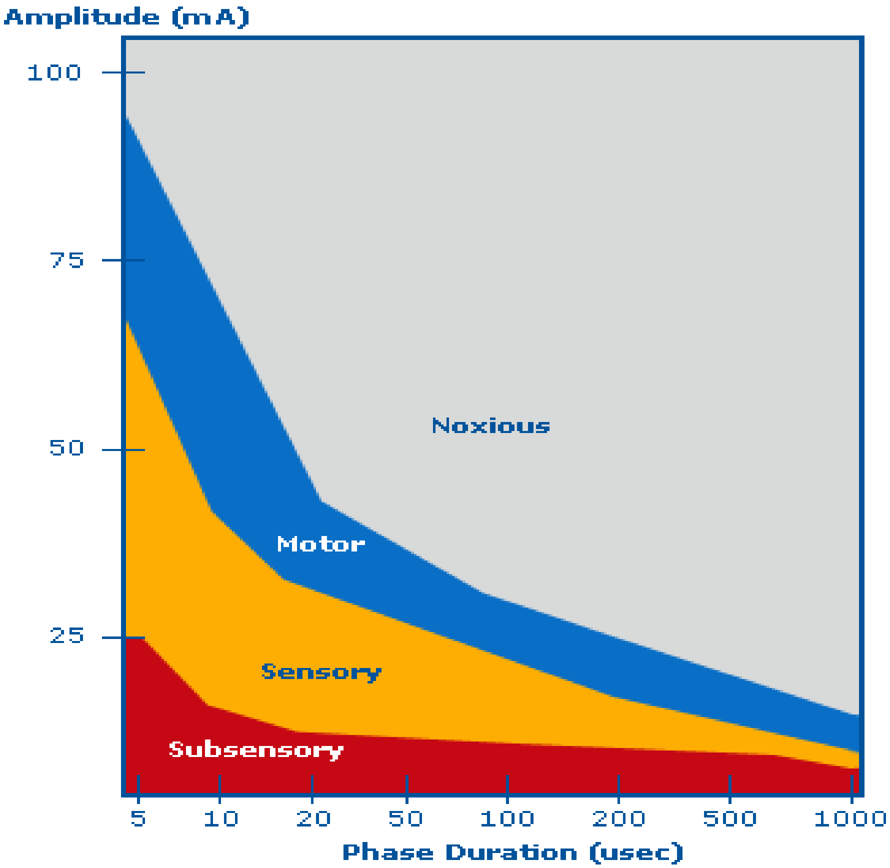


Figure 1.9 Characteristics of pulsed or alternating current waveforms.

Current intensity (Amplitude; mA):

- Measured in milliAmps (mA) → Muscle contraction (weak to strong contraction)
- Increasing the intensity (current flow) will
    - Increase the **depth of penetration**
    - Increase the **number of neurons depolarized**



Less (mA) → High

Sub-sensory → Sensory → Motor → Pain

Current amplitude (Intensity)

↓

+ Motor nerve (Threshold)

↓

Muscle Contraction

↓

(Strength, Power, Function activity)

Aim of ES and Pain management:

1. Stimulation of a **weak muscle** while having the patient simultaneously contract while the current is on (**Re-education**).
2. Stimulation of a weak muscle (**Delayed atrophy**).
3. Stimulation increase of **muscle strengthening**.
4. Pain management (**Decrease pain, muscle spasm**)

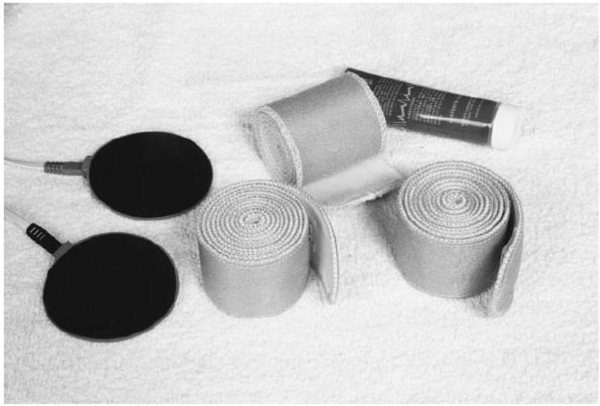


Figure 8-2 Electrodes, straps, and electrically conductive gel that can be used on the electrodes to promote conductivity.

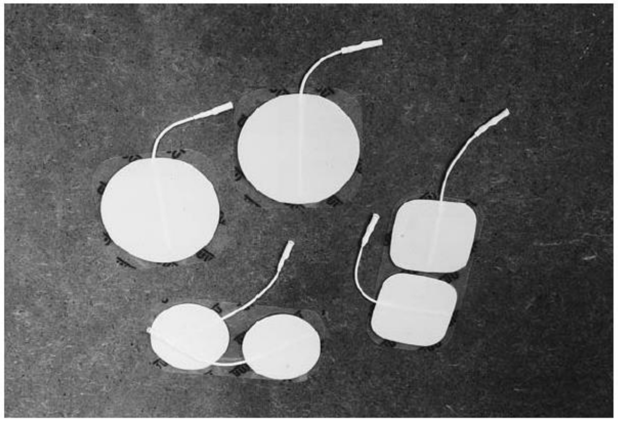


Figure 8-3 Three different sizes of self-adhering reusable electrodes.

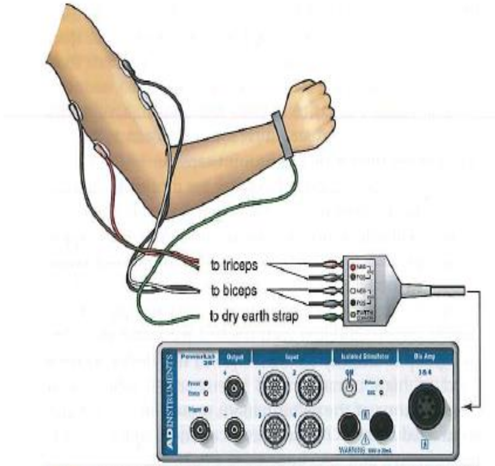


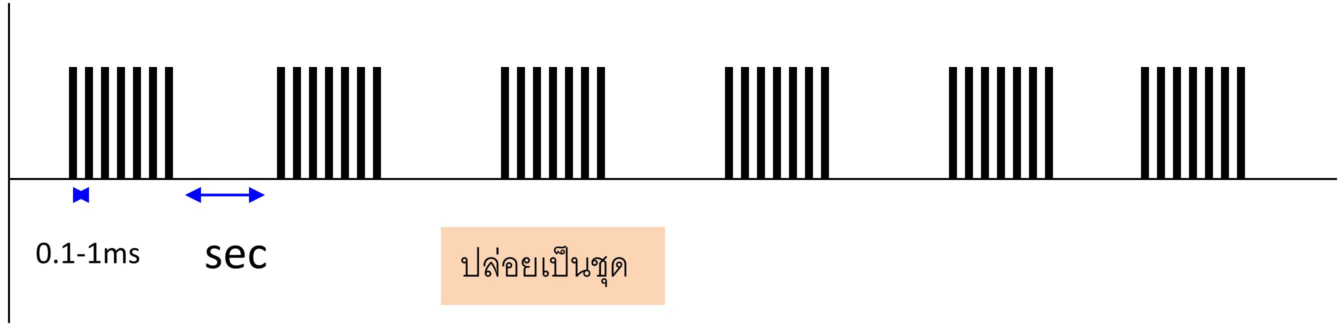
FIG 5-4 Components in performing surface electromyography (EMG). *Image courtesy ADInstruments.*

Contraindication:

-*Cardiac pacemaker
- Over the carotid sinus/anterior trans-cervical area
- Over heart transthoracic area
- Over the abdominal, low back and pelvic area during pregnancy
- Areas of venous or arterial thrombosis
- Thrombophlebitis
- Trans-cerebral stimulation
- Stimulation over the eyes
- Pain of unknown etiology
- Fracture site (non-union)
- Etc.

1.Faradic current:

- กระแสไฟฟ้า Pulse current ที่มีช่วงกระตุ้นสั้นกว่า Galvanic current จึงรู้สึกสบายกว่าแบบ DC โดยตรง
- ชุดช่วงกระตุ้น (Phase duration) 0.1-1 ms. / ช่วงพัก (pause) มักจะนานเป็น Second
- Frequency 20-60 Hz (Completed Tectanic contraction)
- รูปแบบคลื่นที่นิยมใช้คือ แบบ Monophasic pulse หรือ แบบ Symmetrical biphasic pulse current เพราะผู้ป่วยจะรู้สึกสบายกว่า Asymmetrical biphasic pulse current
- กระตุ้นในผู้ป่วยที่กล้ามเนื้อมีเส้นประสาทมาเลี้ยงแต่อ่อนแรง (Innervated muscle) เช่น ผู้ป่วย Hemiplegia, Paraplegia, หลังถอดเฝือก หรือผู้ป่วยที่มีอาการบวมหลังผ่าตัดเต้านม (Faradic under pressure) เป็นต้น



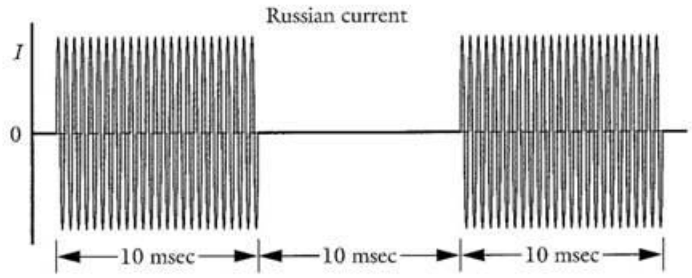
2.Russian current

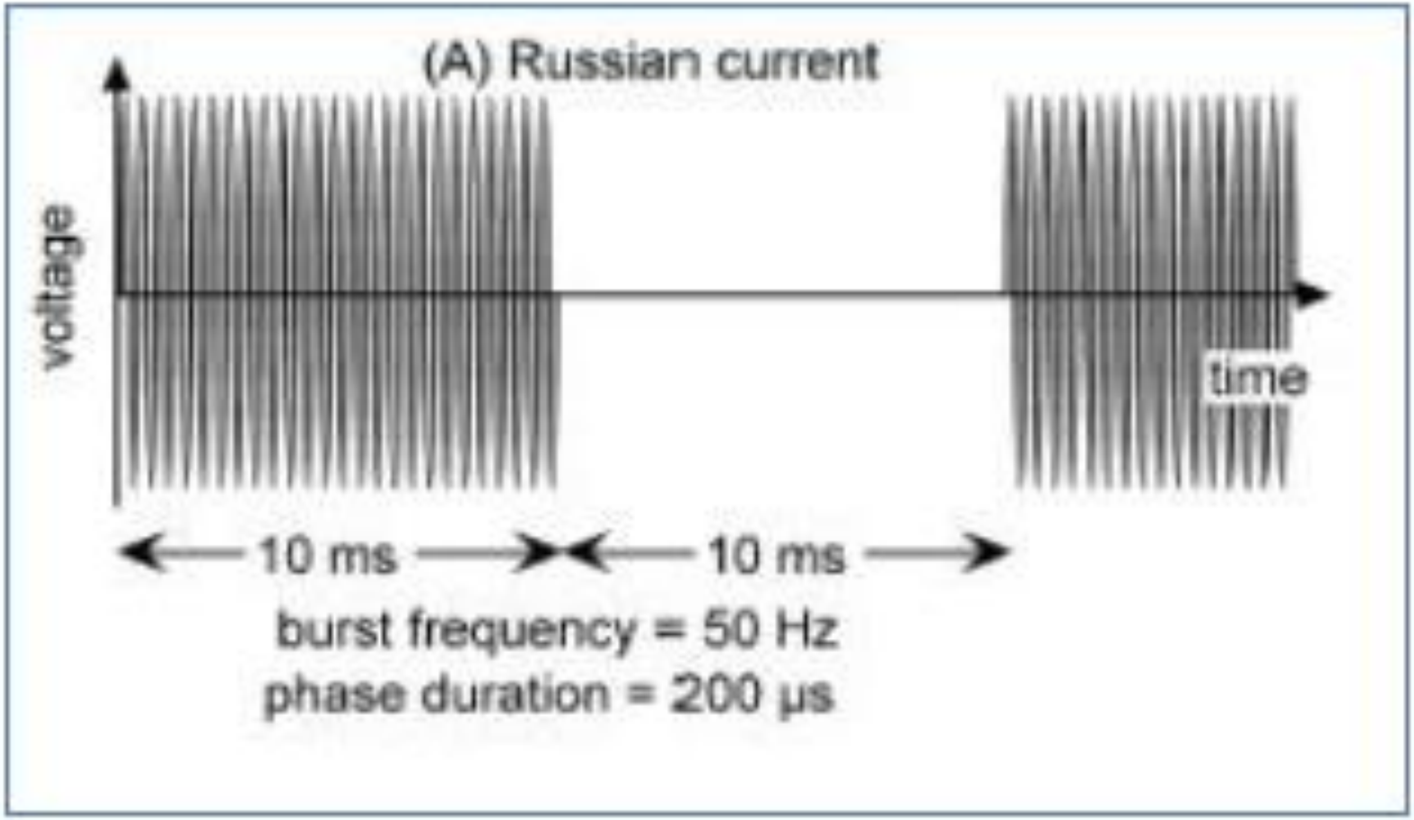
(Brust mode alternating Current)

ไฟฟ้า AC ต่อเนื่อง Poly-phasic continuous wave

- ความถี่ประมาณ 2,500 Hz, Rest period 50 sec, Repeated 10 cycles
- นิยมใช้รูปคลื่น Sine wave ทำให้มีจำนวน Total current มาก
- โดยปกตินั้นจะถูกปล่อยเป็น**ชุด ๆ** (Time modulation AC) แบบ 50Hz,
- Pulse duration ประมาณ 400µs และ Phase duration ประมาณ 200µs (1ลูกคลื่น)
- **ช่วงพักคลื่น** (Inter-burst interval) ยาวเท่ากับ 10 ms ป้องกันสะสมของ Total current มาก
- **ช่วงกระตุ้นชุดละ** 10 ms **สลับกันไป** (50%Duty cycle/ On:Off)
- เหมาะแก่การระดมพลของ motor neuron ในกล้ามเนื้อ

- **นิยมใช้ฝึก** Re-education, Muscle strengthening





from Ward et al (2006)

The figures above and left (credited to Ward, 2009 and Ward et al, 2006) illustrate the stimulation being applied. In the classic Russian Stimulation, the 2500Hz is modulated (or burst) at 50Hz using 10ms ON and 10ms OFF periods (illustration C in the upper figure).

3.Microcurrent stimulator

(Microcurrent electrical nerve stimulator :MENS)

- กระแสไฟฟ้า Pulse current ที่ปล่อยกระแสในปริมาณที่ต่ำมาก **โดยไม่เกิน 1 mA**

-กระแสไฟฟ้าชนิดนี้จึง**ไม่สามารถกระตุ้น**เนื้อเยื่อที่ไวต่อการกระตุ้นได้ (Excitable tissue)

เช่น เส้นใยรับความรู้สึกที่ผิวหนัง (Sensory nerve) ทำให้**ไม่ค่อยรู้สึกแสบ** เจ็บขณะกระตุ้น

- Rectangular monophasic pulse current ซึ่งสามารถปรับกลับขั้วได้เป็นช่วงๆ เป็น**บวกสลับลบ**

- ปรับแอมปลิจูดได้ 0-600 μA สามารถตั้ง Pulse frequency 0.1-1000 **พัลส์ต่อวินาที**(PPS:Hz) โดยยิ่งความถี่มาก ช่วงกระตุ้นจะสั้นมากขึ้น (Microsec) ทำให้ผ่านผิวหนังได้ง่าย ไม่เจ็บ

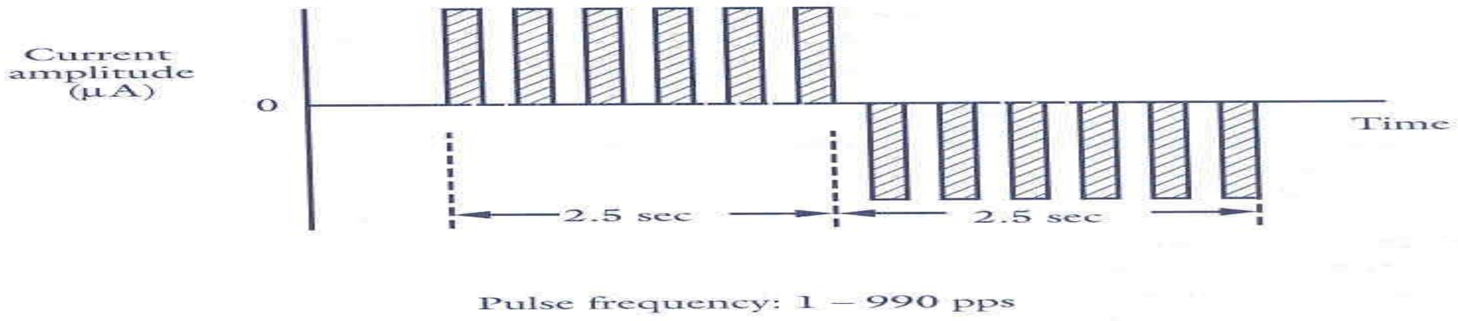


Figure 2.23 Example of one type of current produced by some microcurrent stimulators: rectangular, monophasic pulsed current with regular reversal of electrode polarity.

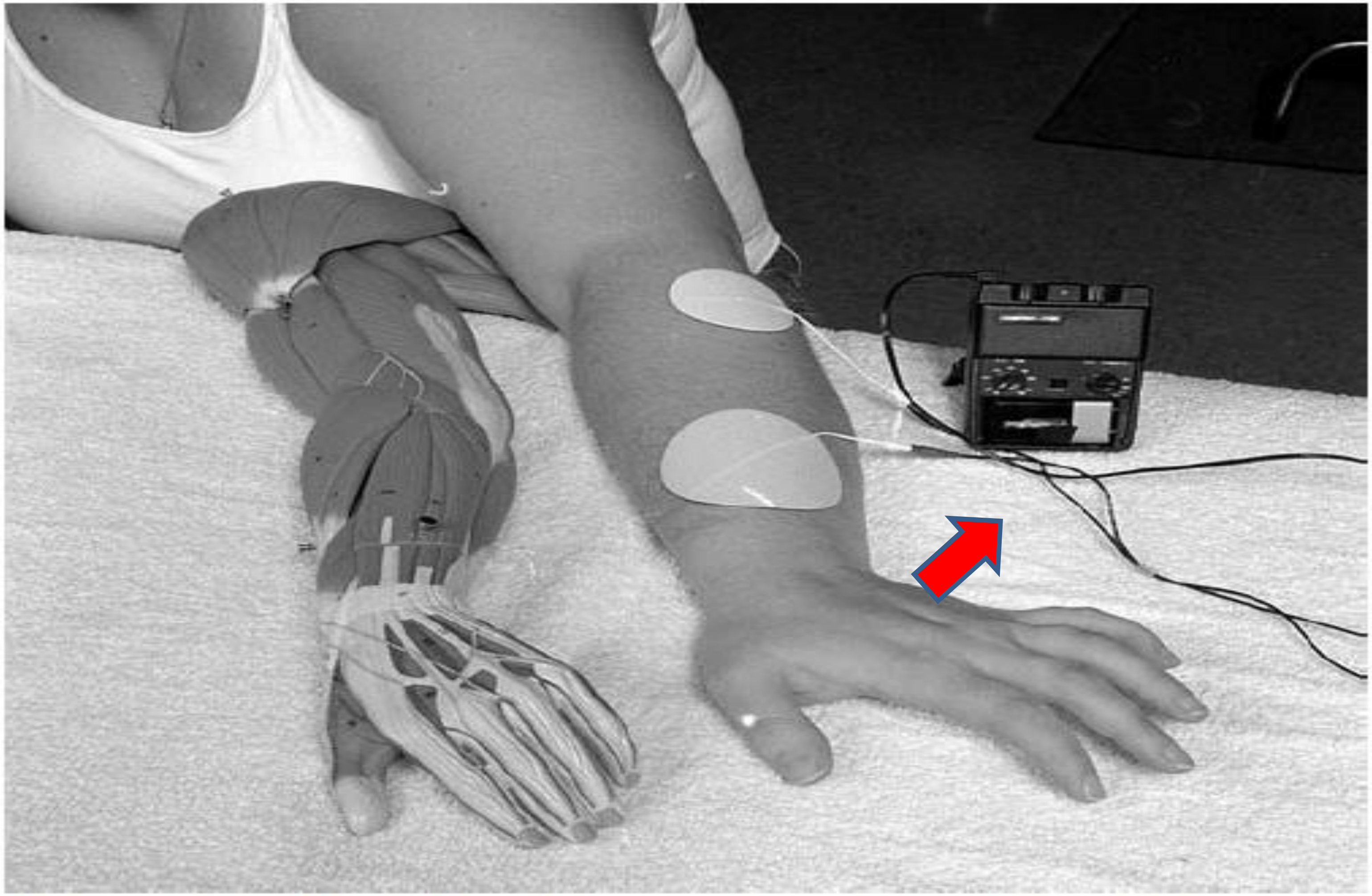


Figure 9-5 Electrode placement sites for wrist extensors using electrodes of different sizes. The proximal electrode is smaller than the distal electrode.

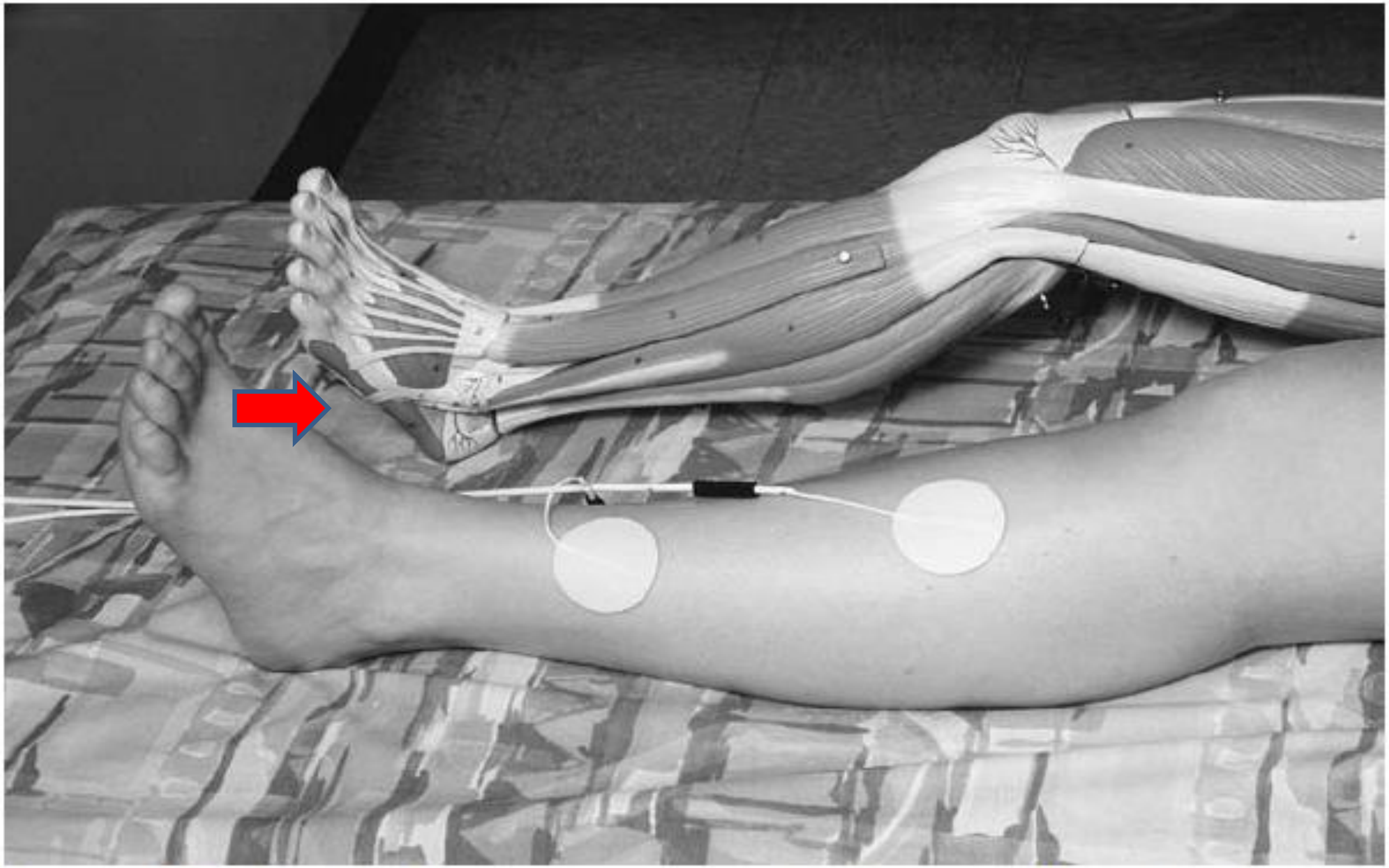


Figure 10-4 Electrode placement sites to elicit muscle contraction in the tibialis anterior.

4.Interference current stimulator

(Pain and Deep muscle stimulation :IFC)

- 2 Current of AC
- Interference
- Different Frequency
  (4,000 and 4,000-4,100 Hz)
- Beat frequency = 0-100 Hz

Decrease Pain

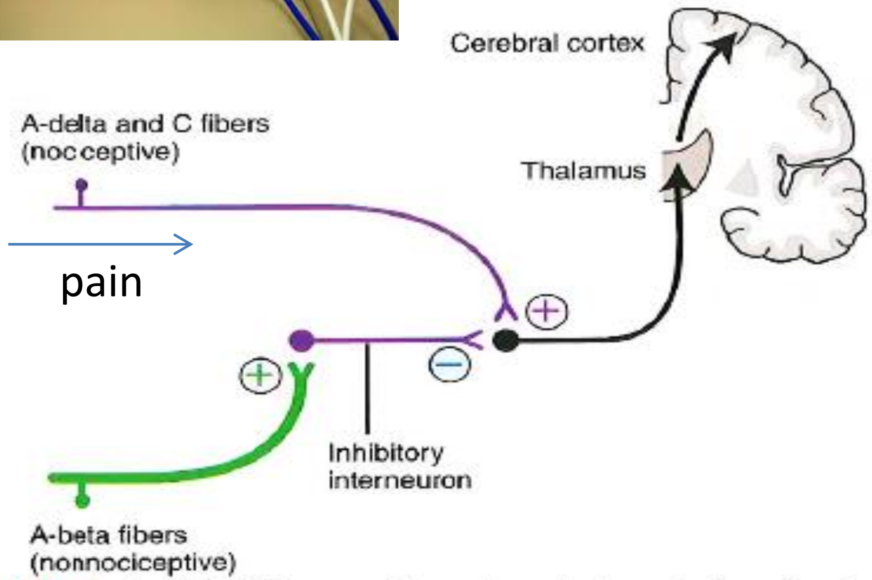


FIG 4-3 Simplified diagram of the gate control mechanism of pain modulation.

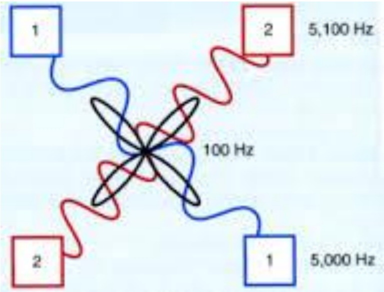


Figure 12-1 Two channels of electrodes set up with vertical electrode placements over the paraspinal muscles. A clinical stimulator is depicted; however, a portable device could also have been selected for this exercise.

ลดอาการปวดหลัง (Low back pain)

Figure 10-7 Electrode placement sites for bilateral upper traps with a crossed set-up.

ลดอาการปวดคอ-บ่า (Neck and Upper back pain)

ลดอาการปวดไหล่

(Shoulder pain)

Figure 12-5 Posterior electrode placement sites for the shoulder.

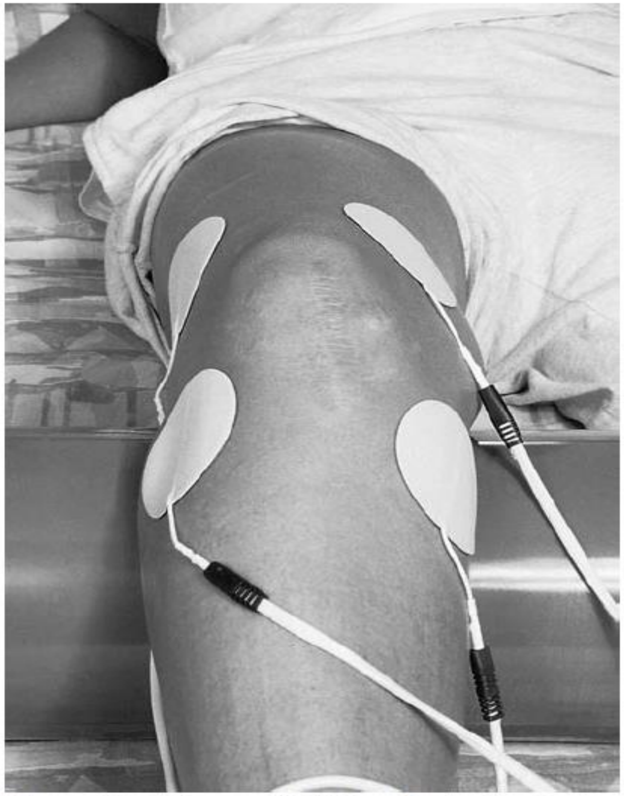


Figure 12-7 Knee with IFC applied using two channels of electrodes that have been crossed.

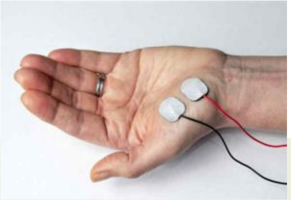
ลดอาการปวดเข่า

(Knee pain)

Electrodes :

Electrodes : อุปกรณ์ในการนำส่งสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องES ไปสู่อวัยวะเป้าหมาย

- Surface electrodes



ข้อดี:

- ใช้ง่าย สะดวกในการติด
- No-implant (ไม่มีการแทงเข็ม ฝังในร่างกาย)
- ราคาถูก ไม่เจ็บ

ข้อด้อย:

- ไม่จำเพาะต่อกล้ามเนื้อที่ต้องการ
- แปรผันต่อการระดมกล้ามเนื้อทำงานมาก
- ได้เฉพาะกล้ามเนื้อชั้นบน
- กระตุ้นประสาท Sensory → เจ็บ ร้อน ได้

- Implanted electrodes

ข้อดี:

- สามารถเจาะจงกล้ามเนื้อได้
- สามารถแก้ข้อด้อยของ Surfaces electrodes'

ข้อด้อย:

- อาศัยการแทง ฝังเข้าร่างกาย
- เสี่ยงต่อการติดเชื้อในร่างกาย
- ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญ

Hybrid FES system:

Hybrid FES system:

การผสมระหว่าง<u>การใช้ FES ร่วมกับ เครื่องช่วยพยุง (Support, Aids)</u> เช่น Walker, crutches, gait orthotic, functional orthotic, etc.

- นิยมใช้กันในปัจจุบัน เพราะมีความปลอดภัยมากขึ้น ลดการผิดพลาดการควบคุม

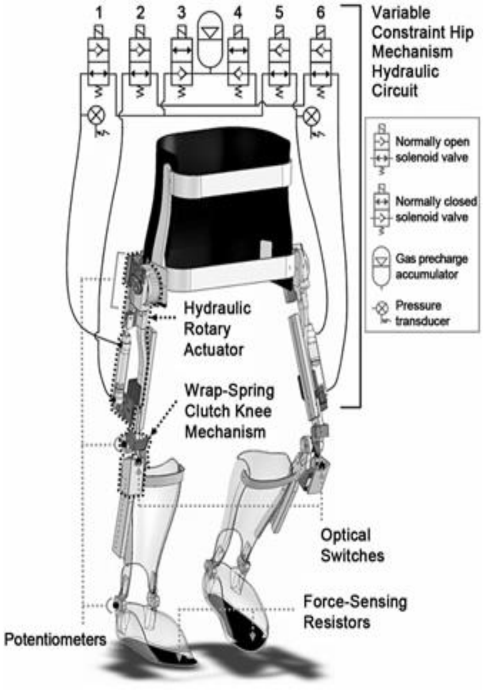


Figure 2.
Exoskeletal components of hybrid neuroprosthesis. Knee joints are instrumented with solenoid controlled wrap-spring clutches that provide support during stance and unlock for swing. Hip mechanism, depicted schematically with accumulator and valves, includes hydraulic rotary actuators attached to hips and controlled by variable constraint hip mechanism. Postural controller uses information from force-sensitive resistors, potentiometers, optical switches, and pressure sensors to regulate hip and knee mechanisms to maintain exoskeletal stability against collapse and to provide freedom to move legs with functional electrical stimulation.

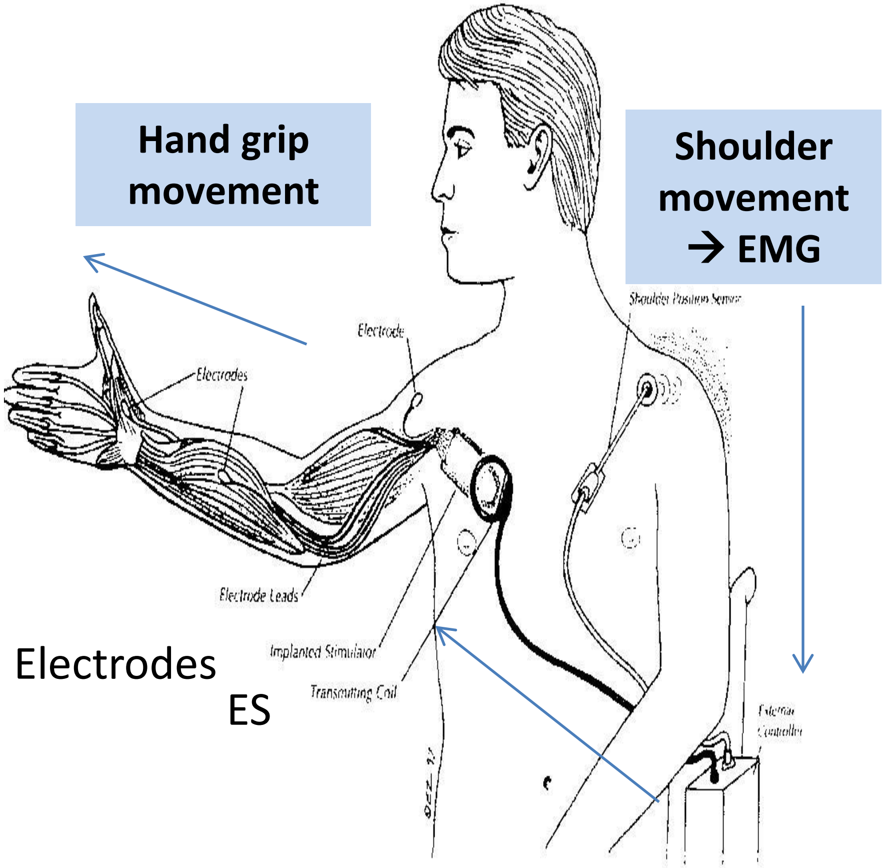
http://research.vuse.vanderbilt.edu/cim/research_orthosis.html

<u>Open</u>-loop control configuration / <u>Closed</u>-loop control configuration

<u>Open-loop control</u>

→ ระบบการควบคุมการทำงานโดย **<u>ไม่มี</u>** ระบบควบคุมย้อนกลับ (<u>Feedback input)</u>

→ <u>ผู้รักษา หรือ ผู้ป่วย</u> เป็น<u>ผู้ควบคุมระบบการปล่อยกระแสไฟฟ้า (ES) เอง</u> ในการปรับเปลี่ยน ปรับปรุงคำสั่ง ความแรงกระแสไฟฟ้า (Parameters of ES) จังหวะการเคลื่อนไหวเองตามที่ต้องการ

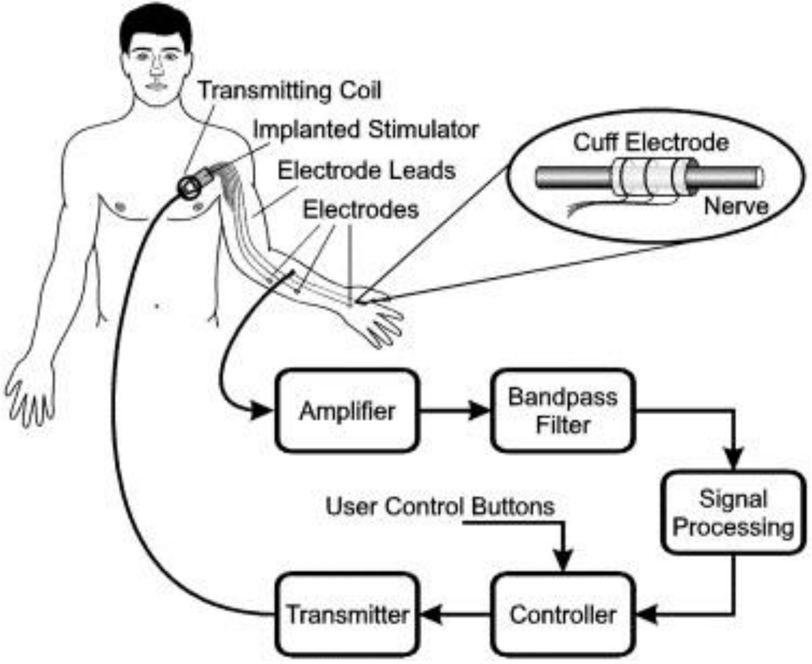


A joystick-like device placed on the left shoulder is controlled through shoulder movement, which, in turn, sends electrical signals to a nearby external controller.

External controller Electrical generator signal.

Close-loop control

- → ระบบการควบคุมการทำงาน**อาศัยระบบ**ควบคุมย้อนกลับ Feedback input (โดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้กำหนดเอาไว้แล้วในโปรแกรม: Controller unit)
- → สามารถปรับเปลี่ยนการ**ปล่อยกระแสไฟฟ้า ได้อย่างเหมาะสมกับงานนั้น** โดยการอาศัยข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ช่วยควบคุม**ปรับค่า FES ได้ (Real time)**
- → การปรับค่าต่างๆ เครื่องจะช่วย **น้อยที่สุดที่จำเป็น** ในการทำงาน โดยปรับเปลี่ยนเองอัตโนมัติ จากระบบ feedback control



Command Hand grip →small signal → Amplified Comparator (Feedback) → Send signal to ES → To help strong hand grip

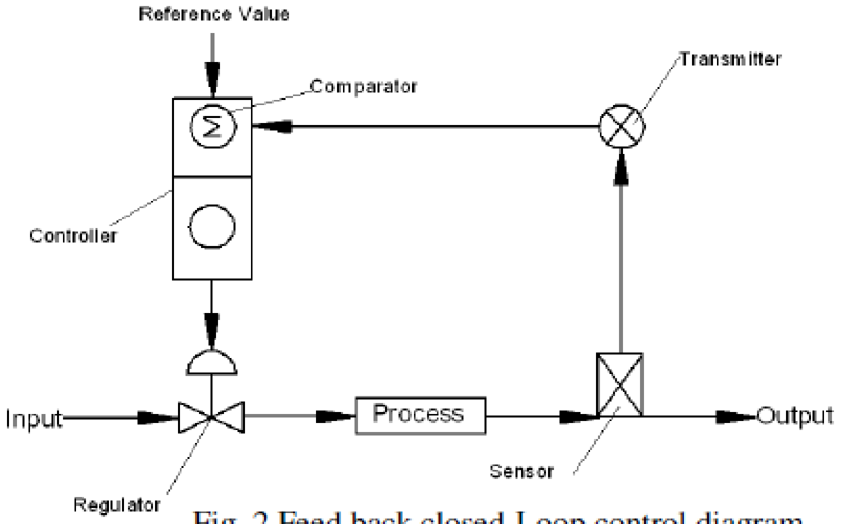


Fig. 2 Feed back closed-Loop control diagram

http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&v=8A9KSQODvc0&NR=1

Exercise by using FES in Paraplegia (stimulated Quadriceps/Hamstring muscle).

http://www.youtube.com/watch?v=q0VJkVx92nU

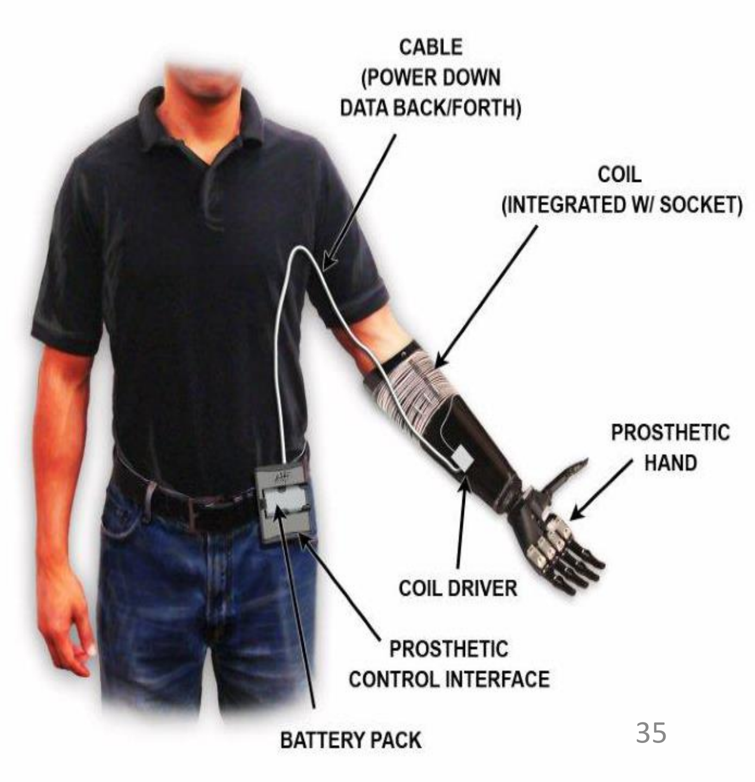
Paraplegia with robotic walking.

Orthotic device of FES:

การประยุกต์การนำ Orthotic support เครื่องช่วยพยุง + NMES

- องค์ประกอบหลักของ Orthotic device of FES ได้แก่

1. Power source with cables
2. Control system with open / close-loop system
3. Display monitor, ground system
4. Electrical stimulator (ES) with cable
5. Electrodes



Parameters setting (Surge faradic current):

ชุดช่วงกระตุ้น (Phase duration) 0.1-1 ms., 50-60 Hz

Time:

-Time stimulation on : off → 1:1 to 1:5 ratio

-Lower intensity contractions requires less rest time -- e.g. 10-15 ms on: 10 ms off

-Higher intensity contractions requires greater rest time -- e.g. 10 ms on: ≥ 30 ms off

Ramp of current:

- 2-3 second ramp up: 2-3 sec ramp down

Intensity (Amplitude; mA):

- Moderate level (>50% MVC) contraction sufficient to recruit inhibited or weak muscle.

Number of contraction

- 10-15 repetition / min

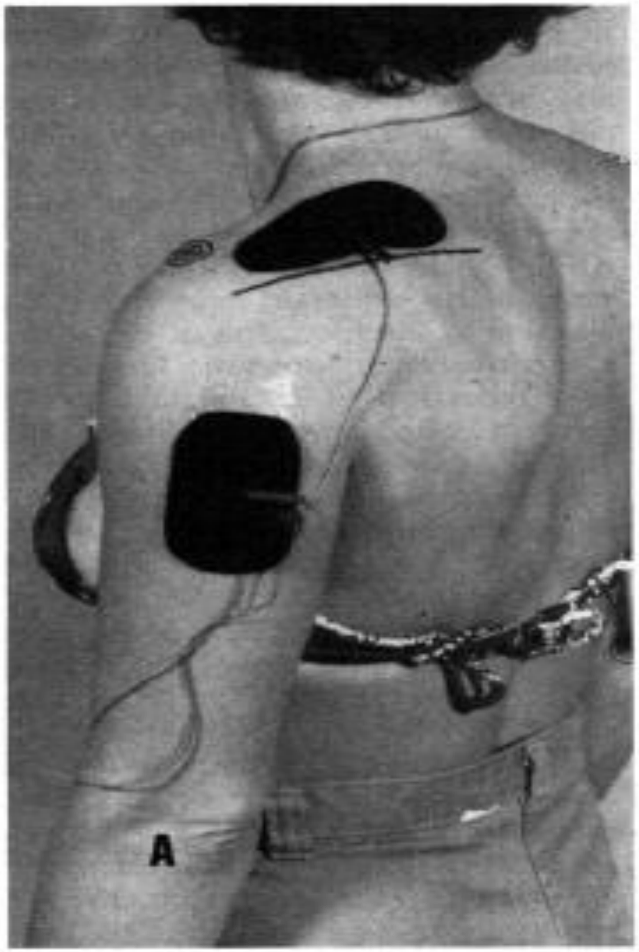
Times:

- 10-15 min / times , 3-5 times/Week

Training period:

- More than 4-6 weeks (Strength)

Shoulder subluxation in Hemiplegia



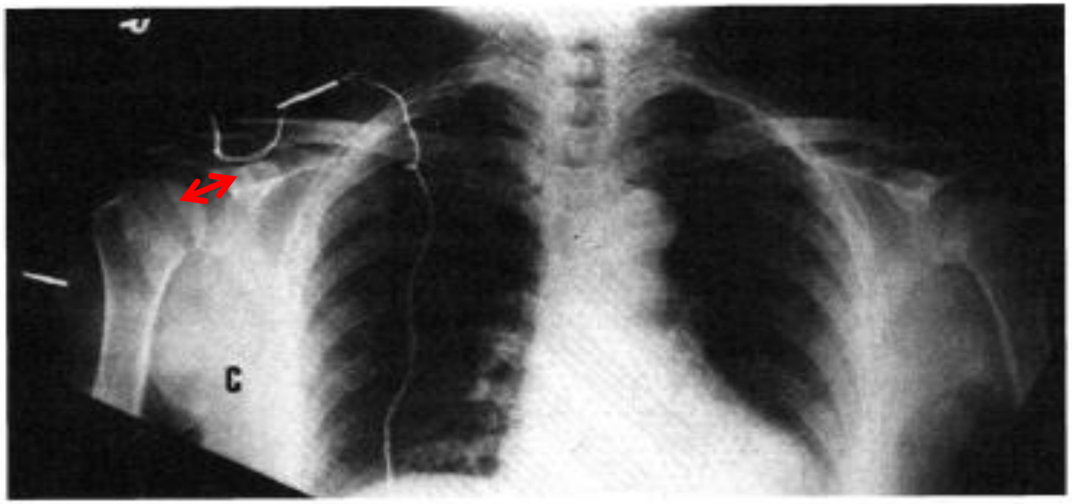
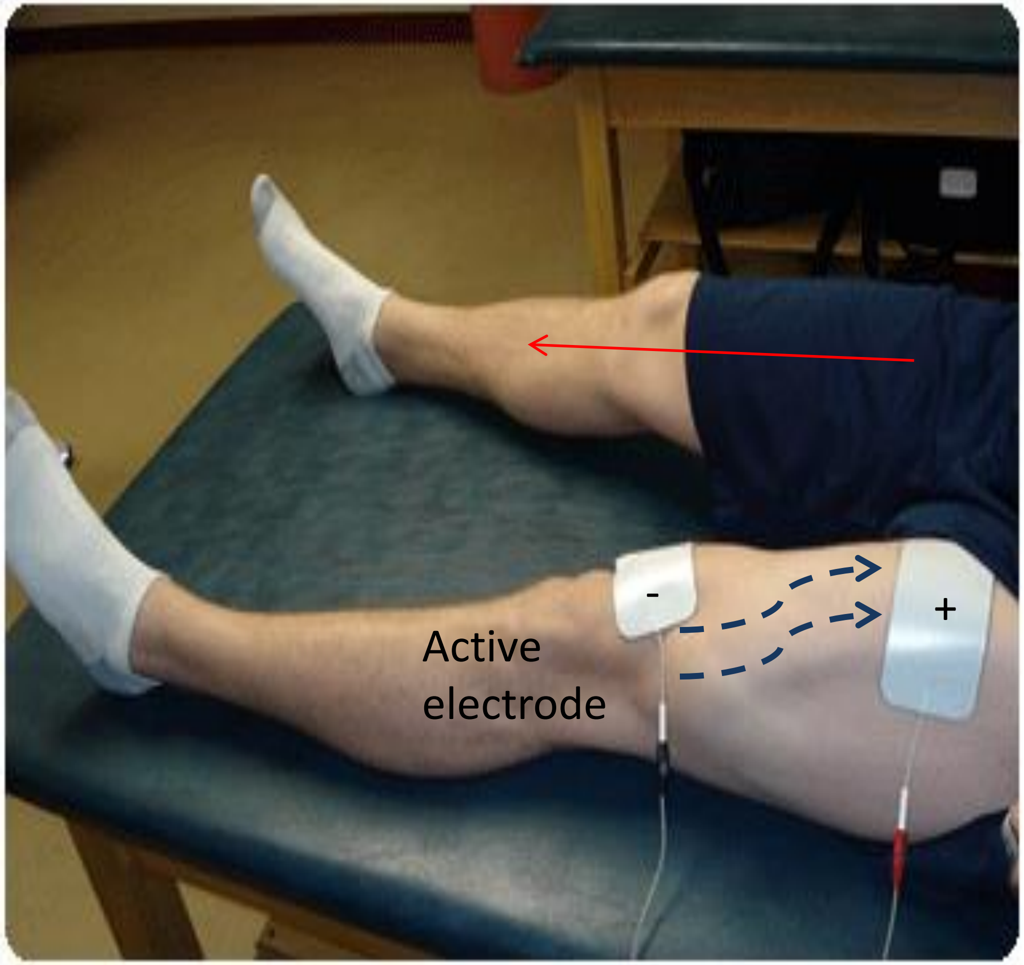


Fig. 4. A. Electrode placement used to reduce shoulder subluxation. The active electrode is placed over the posterior deltoid muscle to minimize the amount of shoulder shrugging. (Note the specialized electrode configuration, designed to optimize activation of the supraspinatus muscle and minimize stimulation over the spine of the scapula.) B. Radiograph of a patient with hemiparesis demonstrating marked shoulder subluxation. C. Radiograph of the same patient shown in B with the stimulated subluxation reduction.



Quadriceps atrophy in Hemiplegia

Select: Surge faradic current
Frequency: 50-60 Hz
Surge on: off = 3 : 3
Amplitude:
max tolerable, ↑ 50% MVC
No of contractions: 10-15 rep
Time: 10-15 min
Patient: try to quadriceps contraction during ES activation

Recruitment patterns during electrical stimulation are reversed:
- **Type II fibers** (Fast twitch) are the first to contract.
Result: Training effect that preferentially trains the **type II fibers**

Surface Electromyography (EMGs) & NMES

"Electromyography is the study of muscle function through the inquiry of the electrical signal the muscle emanates"

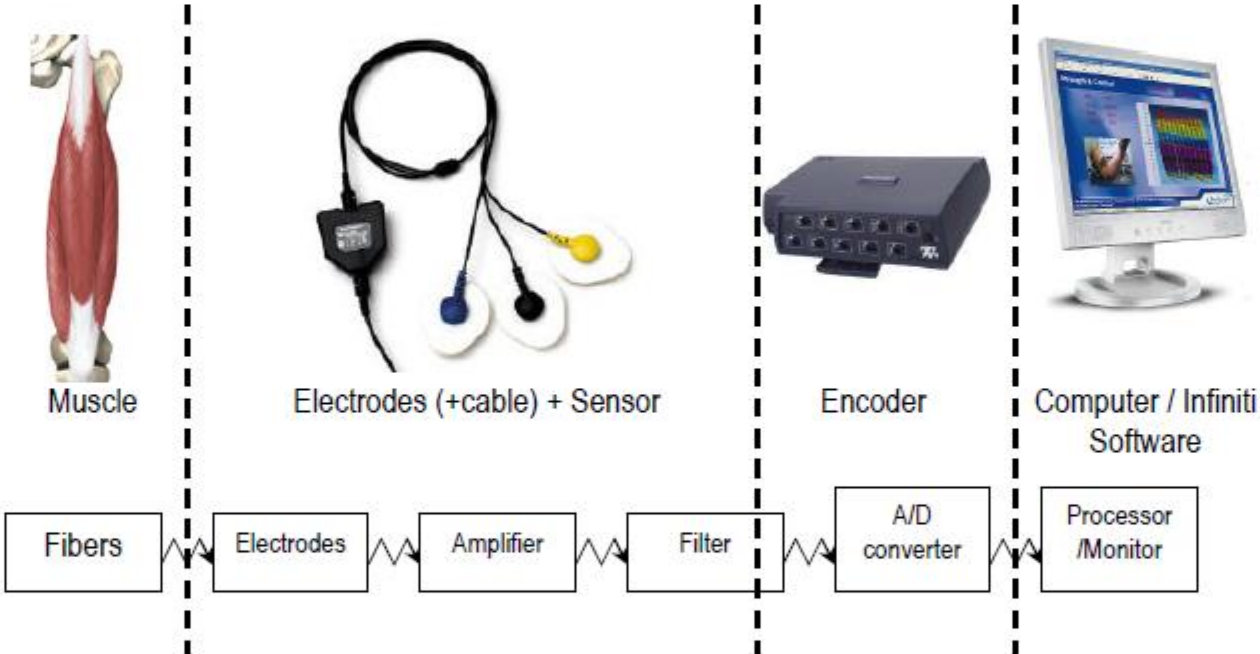
Cram JR, Kasman GS

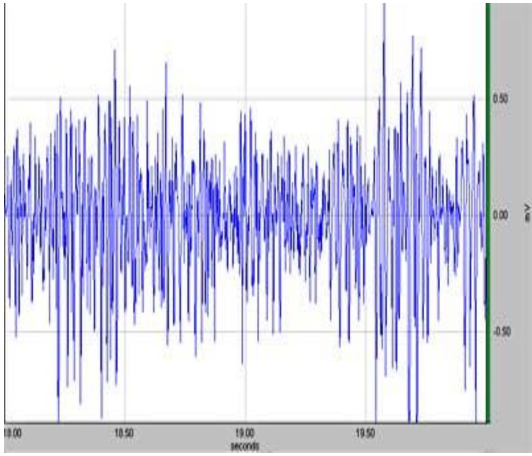
Parinya Lertsinthai, PT. Ph.D.
Physical Therapy, Allied Health Sciences
Naresuan University
(Date: 24/12/2012)

Scope

Noraxon
Motion Lab Systems
Delsys

-What is EMGs?
-Surface and indwelling electrode (Needle electrode)
-Basic of EMG recording
-Application in PT, medicine and sport
-Neuromuscular electrical stimulation (NMES)



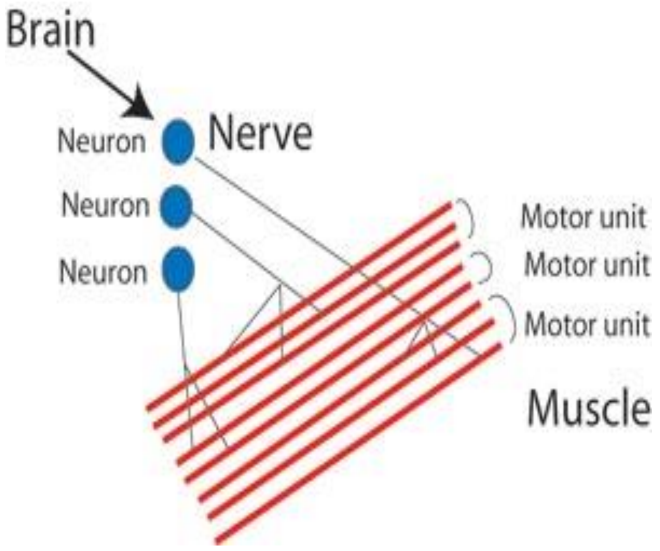


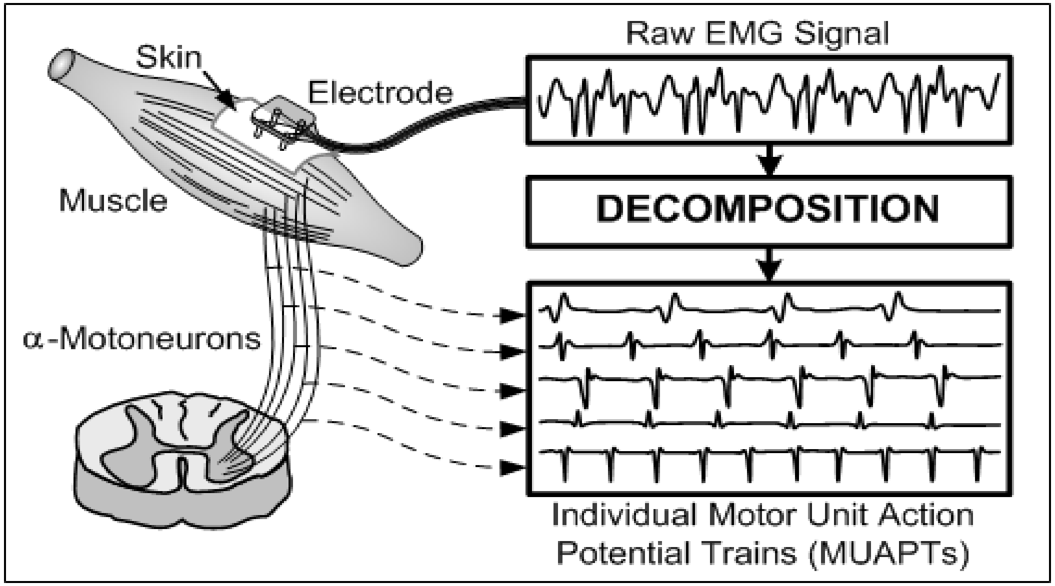
What's EMGs ?

→ EMG is the <u>electrical activity</u> produced by <u>skeletal muscles</u> during contraction.

→ Several <u>Motor units</u> are active during muscle contraction many motor units /many <u>Action potential</u> **(Electrical signal)**

→ Motor unit depends on the function of the muscle and can contain from 10 to over 3000 muscle fibers. <u>Eye (4-10 fibers)</u>, <u>Quadriceps (>1,000 fibers)</u>



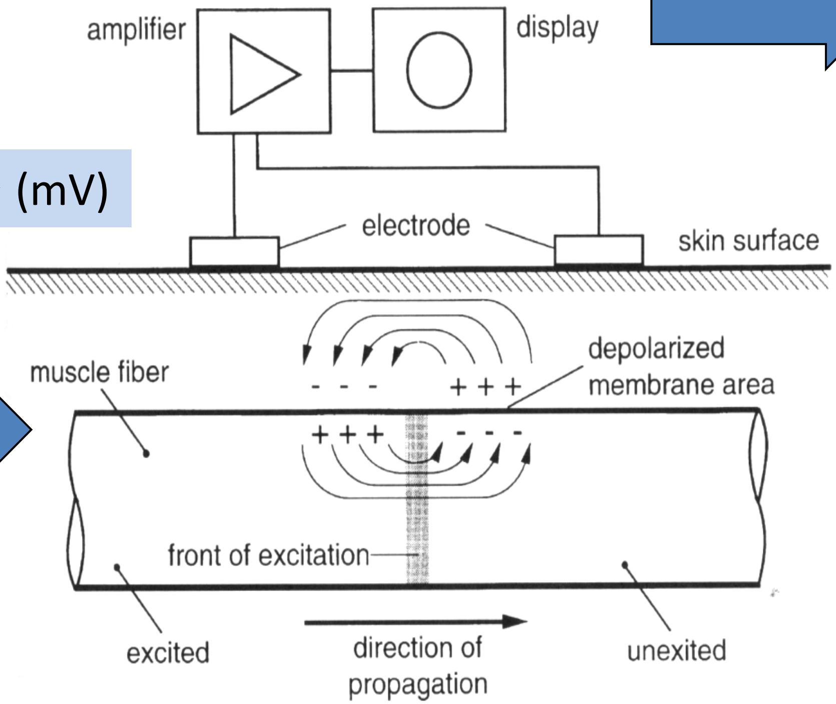


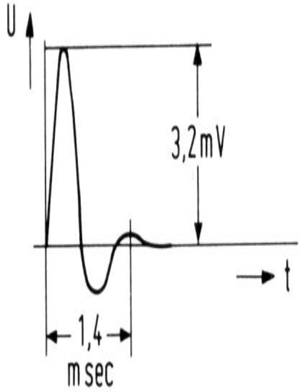
Generation of Muscle Action Potentials

EMG signal → change in electrical potential across the muscle fiber mb

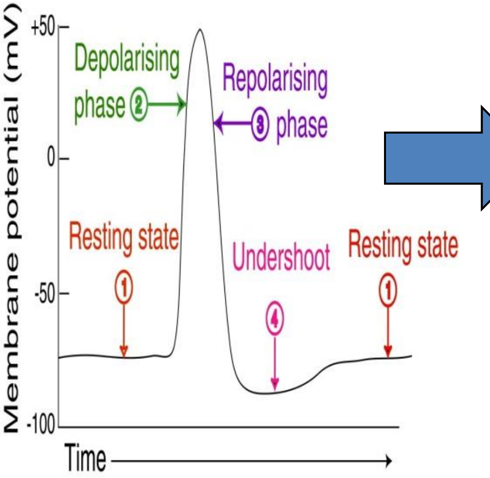
- Resting mb potential of muscle fiber → **-90 mV** (Resting potential)
- Action potential of a muscle fiber → **30-40 mV** (Depolarization)
- Motor unit action potential (MUAP) → **-90 to 40 mV**

Bipolar Electrode Configuration

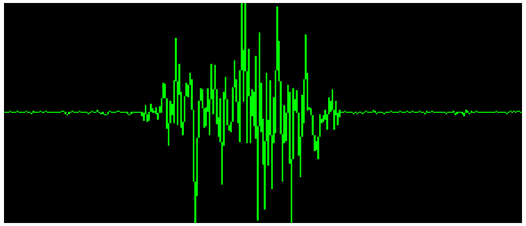




Action potential (AP) → (mV)



Motor EMG signal (µV)



From: Kumar/Mital 1996, p. 73

Characteristics of EMG Signal

- Amplitude range:

  0–10 mV (+5 to -5) prior to amplification
- Useable energy ความถี่ที่เก็บสัญญาณ:

  Range of 0 - 500 Hz
- Dominant energy: 50 – 150 Hz

  (หนาแน่นมากในช่วงความถี่)
- Peak of frequency = 80-100 Hz

  (ความถี่สูงสุดของสัญญาณ)

Slow twitch motor unit firing = 75-125 Hz

(Type I muscle: Soleus, deep muscle)

Fast twitch motor unit firing = 125-250 Hz

(Type II musclr: Biceps, Triceps, Quadriceps)

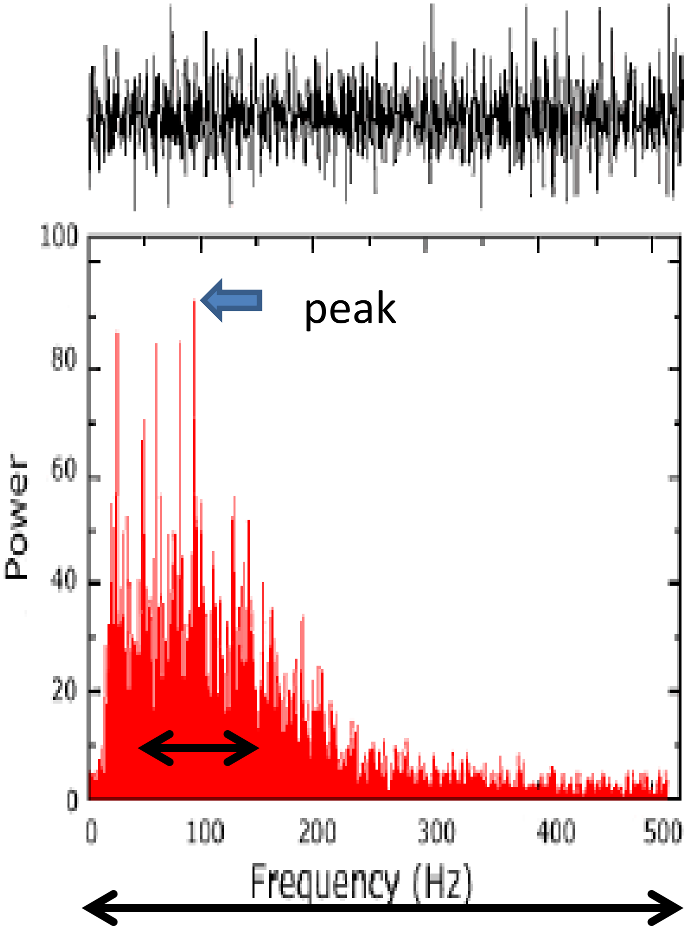


Figure 1: Frequency spectrum of the EMG signal detected from the Tibialis Anterior muscle during a constant force isometric contraction at 50% of voluntary maximum.

Characteristics of Electrical Noise

- **Noise in electronics equipment →** **Band pass 50 - 250 Hz filter**

  (**0-many thousand** Hz, All electronics equipment, used Filters elimination)
- **Ambient noise** (To avoid source of noise→ **Turn off**)

  (Electromagnetic radiation sources e.g. Radio, Electrical wire, Fluorescent light → **50,60 Hz rhythmic beats** electrical noise, **1-3 times amplitude** of EMG signal)
- **Motion artifact** (0 – 20 Hz of noise) → **Adhesive tape**
- **Inherent instability of signal** (0 – 20 Hz of noise)
- **Physiological noise:** ECG, HR, Respiratory rate (100-200 Hz)
- - **Change electrode location** essential eliminates the ECG , HR artifact.

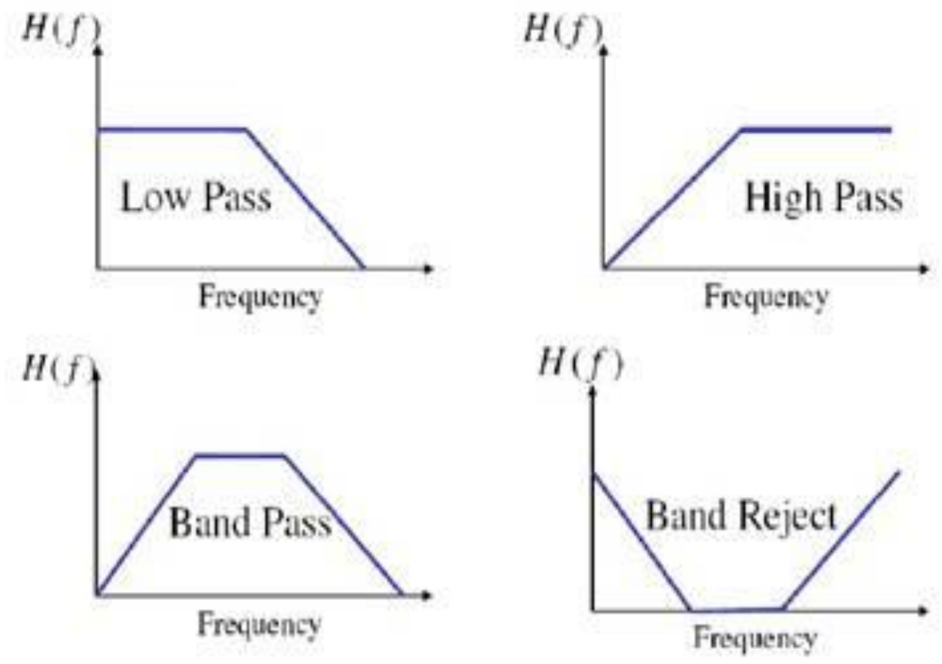
Types of Filter

Low pass filter : ให้ความถี่สัญญาณตั้งแต่ 0 Hz จนถึงกำหนดผ่านไปได้ (Cut off=500 Hz)

High pass filter : ให้เฉพาะความถี่สูงกว่าที่กำหนดผ่านไปได้ (Cut off=20 Hz)

Band Pass filter : ให้เฉพาะช่วงสัญญาณความถี่ที่เรากำหนดผ่านได้ (25-500Hz)

Notch filter (Band reject): ขจัดความถี่สัญญาณบางช่วงที่ไม่ต้องการ



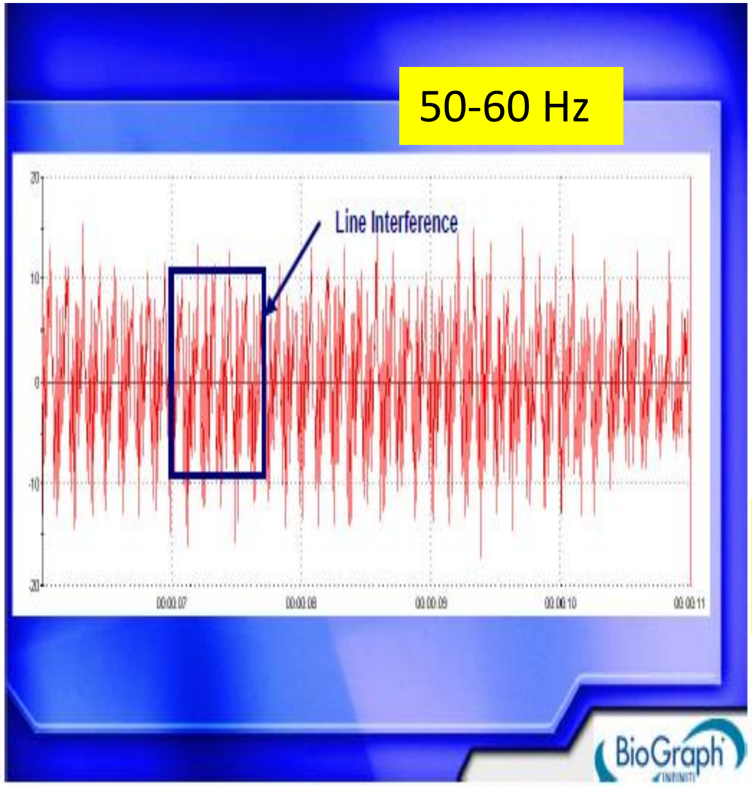


Fig. 4. Raw EMG signal with line interference

Notch filter

50-60 Hz Removed

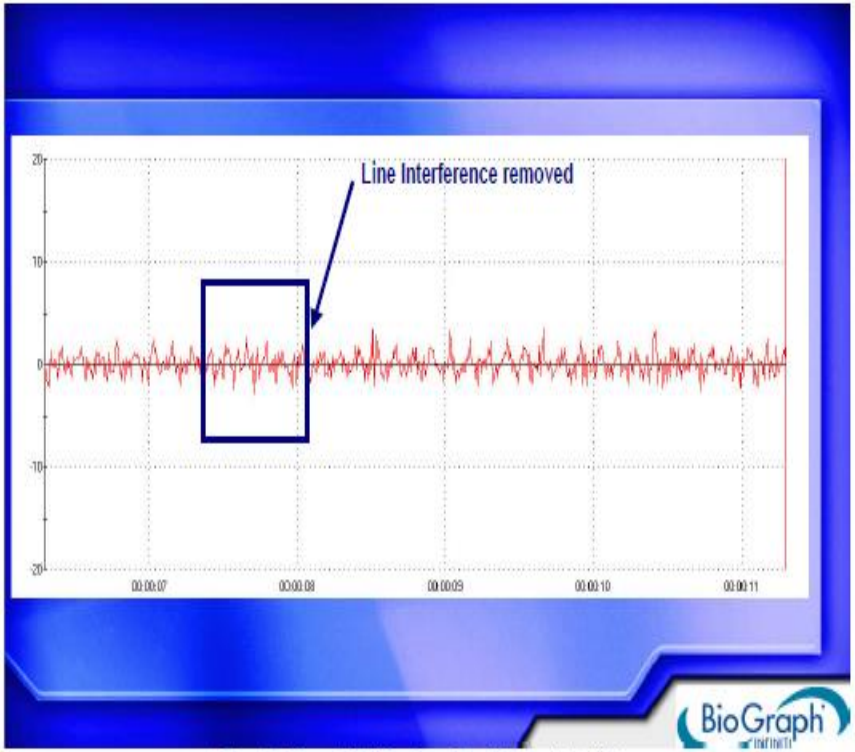


Fig. 5. Raw EMG signal with Notch filter

- **50,60 Hz rhythmic beats** electrical noise,
- High > **1-3 times amplitude** of EMG signal

100-200 Hz
ECG artifact
rhythmic beats
Heart beats

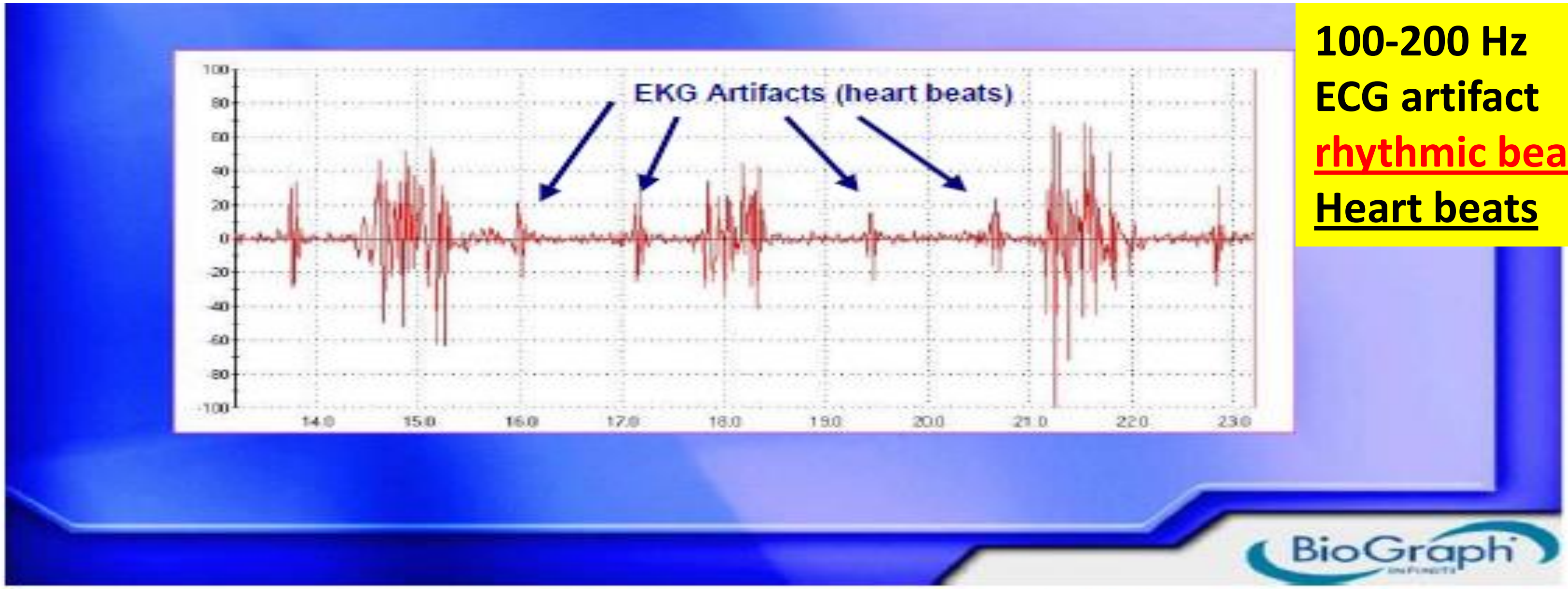


Fig. 6. Raw EMG signal with EKG artifact

Band pass 50 - 250 Hz filter

20Hz Motion artifact
No rhythmic beats

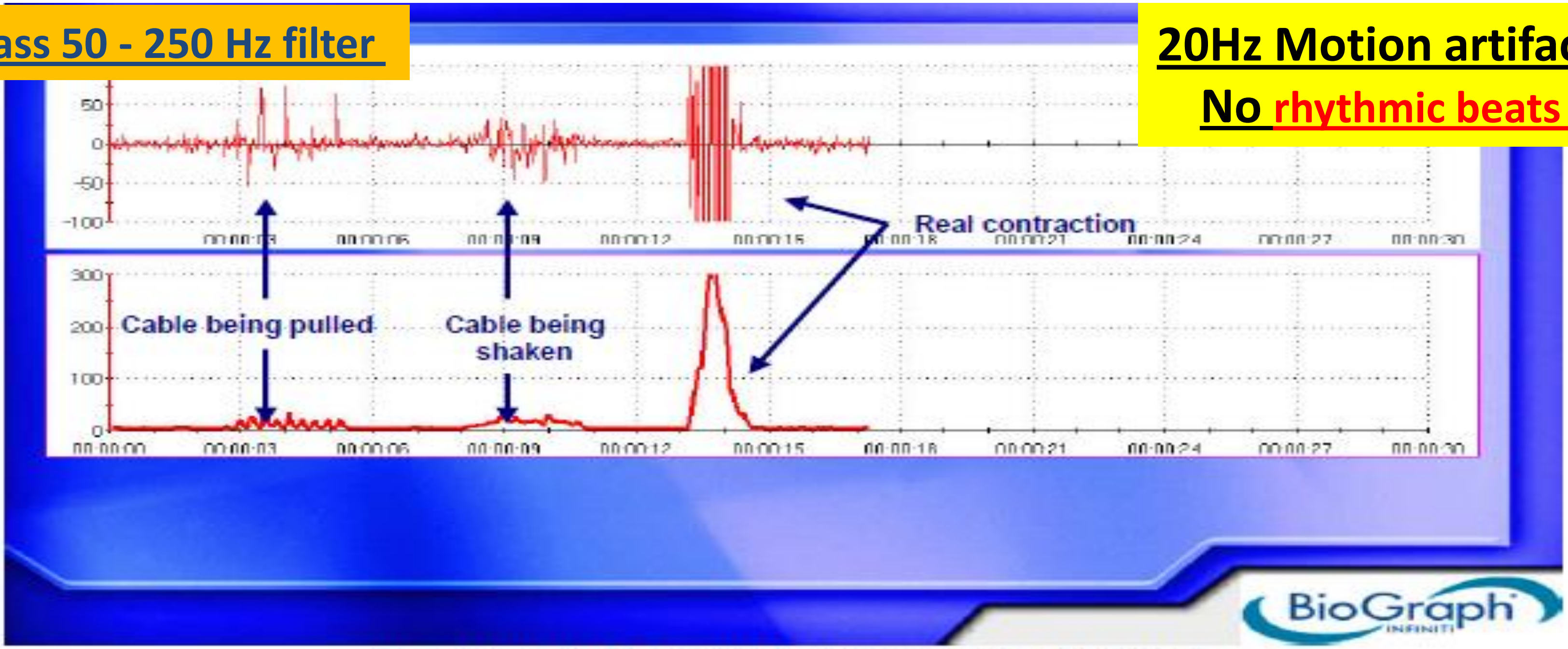


Fig. 7. Raw EMG signal with movement artifact

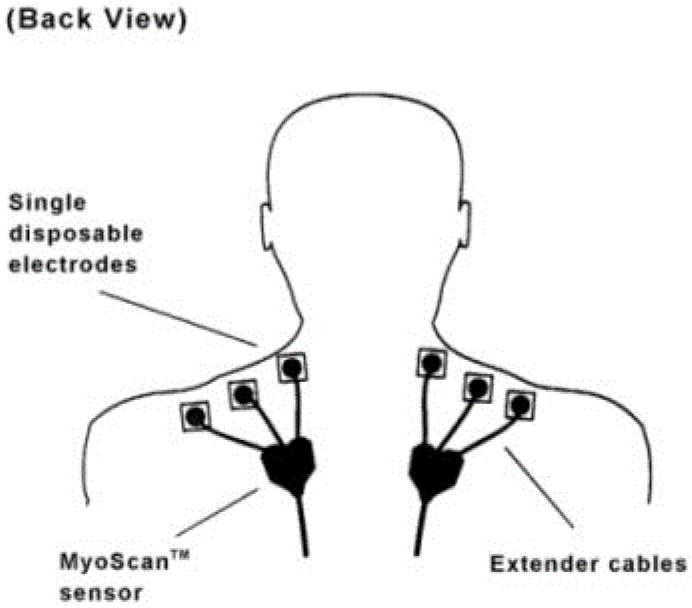
Factors Affecting the EMG Signal

Causative Factors :

Direct affect on signal

- Extrinsic – Electrode structure and Placement
- Intrinsic – Physiological, Anatomical, Biochemical (Inflammation)

Emotion (Stress), Fat



Types of Electrode

Surface electrodes (Superficial on muscular)

- Low frequency spectrum (**20-500 Hz**)
- Non-Invasive technique , Cable / Telemetry
- Skin preparation is necessary

Advantages

- -Quick, easy to apply
- -No medical supervision
- -Minimal discomfort

Disadvantages

- -Generally used only for **superficial muscles**
- -Cross-talk concerns
- -No standard electrode placement
- -May affect movement patterns of subject
- -Limitations with recording dynamic muscle activity

Indwelling electrodes (Intra-muscular)

- Produces higher frequency spectrum (**10-2,000 Hz**)
- Fine wire / Needle
- Localized pickup (superficial/deep m)
- Difficult to insert

Advantages

- -Extremely sensitive
- -Record single muscle activity
- -Access to **deep musculature**
- -Little cross-talk concern

Disadvantages

- -Intra-muscular insert
- -Requires medical personnel,
- -Possible nerve injury

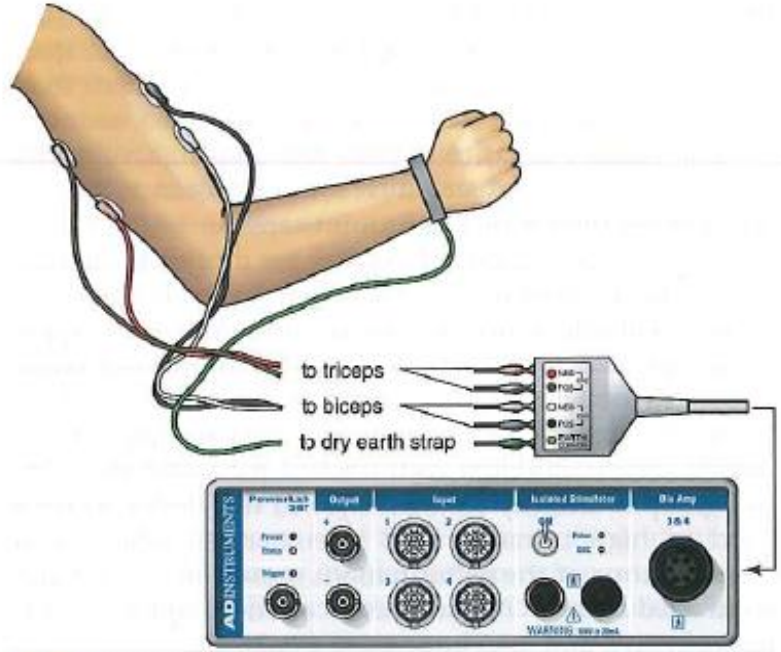
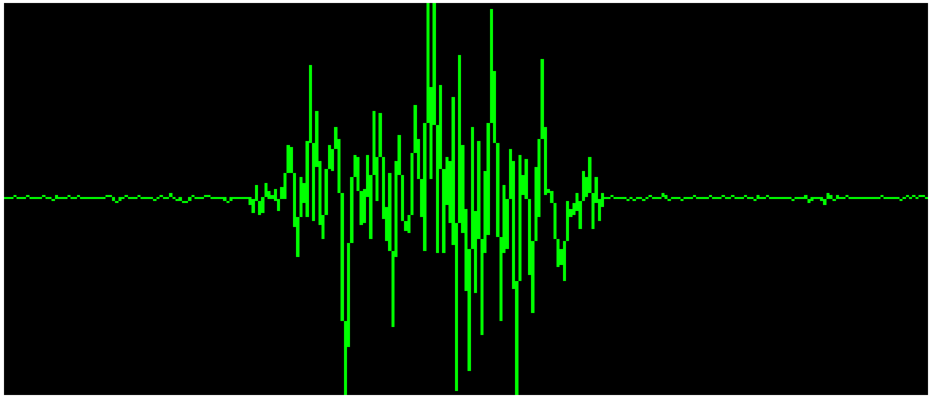


FIG 5-4 Components in performing surface electromyography (EMG). *Image courtesy ADInstruments.*



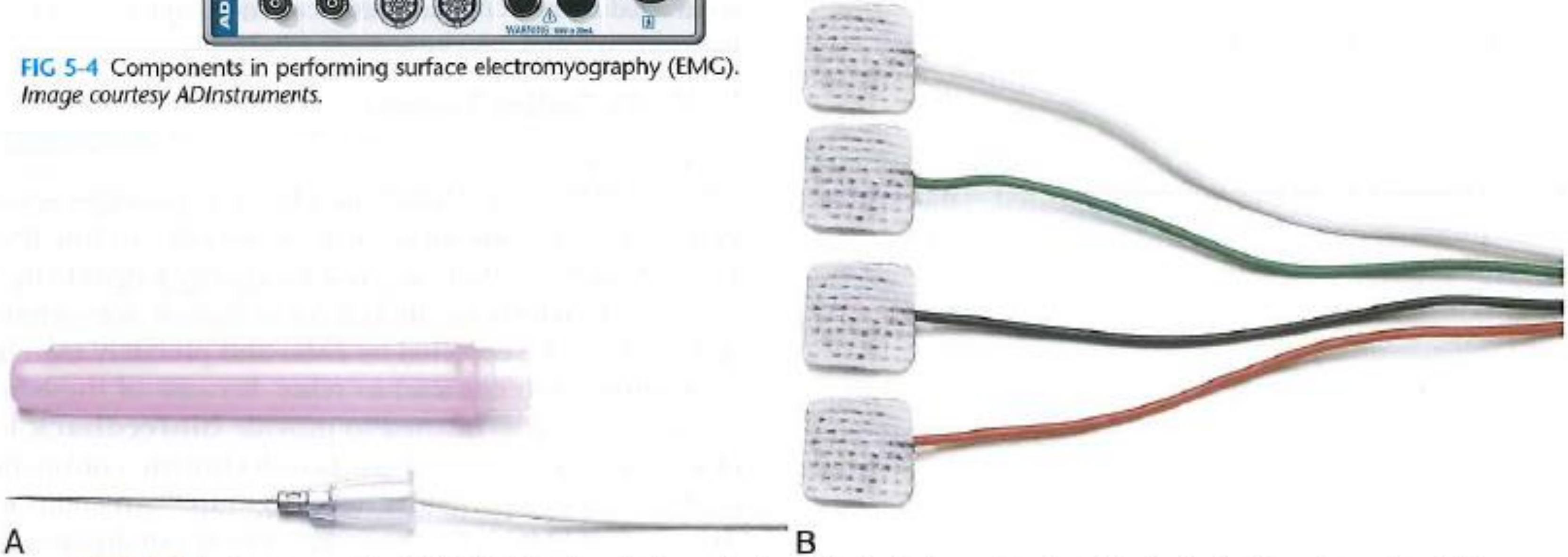
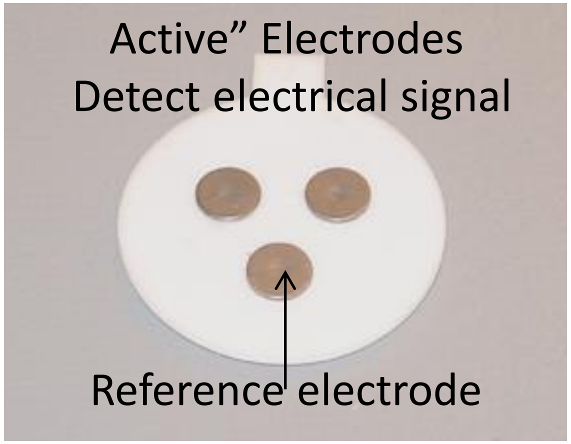
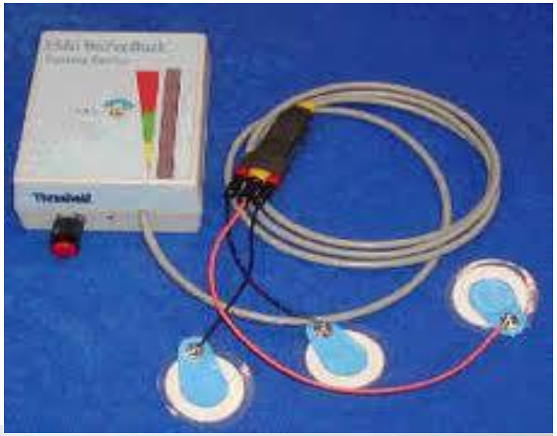


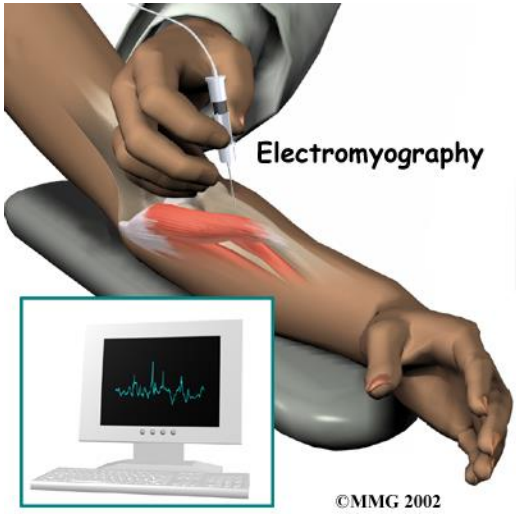
FIG 5-5 Electromyography (EMG) electrodes. **A,** Fine wire/needle. **B,** Surface. *Courtesy The Electrode Store, Enumclaw, WA.*

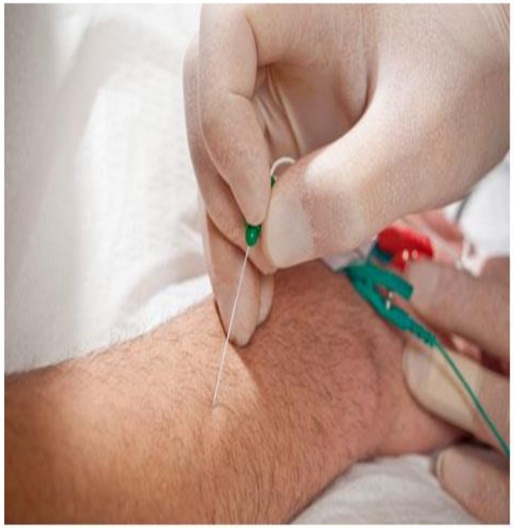
Bipolar surface



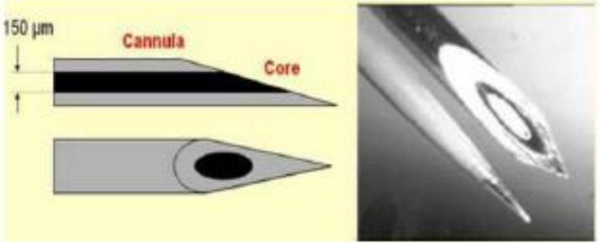


Needle





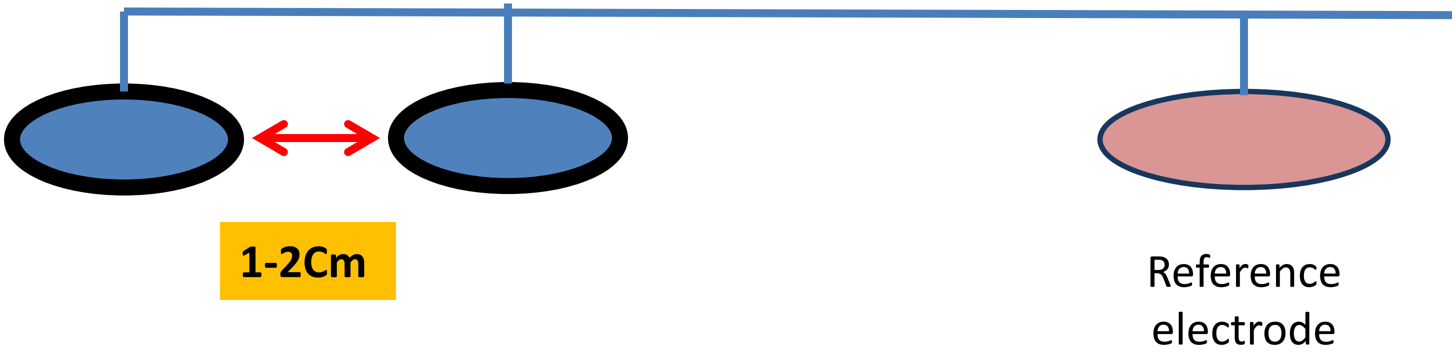
Fine-wire



30mm, 27ga needle with a pair of 0.051mm, insulated, hooked wires and 200mm tail with 6mm bare-wire

Electrode placement

- Electrode pairs in parallel with muscle fibers
- Midway between motor point of muscle belly and tendon (Usually place at muscle belly)
- Approximately 1-2 cm apart (Distance between electrodes)
- If electrode are fixed together to reduce relative movement (Eliminates cable motion artifact)
- Ground electrode placed over electrically neutral area usually bone prominent
- Clean skin with alcohol (Remove fat→ Reduce skin Resistance)



<u>The Common Mode Rejection Ratio (CMRR)</u>

CMRR เป็นค่าแสดงการ<u>กำจัดสัญญาณรบกวน</u>แบบหนึ่ง โดยใช้วงจรขยายความแตกต่าง **(difference amplifier)** โดยจะไม่ขยายสัญญาณที่มีศักดิ์ไฟฟ้าเหมือนกัน แต่<u>จะขยายสัญญาณที่มีศักดิ์ไฟฟ้าต่างกันเท่านั้น</u> (Reduce unwanted noise signals)

ค่า CMRR ควร > 80-100 dB (ลดสัญญาฯรบกวน และขยายสัญญาณ)

$$\text{CMRR (dB)} = 20\log \frac{\text{Differential mode (Ad)}}{\text{Common Mode (Ac)}}$$

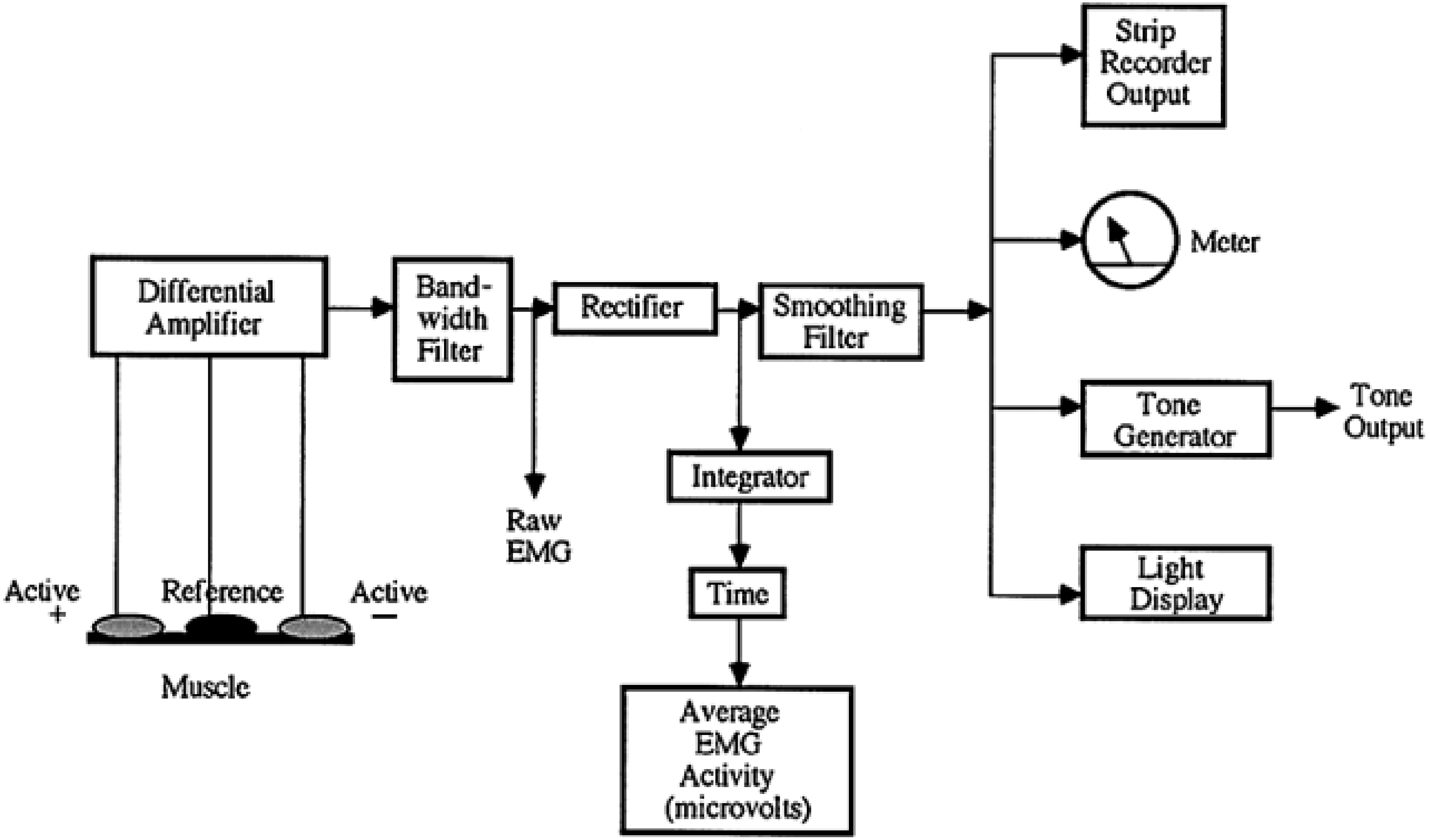
<u>ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation; CV)</u>

ค่าที่ใช้วัด<u>การกระจาย</u>สัมพัทธ์ของข้อมูลเพื่อ<u>เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลตั้งแต่สองชุดขึ้นไป</u>

CV = (SD – Mean) x 100%

(ปกติถ้ามากว่าร้อยละ 30 ถือว่ากระจายของข้อมูลมาก)

Circuit of EMGs



<u>Electrode Placement</u>

- Away from <u>motor point</u>
  - Middle of ***<u>muscle belly is generally accepted</u>***
- Away from <u>tendon</u>
  - Fewer, thinner muscle fibers
  - Closer to other muscle origins, insertions
    - More susceptible to cross-talk
- Away from <u>outer edge of muscle</u>
  - Closer to other musculature
- Orientation <u>parallel to muscle fibers</u>
  - More accurate conduction velocity
  - Increased probability of detecting same signal

EMG Electrode Placement

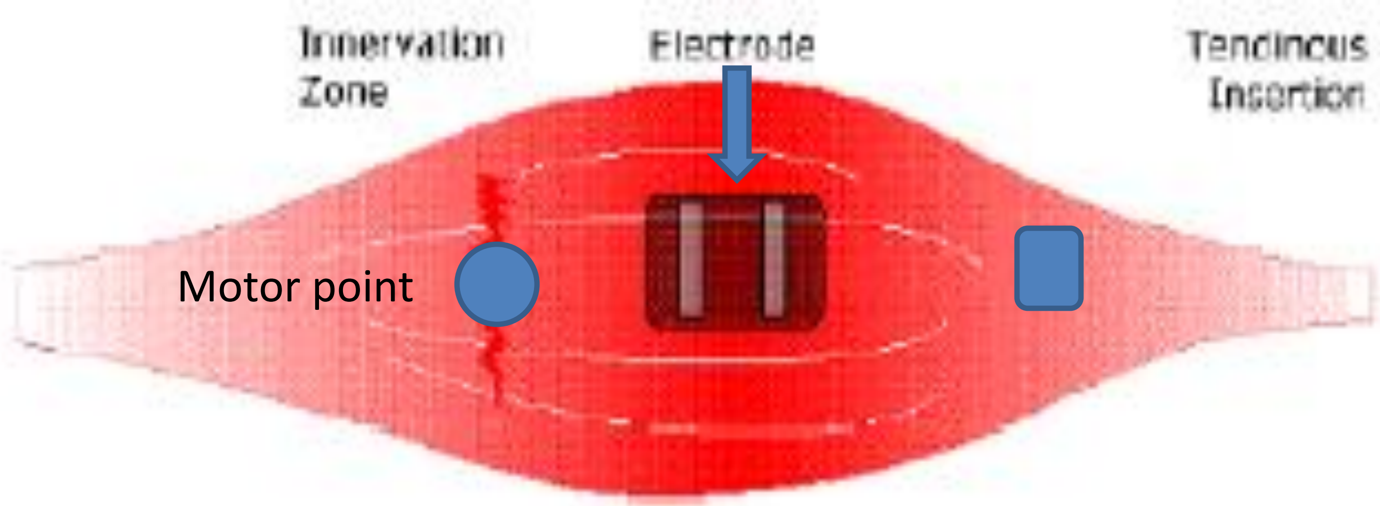


Figure 4: The preferred electrode location is between the motor point (or innervation zone) and the tendinous insertion, with the detection surfaces arranged so that they intersect as many muscle fibers as possible.

Surface Electrode Placement

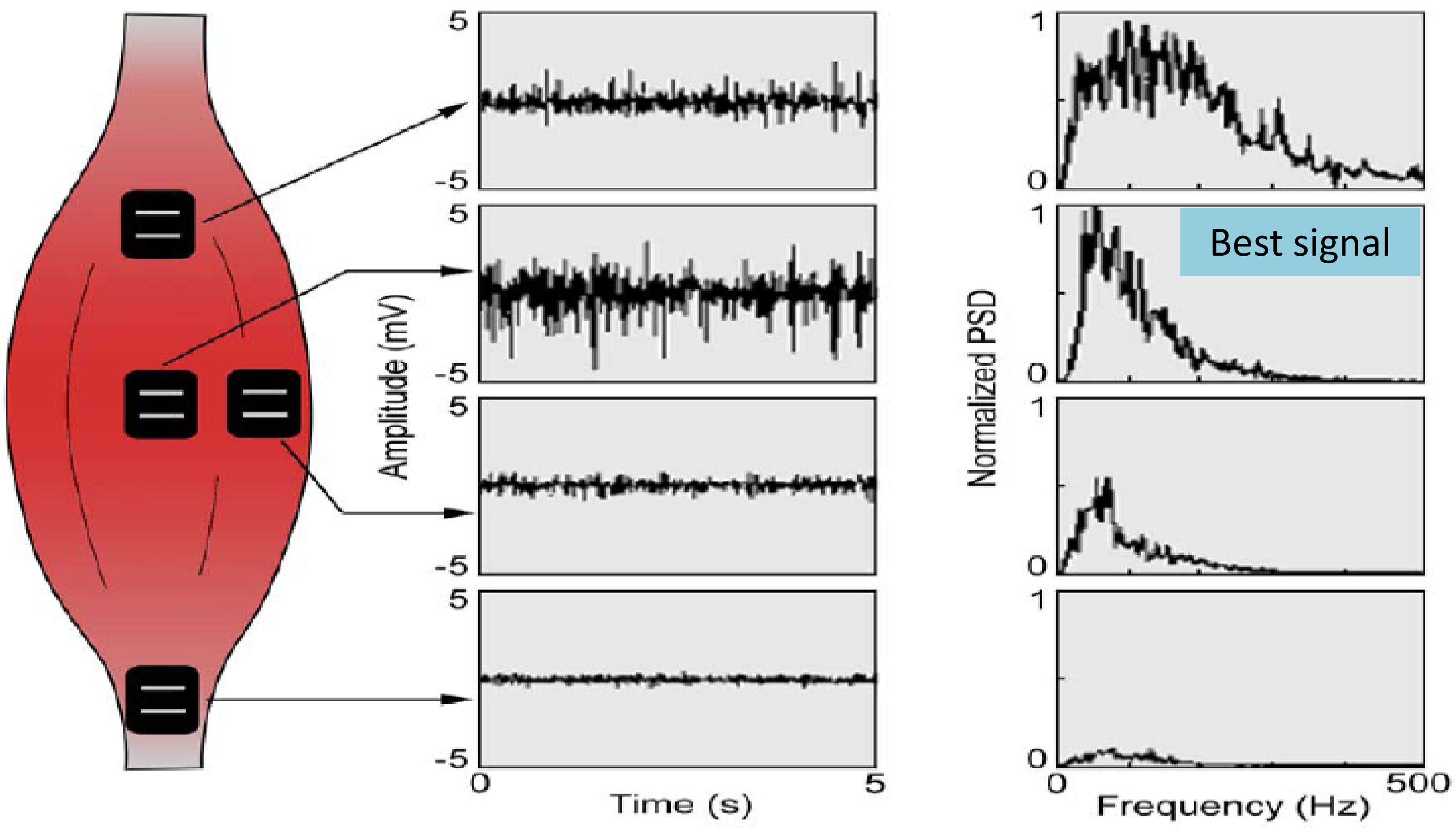
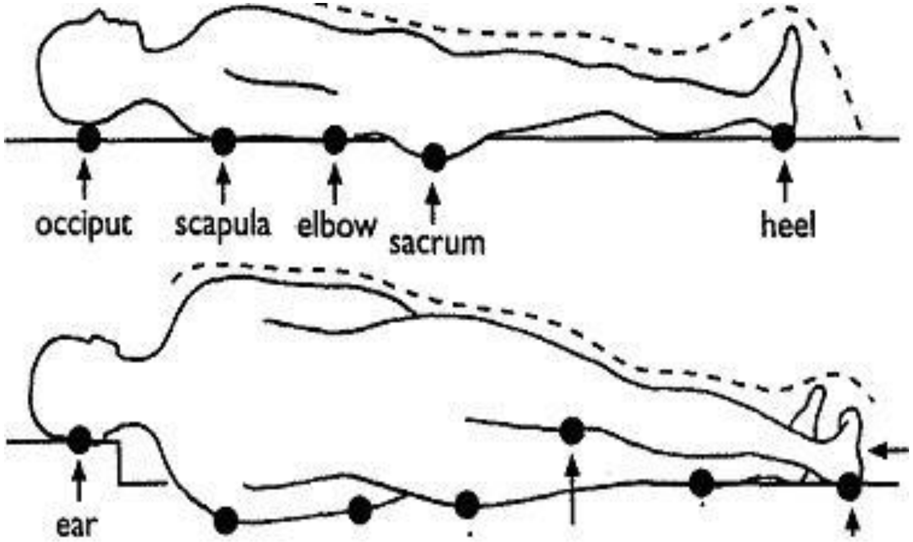


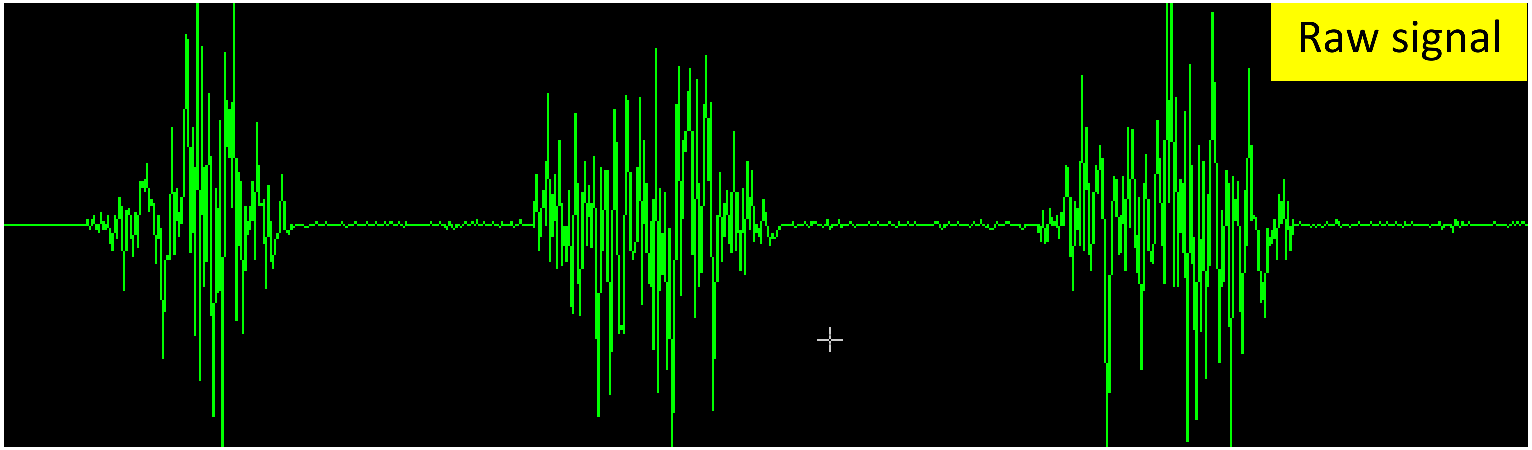
Figure 2: The amplitude and frequency spectrum of the EMG signal is affected by the location of the electrode with respect to the innervation zone (top electrode), the myotendonous junction (bottom electrode) and the lateral edge of the muscle (middle right electrode). The preferred location is in the midline of the belly of the muscle between the nearest innervation zone and the myotendonous junction. In this location the EMG signal with the greatest amplitude is detected.

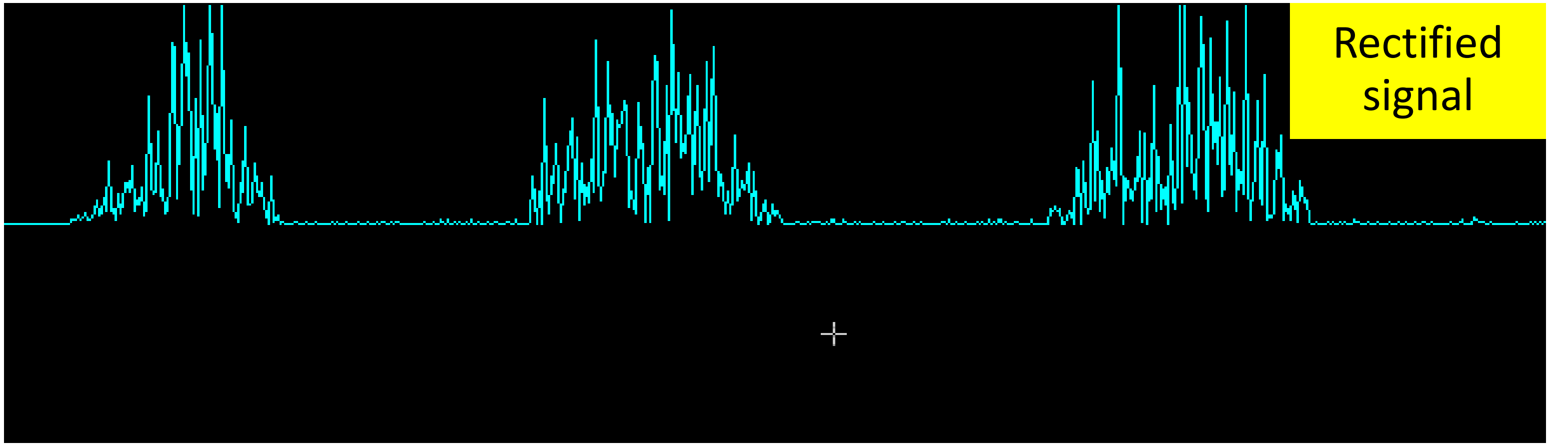
Reference Electrode Placement (Ground)

- As far away as possible from recording electrodes
- Electrically neutral tissue
  - ***Bony prominence*** in the same side of body
- Good electrical contact
  - Larger size more than ES
  - Good adhesive properties



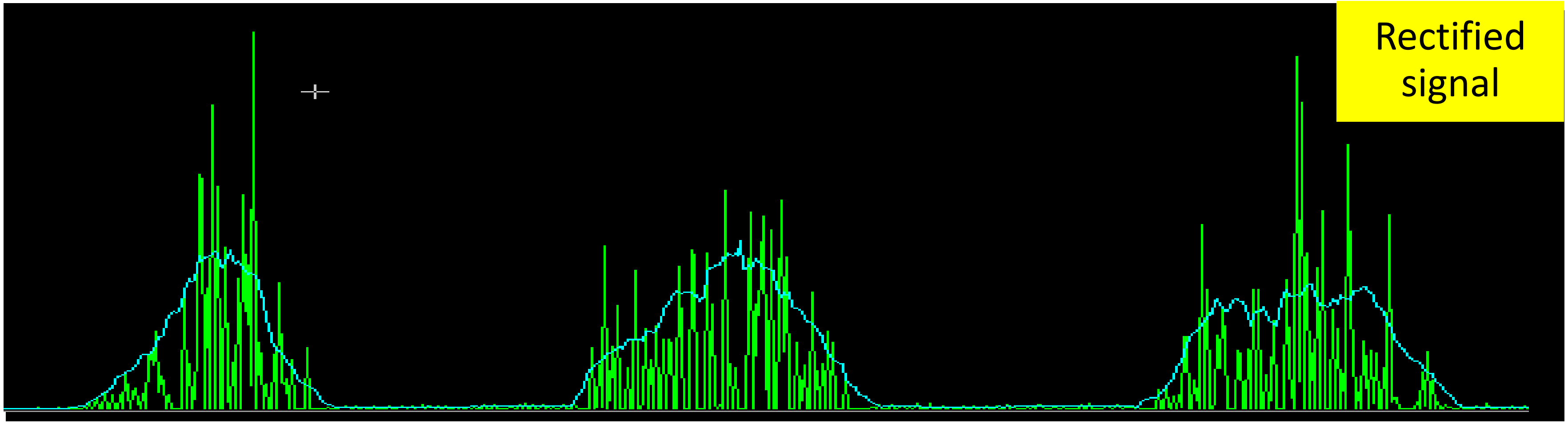
EMG Signal Processing: Rectification

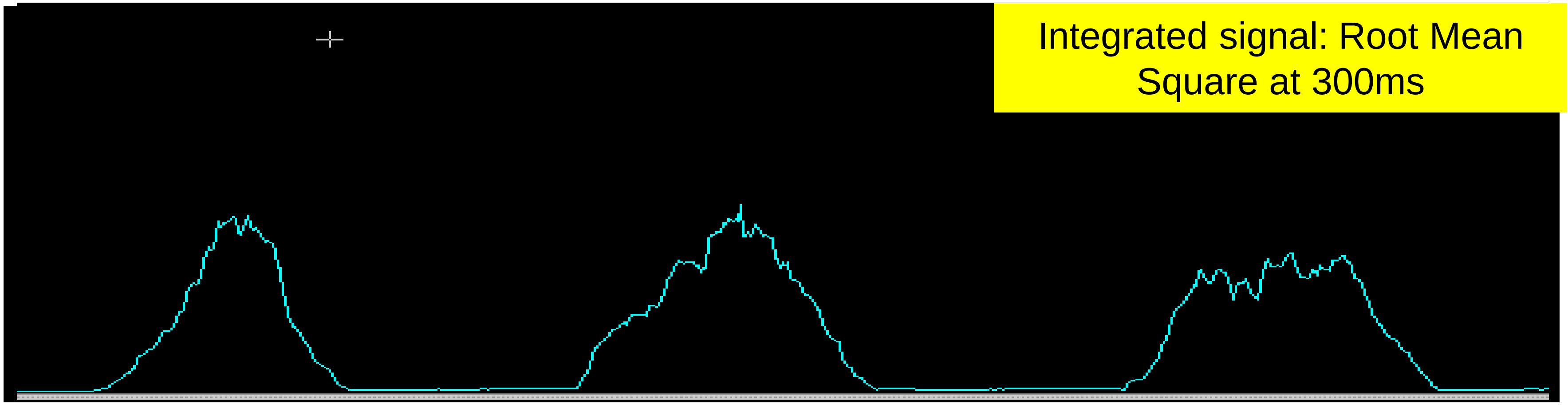




Benefit: only positive values → mean, peak, area calculation

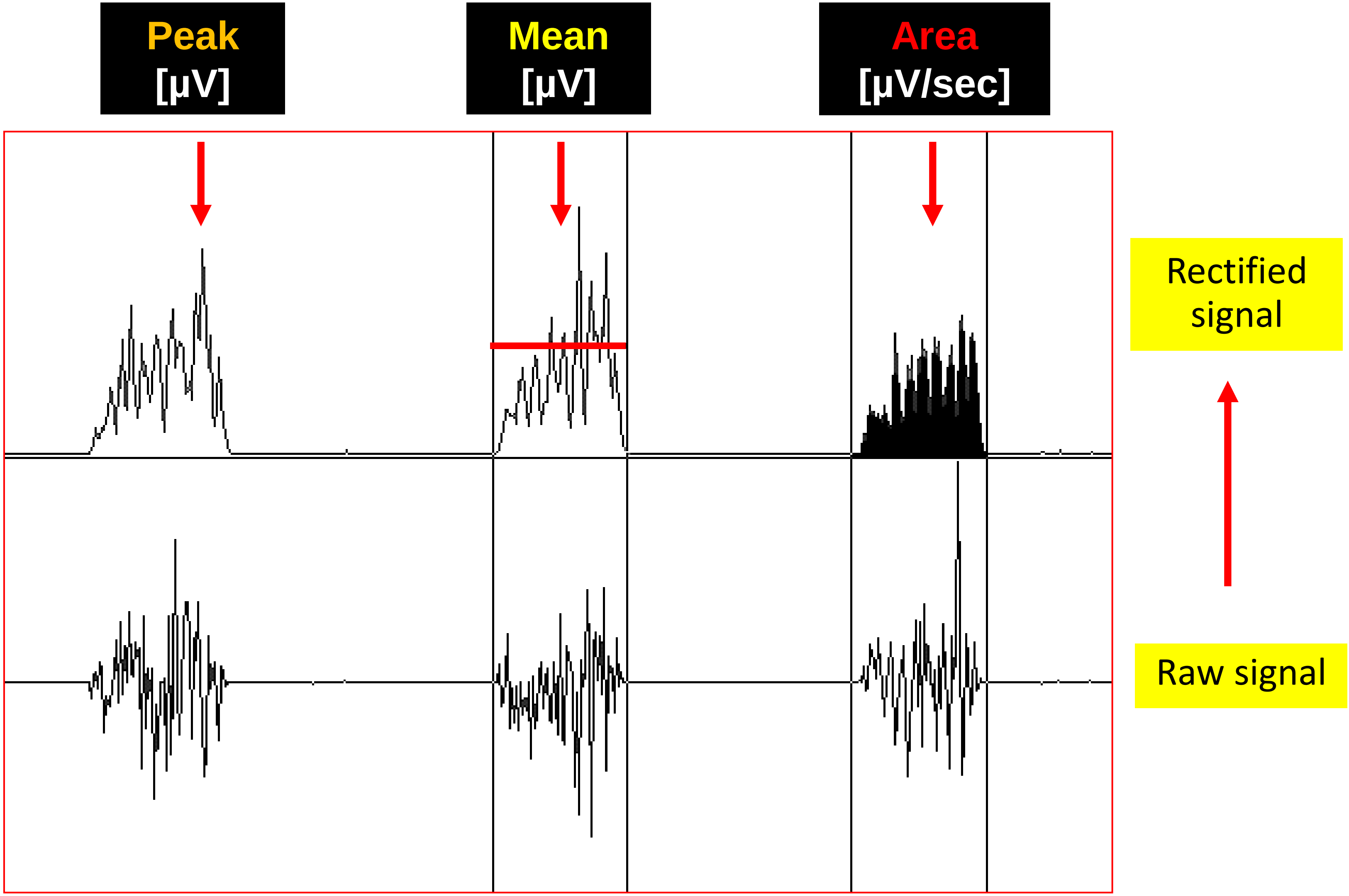
EMG Signal Processing: Smoothing





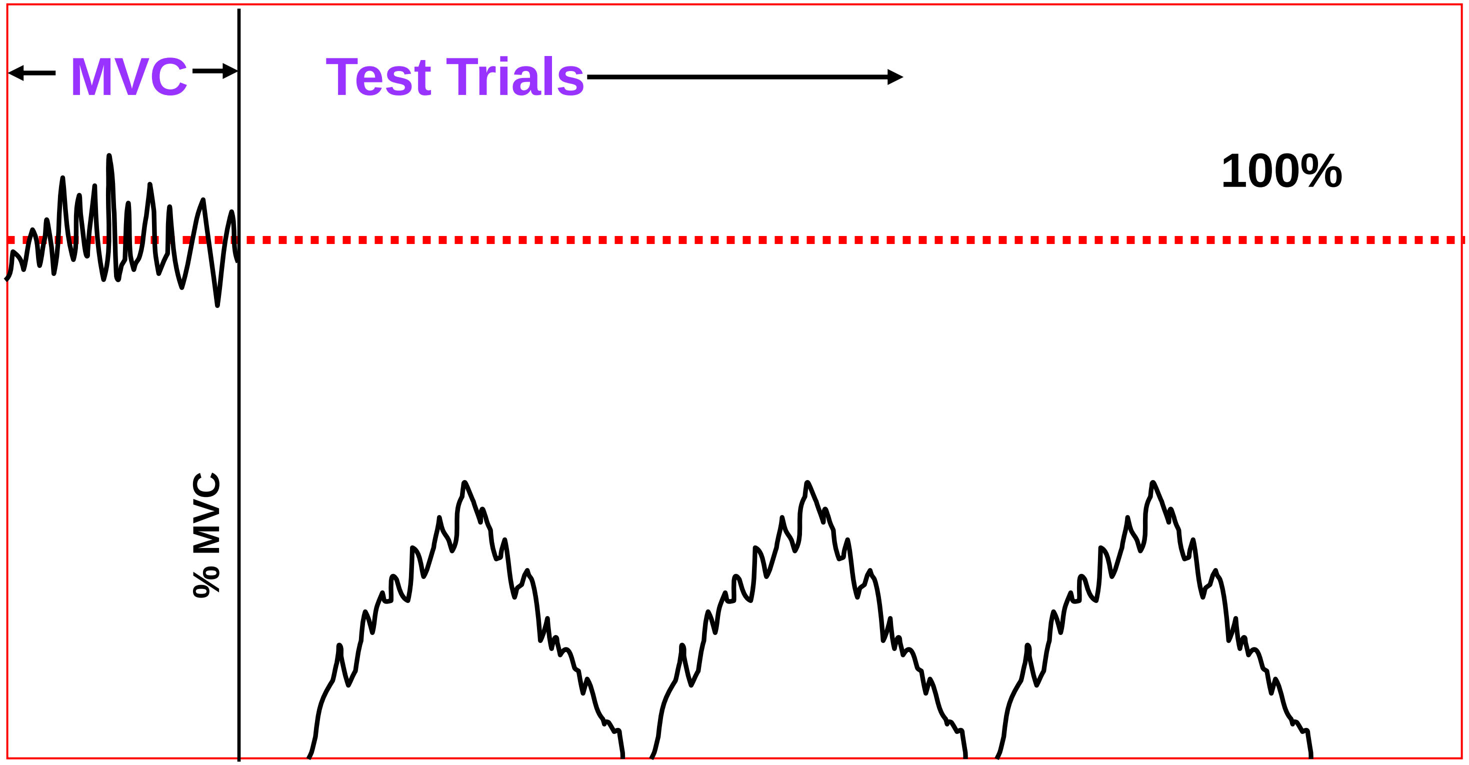
Deleting non reproducible amplitude spikes

EMG Amplitude Parameters



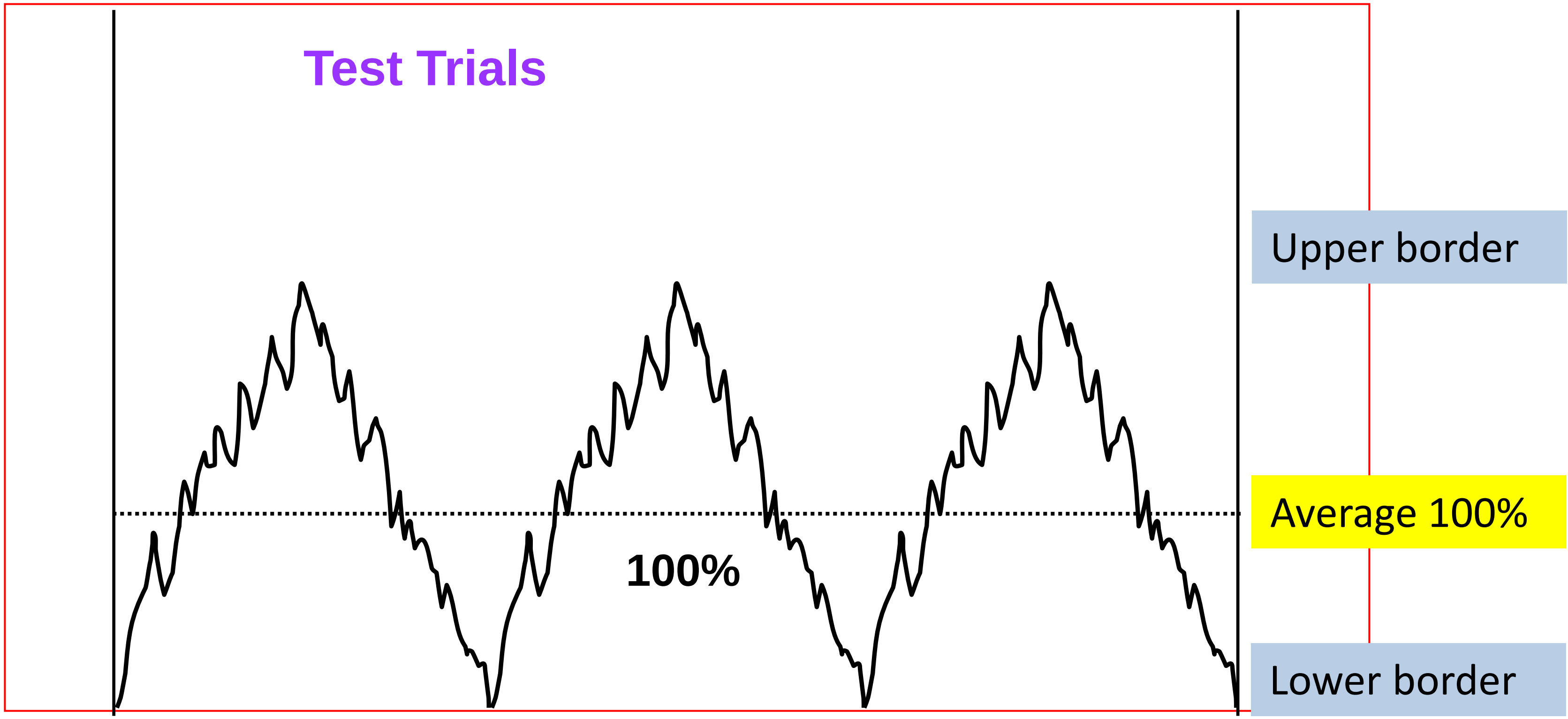
EMG Amplitude Normalization 1: MVC

EMG in ratio to a Maximum Volontary Contraction = % MVC



Rescaling of microvolts → percent (%) of reference contraction

Amplitude Normalization 2: To Mean



Normalization to the internal mean amplitude value

EMG Force Relationship

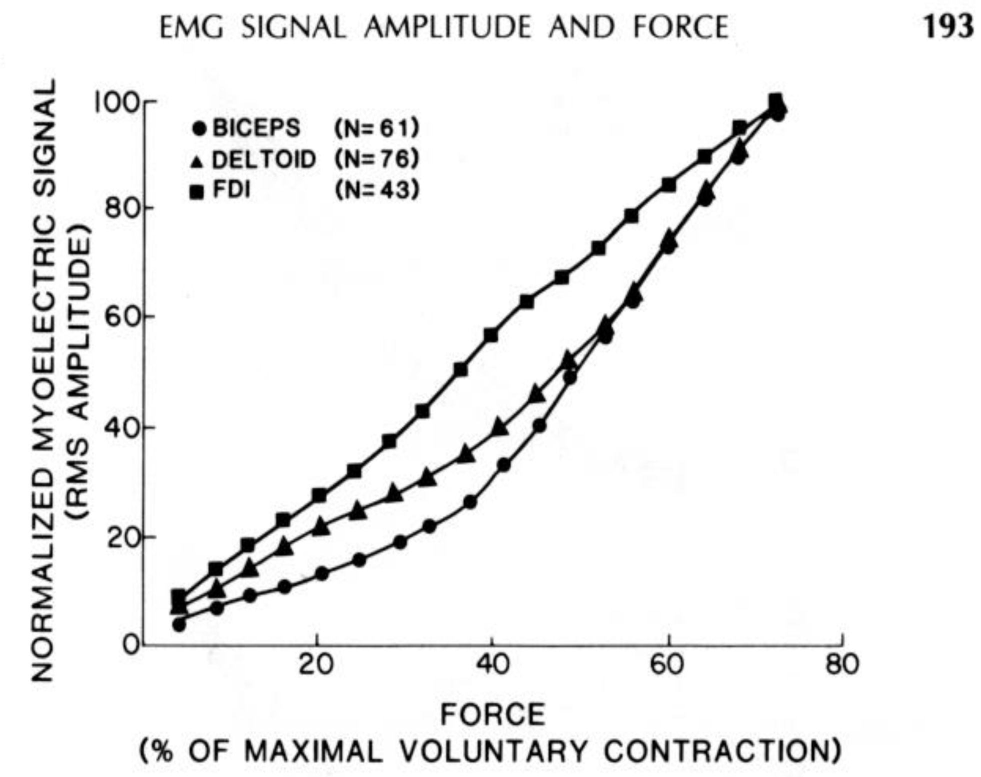


Figure 7.1. Effect of muscle on the EMG signal-force relationship. *N* represents the number of contractions averaged for each muscle. Each set of data was obtained from 13 subjects. (From J.H. Lawrence and C.J. De Luca, © 1983, *Journal of Applied Physiology*.)

An increase in force (tension) results from an increase in muscle EMG activity

Force α Amplitude
(Nm) (mV)

EMG records the recruitment of motor unit **(Size principle)**
(Small motor unit → Large)

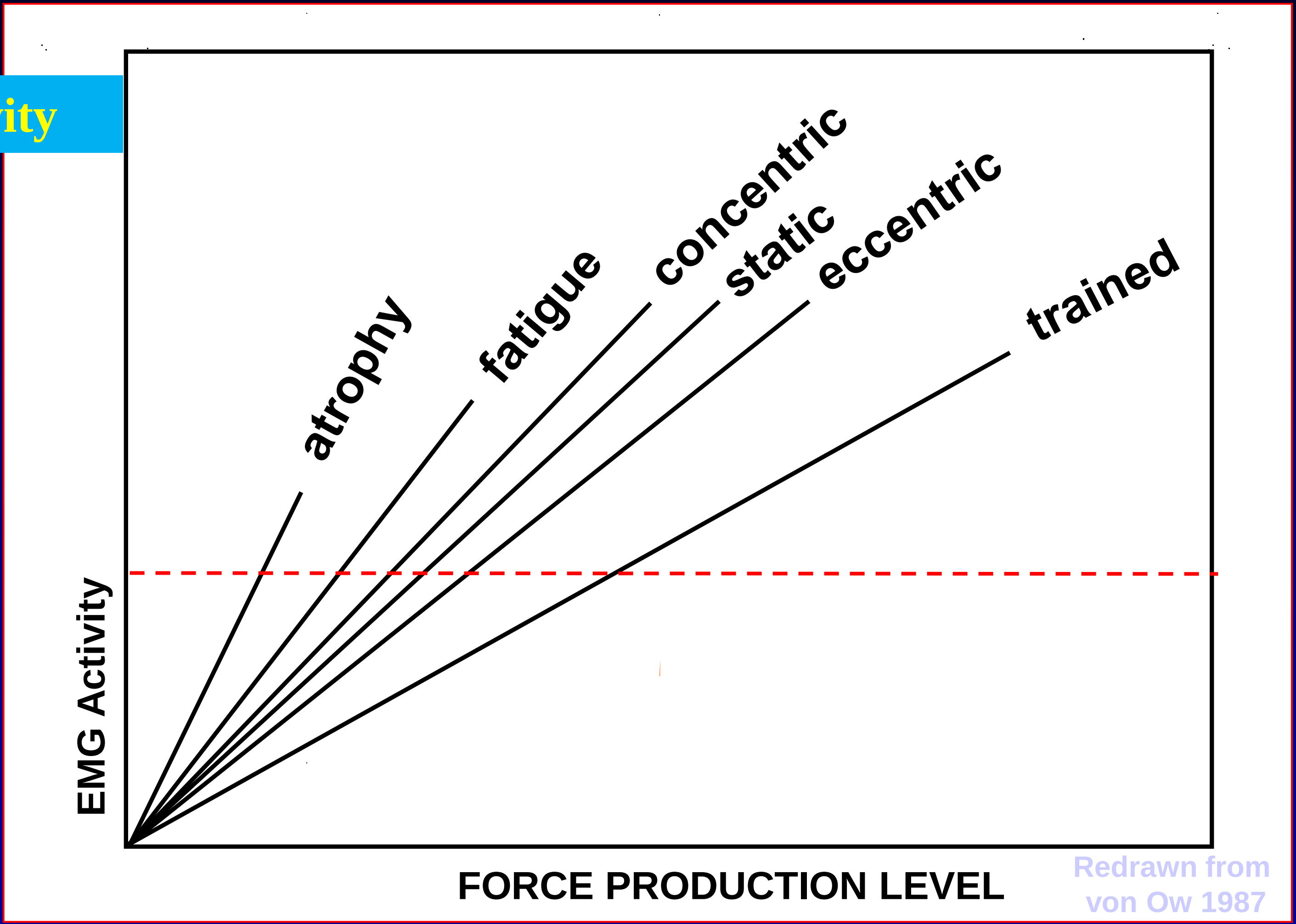
Basmajian&DeLuca, Muscles Alive 1985, page 193

Linear or curvi - linear correlation of EMG and Force

EMG/Force Relation due to musc. conditions

Force α EMG activity

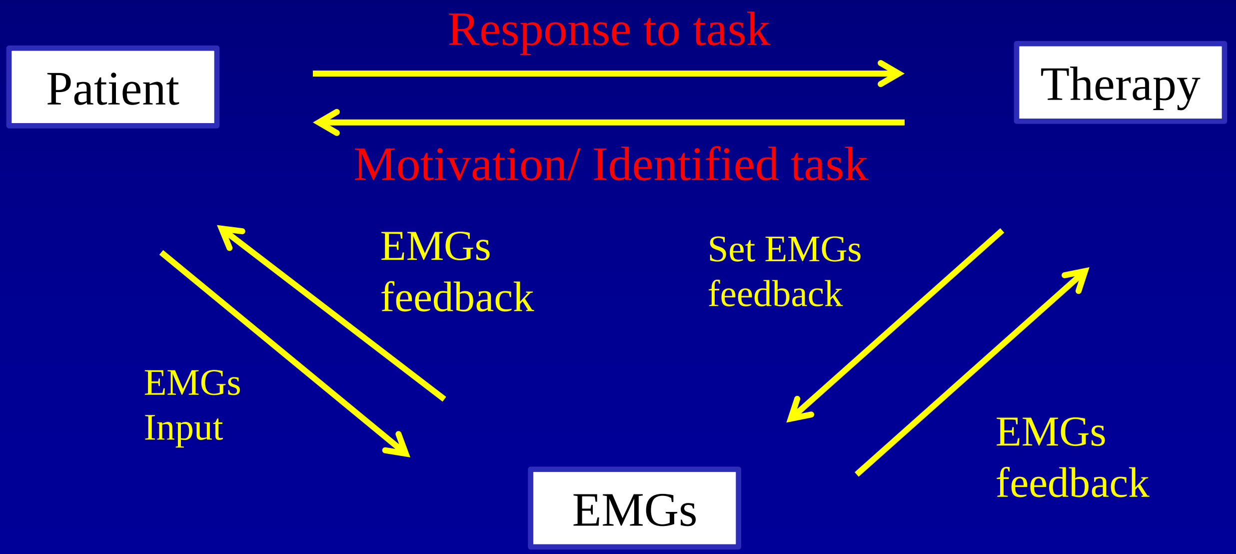
EMG signal
เท่ากัน ไม่ได้
หมายความว่า
แข็งแรงเท่ากัน



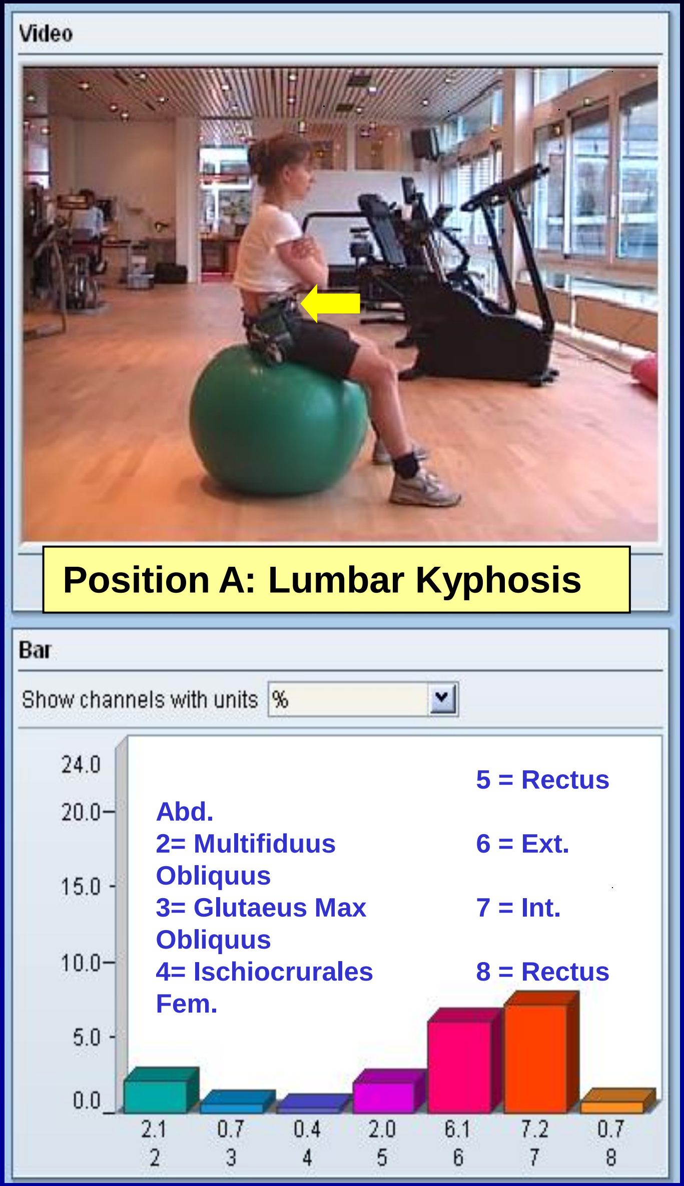
→ **Analysis of intramuscular training effects**

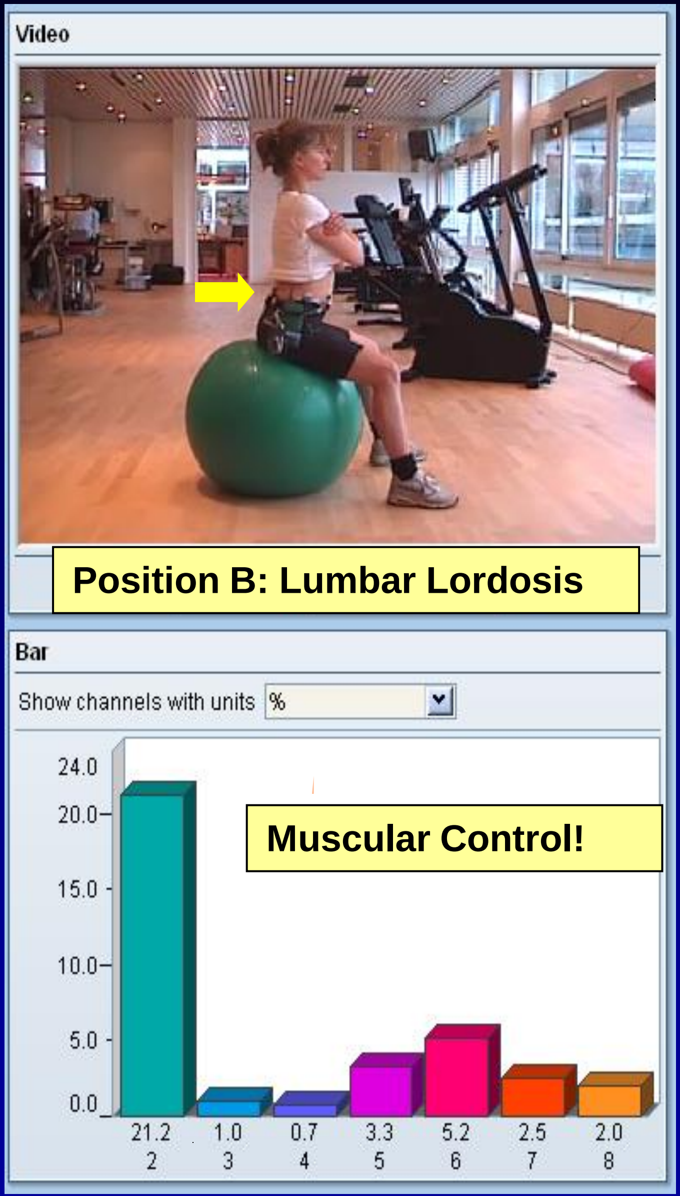
Benefits and Applications of Surface EMG

- Indicator for muscle **activation /deactivation**
- Use of **re-education** of muscle function
- Relationship of **force/EMG signal**
- Use of EMG signal as a **fatigue index**
- Use of EMG signal as a **biological Feedback**



Lumbar Stabilisation: Coordination Training





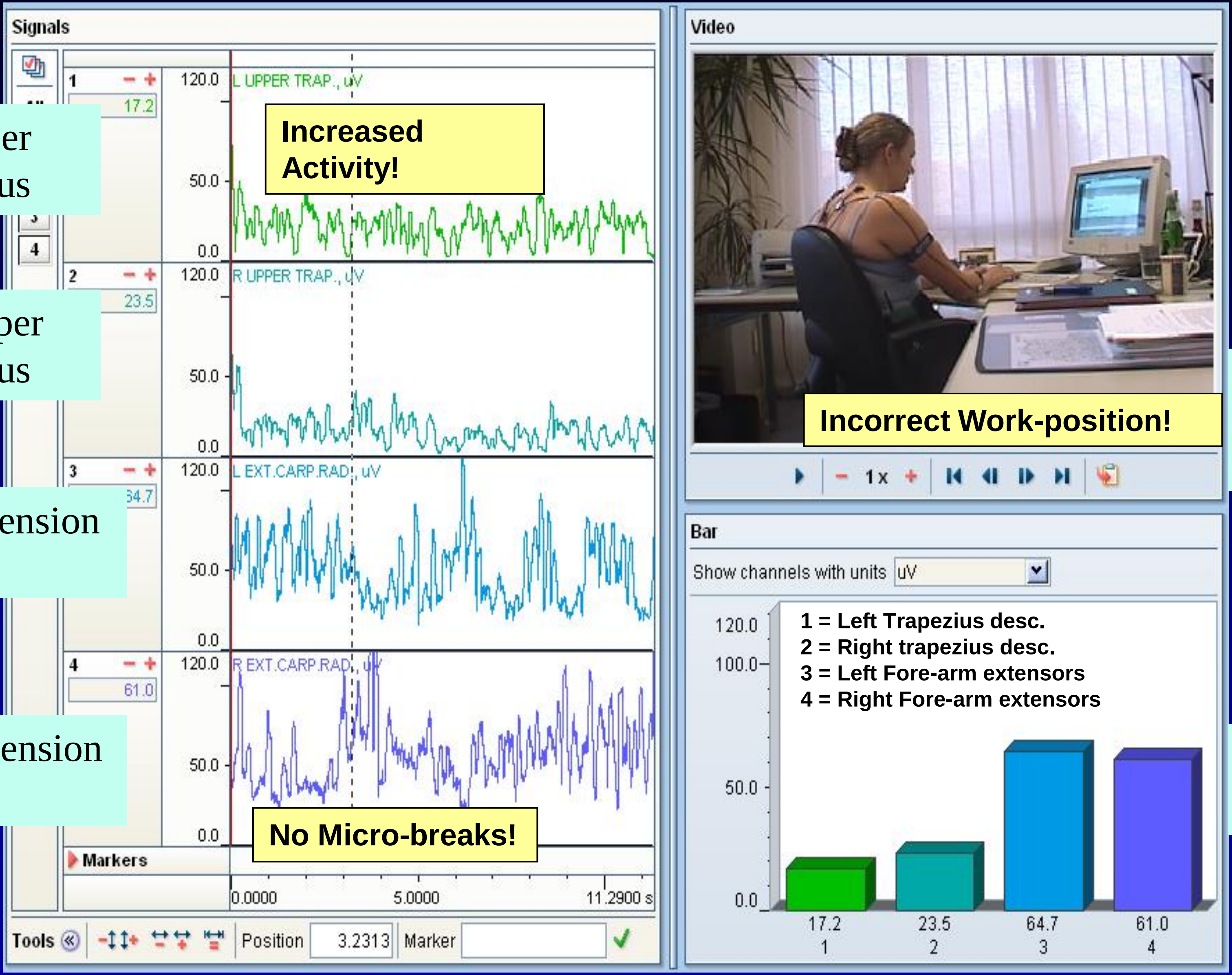
PC-Workspace : Job analysis

Lt Upper trapezius

Rt, Upper trapezius

Lt. Extension wrist

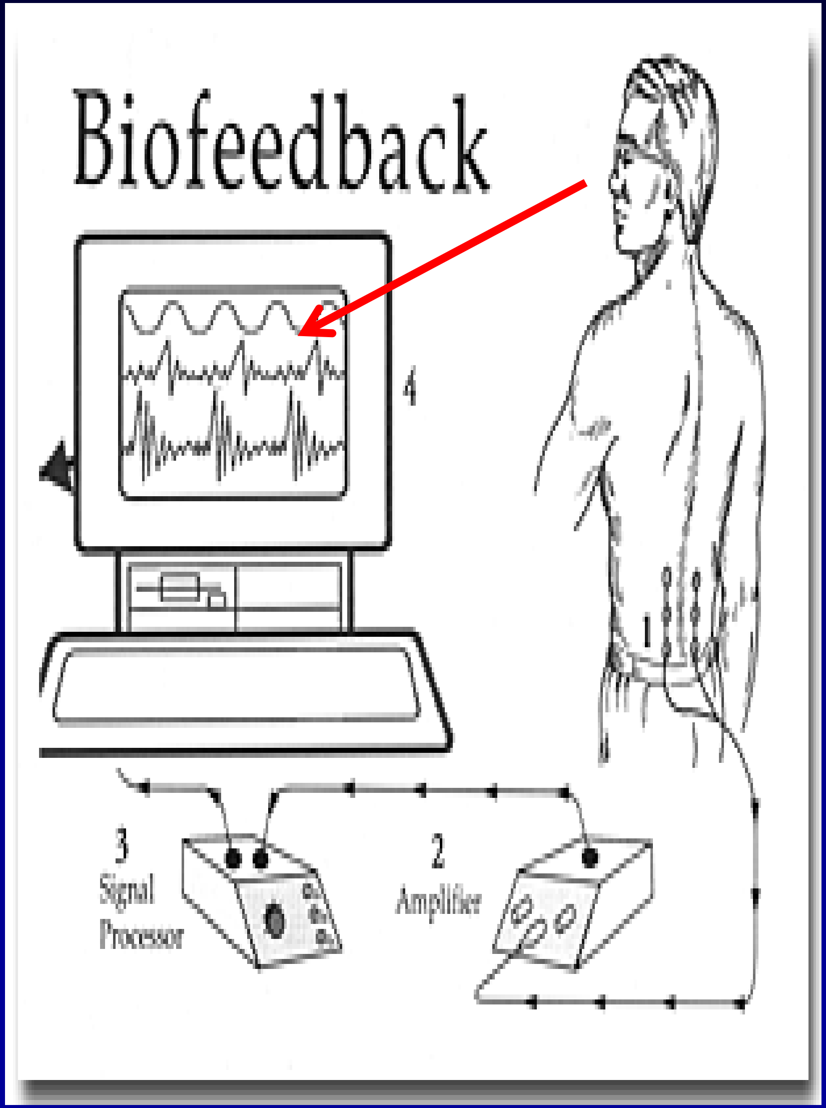
Rt. Extension wrist

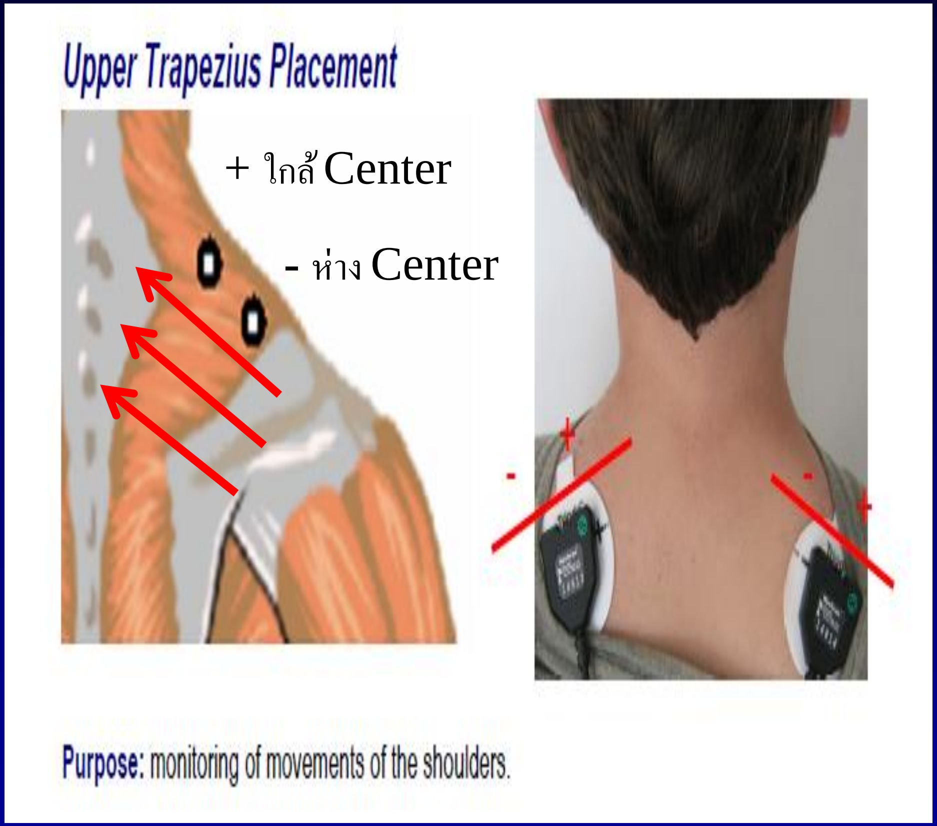


Muscle overload

Muscles Pain

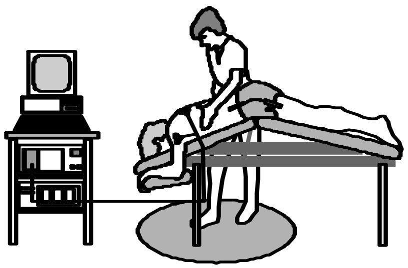
Bio-feedback (Re-education/Relaxation)





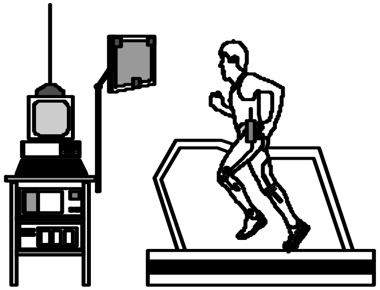
EMG in Biomechanical Setups

Manual Muscle Tests



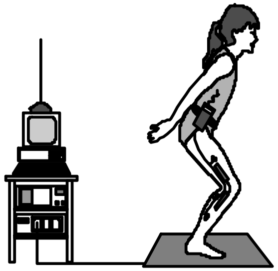
EMG Stand alone

Gait Analysis



Foot switches, Goniometer

Reactive Jump...

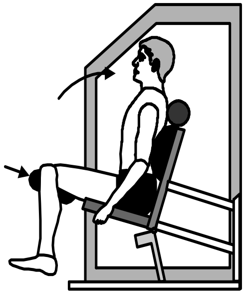


Contact or Force Plate

Isokinetics

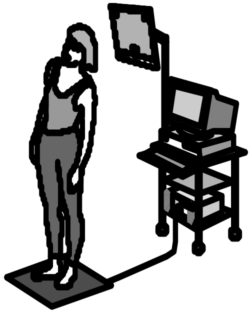
Torque – Angle - Velocity

Strength Machines



Force - Angle

3D Mov. Analysis



Angle - Position

Reference:

1. Nelson RM, Currier DP. Clinical electrotherapy. 2nd ed. 1991.
2. Hooker DN. Chapter 5: Electrical stimulating currents in Prentice WE. Therapeutic modalities for allied health professionals. 1998. P. 73-133.
3. Robinson AJ, Synder-Mackler L. Clinical electrophysiology: electrotherapy and elecrophysiologic testing. 3rd ed. 2008.
4. Cram JR, Kasman GS. Introduction of surface electromyography. 1998.

Thank You.

โทร. 055-966215