

## TINJAUAN APLIKASI ELEKTROMIOGRAFI DALAM ERGONOMI

**MUHAMMAD KHOIRI**

*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010  
Telp. 0274.489716, Faks.489715*

### **Abstrak**

*Aplikasi elektromiografi (EMG) dalam bidang ergonomi telah digunakan sejak lama dan dikembangkan secara berkelanjutan sampai sekarang. Aplikasi ini biasanya berkaitan dengan aktifitas otot skeletal, yang pemanfaatannya untuk perancangan produk dan peralatan, perancangan tempat kerja, dan perancangan metode kerja dan biomekanik, bahkan sampai efek psikologis. Hal ini terutama untuk menghindari cedera muskuloskeletal. Walau demikian permasalahan keakuratan pengukuran aktivitas otot dalam bentuk potensial aksi unit motor (MUAP) oleh EMG masih menjadi perhatian serius karena adanya noise dan artefacts. Permasalahan ini antara lain konfigurasi elektrode dan dimensinya, penempatan elektrode dan orientasinya, serta pemrosesan signal EMG untuk analisis spektrum dan amplitude. Oleh karena itu pengembangan algoritma menganalisis dan memodifikasi hasil pemrosesan signal dan pembuatan model biomekanik yang diantaranya bisa menggunakan MATLAB, LabVIEW, sistem berbasis fuzzy atau tool yang lain, juga merupakan isu yang dapat dijadikan riset. Tulisan ini meninjau aplikasi EMG dalam ergonomi selama 5 tahun terakhir.*

*Kata kunci: Elektromiografi dalam ergonomi (EMG in ergonomics), Potensial aksi unit motor (Motor unit action potential), Muskuloskeletal, Biomekanik (Biomechanical)*

### **Abstract**

*Application of electromyography (EMG) in ergonomics have been used since times ago and developed until at this time. These applications usually work-related the activity of musculoskeletal, what can be used to make the scheme of product and equipments, workplace scheme, and work-method scheme and biomechanics, even until psychological effect. This matter especially to avoid the musculoskeletal injury. Although that way problems of measurement of muscle activity in the form of motor unit action potential (MUAP) accuracy by EMG still become the serious attention caused by noise and artefacts. These problems are configuration of electrode and its dimension, location of electrode and its orientation, and also process of signal of EMG to analyze the spectrum and amplitude. Therefore development algorithm to analyze and modification of result of signal processes and making model the biomechanics which can use the MATLAB, Labview, system base on the fuzzy or other tool, also represent the issues which can be made to research. This paper is an overview of the application EMG in ergonomics of the last five years.*

*Keywords: Electromyography in ergonomics (EMG in ergonomics), Motor unit action potential (MUAP), Muskuloskeletal, Biomechanical.*

### **PENDAHULUAN**

Kontraksi serabut otot (*muscle fibre contraction*) selalu diikuti dengan aktivitas listrik (*electrical activity*). Elektromiografi (*electromyography*) adalah sebuah metode untuk pengukuran, menampilkan, dan penganalisaan setiap signal listrik (*electrical*

*signals*) dengan menggunakan bermacam-macam elektrode. Sebuah signal elektromiografi (EMG) berasal dari signal serabut otot pada jarak tertentu dari elektrode (Luttmann, A., 1996).

Analisa signal EMG menghasilkan informasi yang dapat digunakan untuk bermacam-macam aplikasi, diantaranya dalam

mendiagnose penyakit syaraf dan dalam aplikasi ergonomi. Karena kontraksi serabut otot pada binatang juga menghasilkan aktivitas listrik maka EMG juga dapat diaplikasikan untuk meneliti kondisi dan aktivitas binatang, seperti untuk mengobservasi kuda pada waktu istirahat dengan mengidentifikasi ketika sedang tidur, sehingga diketahui fase-fase tidur untuk kuda (Hanninen, L., et al., 2007).

Sejak lama penelitian aplikasi EMG dalam ergonomi dilakukan, tetapi masih banyak persoalan yang perlu dipecahkan. Penelitian saat ini banyak diarahkan untuk pengembangan algoritma menganalisis dan memodifikasi hasil pemrosesan signal dan pembuatan model biomekanik. Oleh karena itu perlu dikaji perkembangan aplikasi EMG dalam ergonomi dan persolannya pada waktu sekarang ini. Dalam tulisan ini akan ditinjau aplikasi EMG pada ergonomi dalam kurun waktu 5 tahun terakhir.

### Fisiologi (*Physiology*)

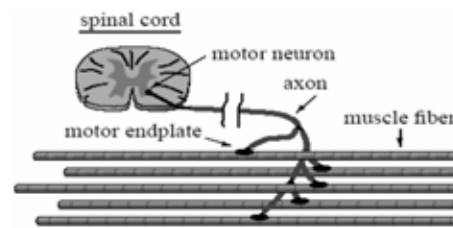
Bagian ini membahas ilmu faal dan anatomi manusia yang berhubungan dengan tulisan ini, seperti system syaraf (*nervous system*), tipe otot, anatomi otot, dan kontraksi otot.

### Otot dan Sistem Syaraf

Otot manusia dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu otot skaletal atau *striated* yang berhubungan dengan gaya luar, otot jantung, dan otot polos. Otot skaletal yang bekerja di bawah kontrol system syaraf badan, sehingga dinamakan otot sadar (*a voluntary muscle*). Otot jantung dan otot polos dioperasikan oleh system syaraf otomatis

Untuk kontraksi otot sadar diperlukan stimulan dari sistem saraf. Sistem syaraf pusat terdiri dari otak (*brain*) dan *spinal cord*. *Spinal cord* menghubungkan otak dengan tubuh. System syaraf tepi (*peripheral nervous system*) terdiri dari serabut syaraf (*axon*) yang membawa impuls dari dan ke sistem syaraf pusat.

Unit penggerak (*motor unit*) adalah unit fungsional terkecil dari system otot-syaraf (*neuromuscular system*), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Sistem *Motor Unit*  
(Sumber: Koch, V.M., 2007, Desertasi)

### Kontraksi Otot

Otot sadar memerlukan potensial aksi (*action potentials*) dari serabut syaraf untuk dapat berkontraksi. Ketika potensial aksi timbul, maka akan dilepaskan *neurotransmitter acetylholine*. Kemudian akan terjadi pengurangan polarisasi (*depolarizes*) antara penerima stimulan *acetylcholine* di dalam membran sel dari serabut otot dan membran serabut otot. Hasil akhir dari proses ini adalah sebuah kontraksi serabut otot.

Unit-unit motor akan aktif secara berulang-ulang. Untuk menaikkan gaya otot, unit-unit motor aktif menaikkan kecepatan penembakan (*firing rates*) dan menunda unit-unit motor menjadi aktif. Kecepatan penembakan tergantung dari bermacam-macam faktor, seperti tingkatan kontraksi, ukuran otot, *axonal damage*, dll. Besar frekuensi penembakan dari unit-unit motor adalah di antara 5 – 50 Hz.

### Elektromiografi

Seperti telah disampaikan pada pendahuluan bahwa elektromiografi adalah sebuah metode untuk pengukuran, menampilkan, dan penganalisaan setiap signal listrik dengan menggunakan bermacam-macam electrode. Signal listrik atau signal EMG timbul melalui beberapa proses, yaitu: *resting membrane potential*, *muscle fiber action potential*, potensial aksi unit motor, dan pengukuran signal EMG.

### Resting Membrane Potential.

Dalam keadaan istirahat maka potensial dari dalam ke luar serabut otot kira-kira -90 mV. Hal ini disebabkan perbedaan konsentrasi dari ion dan akan menimbulkan transportasi ion (*ion pumps*).

### **Muscle Fiber Action Potential.**

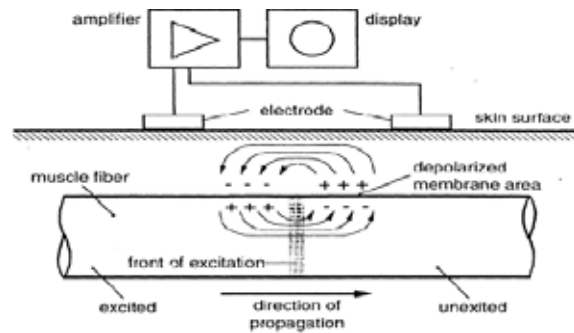
Ketika potensial aksi menjalar di sepanjang *axon* dari semua serabut otot, maka pada sambungan *neuromuscular* akan dikeluarkan *neuro transmitter acetylcholine*. *Transmitter* ini yang menyebabkan potensial aksi pada serabut otot. Hal ini akan mengubah perbedaan potensial antara dalam dan luar serabut otot dari sekitar -90 mV menjadi sekitar 20 sampai 50 mV, sehingga terjadi kontraksi serabut otot. Potensial aksi ini akan menjalar dan diikuti menjalarnya depolarisasi pada membran serabut otot. Signal yang dihasilkan akan dapat diukur jika sebuah serabut otot adalah aktif dalam suatu waktu, hal ini disebut *a muscle fiber action potential (MFAP)*

### **Potensial Aksi Unit Motor.**

Sejak aktivasi dari sebuah neuron motor alpha (*an alpha motor neuron*) menyebabkan kontraksi serabut otot, sejumlah signal, sebagai kontribusi dari potensial aksi serabut otot yang biasanya diukur. Aktivitas listrik ini disebut potensial aksi unit motor (MUAP). Jadi MUAP adalah gelombang yang diukur ketika sebuah unit motor diaktivasi pada suatu waktu.

### **Pengukuran Signal EMG.**

Sebuah signal EMG berasal dari beberapa unit motor dan didefinisikan sebagai jumlah dari semua MUAP ditambah noise dan artefacts. Ada beberapa tipe elektrode yang digunakan untuk mengukur signal EMG, yaitu *needle electrodes*, *fine-wire electrodes*, dan *surface electrodes*. Untuk keperluan aplikasi ergonomi maka elektrode yang sering digunakan adalah *surface electrodes*. Hal ini dikarenakan *surface electrodes* mudah pemasangannya juga tidak terlalu mengganggu aktivitas dari orang yang diteliti. Adapun susunan instrumen EMG dengan *surface electrodes* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan Instrumen EMG Dengan *Surface Electrodes* dan Prinsip Perekaman Potensial Aksi Ekstraselular (Sumber: Luttmann, A., 1996)

## **APLIKASI EMG DALAM ERGONOMI**

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa dasar kerja dari EMG adalah adanya signal listrik yang berasal dari aktivitas otot, yang mungkin disebabkan oleh faktor psikis, fisik, maupun lingkungan. Oleh karena itu aplikasi EMG dalam ergonomi biasanya berhubungan dengan kerja otot, diantaranya perancangan produk dan peralatan, perancangan tempat kerja, juga perancangan metode kerja dan biomekanik. Ada banyak metode yang dipakai dalam penelitian tentang ergonomi dengan menggunakan EMG, tetapi untuk elektrodanya kebanyakan menggunakan *surface electrodes*. Hal-hal tersebut akan diuraikan berikut ini.

### **Aplikasi EMG Dalam Perancangan Produk dan Peralatan**

Dalam merancang hasil produk industri harus memperhatikan persepsi pemakai/konsumen terhadap produk tersebut. Sebagai contoh adalah persepsi pemakai terhadap tipe lantai keramik dapat dievaluasi dengan tiga *biosignal*, yaitu: aktivitas EMG dari *zygomaticus major*, EMG dari *corrugator supercilii*, dan *galvanic skin respons (GSR)* kemudian dilakukan pengkalibrasian image (*neutral face*, *smiling face*, dan *frowning face*) terhadap beberapa tipe lantai keramik. Hasilnya menunjukkan bahwa signal EMG, khususnya *zygomaticus major* secara signifikan dapat membedakan persepsi pemakai (Laparra-Hernandez, J., et al., 2008)

(You, H., et al., 2005) telah mengevaluasi secara ergonomi desain penjepit cleco manual tentang dampak dari pegangan karet, *spring recoil*, dan *worksurface angle*, kemudian

disimpulkan bahwa diperlukan desain yang ergonomi untuk *hand tool* dan perlu latihan menggunakannya agar terhindar dari cedera *musculoskeletal*. Evaluasi ini menggunakan EMG, *hand discomfort*, dan *design satisfaction*. (Roquelaure, Y., et al., 2003) telah menilai tekanan biomekanik pada otot *flexor* jari dan postur pergelangan tangan dari pemakaian gunting pemangkas tanaman dengan menggunakan *surface* EMG.

(Theado, E.W., 2007) telah membuat model biomekanik dengan memodifikasi EMG untuk mengurangi resiko *musculoskeletal* karena menarik atau mendorong peralatan. Model ini menghasilkan unjuk kerja yang dapat diterima untuk aktifitas mengangkat, menarik, dan mendorong, sehingga model dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mendesain peralatan material handling dan tugas menarik dan mendorong.

Penelitian keandalan parameter-parameter EMG untuk mengukur aktivitas dan kelelahan dari otot-otot lengan yang berbeda pada waktu memakai sarung tangan, hasilnya adalah otot *extensor* lebih sensitif dari pada otot *flexor* dan hal ini bebas dari pengaruh gender. Tetapi representasi indeks EMG tidak memuaskan. Hal ini menunjukkan adanya kesulitan untuk mengukur otot-otot lengan yang kecil (Lariviere, C., 2004).

### **Aplikasi EMG Dalam Perancangan Tempat Kerja**

Dalam merancang tempat kerja perlu diperhitungkan faktor kelelahan dan waktu untuk pemulihannya apalagi kerja dinamik untuk mengangkat dan menurunkan beban yang akan sangat berpengaruh terhadap kelelahan otot badan (*trunk muscle*). Untuk penelitian ini maka beban di atur sama dengan 25% dari *maximum voluntary condition* (MVC) masing-masing individu. Dengan menggunakan signal EMG dari beberapa tempat pada otot badan dan menganalisa *mean power frequency* (MPF) sebelum dan sesudah tugas mengangkat/menurunkan beban, serta tingkat kelelahan dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA), maka dapat ditentukan waktu untuk pemulihan dari kelelahan selama siklus kerja (Shin, H.J., et al. 2007)

Bagi pekerja komputer wanita maka duduk di *exercise ball* lebih aman dari cedera *musculoskeletal* dari pada duduk di kursi kantor

yang menggunakan dudukan tangan. Hal ini karena dengan *exercise ball* maka badan mengalami beban statik dan dinamik. Lebih banyak *spinal shrinkage* muncul. *Arm flexion* tereduksi, tetapi *trapezius activation* tak terpengaruh. Hal ini telah diteliti dengan menggunakan *surface* EMG (Kingma, I., et al., 2008). Sedang pekerja komputer wanita yang sedang mengandung, lebih berpotensi untuk mengalami *musculo-skeletal disorders* (MSD), khususnya sakit punggung. Oleh karena itu perlu disediakan papan untuk mendukung tangan, sehingga dapat mengurangi kemungkinan cedera di punggung bawah, tetapi hal ini kemungkinan berdampak negatif pada badan bagian atas (*upper extremities*). Hal ini merupakan hasil penelitian (Dumas, G.A., et al., 2008) dengan menggunakan *bilateral* EMG untuk merekam signal dari otot-otot *trapezius*, *multifidus* dan *longissimus*, juga otot *deltoid anterior* kanan dan *extensor digitorum*.

Pengaruh posisi layar display komputer atau layar LCD terhadap aktivitas otot pada leher-bahu adalah semakin besar sudut kekiri atau kekanan maka semakin besar paparan biomekaniknya yang berpengaruh pada cedera *musculoskeletal*. Hal ini adalah hasil penelitian dengan menggunakan EMG dan aktivitas otot yang diukur adalah *cervical erector spinae* (CES) dan *upper trapezius* (Szeto, G.P.Z., et al., 2008)

### **Aplikasi EMG Dalam Perancangan Metode Kerja dan Biomekanik.**

Telah banyak dilakukan penelitian aplikasi EMG untuk evaluasi perancangan metode kerja dan biomekanik. Anggota tubuh yang diteliti adalah yang berhubungan dengan otot skeletal, diantaranya otot muka, leher, lengan, dan kaki.

(Kallenberg, L.A.C., et al., 2006) telah meneliti untuk membuat metode penilaian yang obyektif bagi para pekerja yang komplain *chronic neck-shoulder*. Hal ini dapat dilaksanakan dengan hasil yang baik dengan menggunakan kombinasi dari banyak parameter *surface* EMG, yaitu dengan cara menggunakan *multi-channel electrodes arrays*, kemudian dihitung nilai *root-mean-square* (RMS), *median power frequency*, MUAPs setiap detik dan bentuk MUAP.

(Escorpizo, R.S., et al., 2006) telah meneliti untuk mengurangi resiko akibat *cycle*

time (CT) dengan mengambil data/signal dari delapan otot pada tangan kanan, yaitu: *upper trapezius*, *supraspinatus*, *infraspinatus*, *brachioradialis*, *extensor carpi radialis*, *extensor carpi ulnaris*, *extensor digitorum indicis*, dan *flexor digitorum superficialis*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan surface EMG untuk fungsi distribusi probabilitas amplitudo pada waktu otot dibebani dan menganalisis gap pada waktu otot istirahat. Penelitian ini bermanfaat untuk mengurangi resiko CT dan untuk mendesain pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan ketelitian.

(Sormunen, E, et al., 2006) telah meneliti tegangan otot dan dingin pada pekerja wanita di pengepakan daging, dengan kondisi dingin (4-10°C) dengan menggunakan *continous* EMG. Tegangan otot yang diukur adalah pada *upper extremities* dan daerah bahu. Hasilnya tidak ada hubungan yang signifikan antara temperatur dengan tegangan otot, tetapi tegangan otot sangat dipengaruhi oleh intensitas gerakan kerja repetitif.

*Fuzzy relational rule network* (FRRN) telah digunakan untuk membuat model *biomechanical* yang berasal dari respon EMG, ternyata aplikasi teknik model fuzzy mengikuti respon estimating time domain EMG dari otot-otot badan (*trunk*) pada waktu kerja mengangkat secara manual. Hal ini membuka peluang membuat model biomekanik dengan menggunakan sistem yang berbasis fuzzy (Karwowski, W., et al., 2006)

## PEMBAHASAN

Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa aplikasi EMG dalam bidang ergonomi begitu luas, khususnya yang berkaitan dengan kerja otot skeletal. Tetapi secara umum masih timbul permasalahan, yaitu:

1. Bagaimana membangun pendekteksian permukaan yang mengikuti gerakan dari serabut otot.
2. Bagaimana membuat pengukuran EMG secara *online*.
3. Bagaimana membuat metode untuk mengestimasi gaya otot dengan  $\pm 5\%$  dari sEMG (*surface* EMG)..
4. Mendiskripsikan ansiotropy dari otot, *fascia*, lemak, dan kulit yang berhubungan dengan EMG.

5. Membuat model biomekanik yang benar sesuai dengan kondisi anatomi dari sistem muskuloskeletal.

Dari beberapa permasalahan umum tersebut sudah ada beberapa permasalahan yang mulai sedikit dapat dipecahkan, yaitu membuat model biomekanik dengan menggunakan sistem yang berbasis fuzzy (Karwowski, W., et al., 2006). Tetapi sampai sekarang para peneliti masih kesulitan untuk mengukur aktivitas dan kelelahan otot-otot yang kecil (Lariviere, C., et al., 2004).

Oleh karena itu dalam mengaplikasikan EMG dalam bidang ergonomi perlu penggunaan alat lain yang berfungsi untuk melengkapi kekurangan EMG dan juga untuk validasi hasil pengukurannya. Misalnya menggunakan *seismosomnography* untuk mengukur akstraksi dari denyut jantung (Koch, V.M., 2007).

Dalam menganalisis signal EMG yang terukur diperlukan dekomposisi untuk mengetahui dari mana saja signal tersebut berasal. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat algoritma yang mendasarkan pada *factor graph*. Dalam buku "*An introduction to factor graphs*" oleh H.A. Loeliger dikatakan bahwa kebanyakan algoritma dalam pemrosesan signal, komunikasi digital, *coding*, dan *artificial intelligence* dapat menjadi algoritma yang jelas jika didiskripsikan pada *factor graphs*. Algoritma-algoritma untuk dekomposisi signal EMG yang dikembangkan menggunakan bahasa *factor graph* akan menghasilkan unjuk kerja dekomposisi yang sangat bagus dan secara komputasional tidak kompleks walau memerlukan banyak itererasi (Koch, V.M., 2007).

Dengan membuat algoritma-algoritma yang mendasarkan pada *factor graph*, kemudian dekomposisi diperoleh dengan merata-ratakan dari semua hasil algoritma maka diperoleh resolusi yang cepat dari *single and multi-channel superpositions* yang terdiri dari banyak potensial aksi yang tumpang tindih (Koch, V.M., 2007)

Untuk meningkatkan akurasi dalam menganalisis hasil algoritma dengan EMG, kadang diperlukan juga pengukuran dengan alat yang lain yang juga mendasarkan pada bahasa *factor graph*, seperti akstraksi dari denyut

jantung dengan menggunakan *seismosomnography* (Koch, V.M., 2007)

biomekanik dengan menggunakan MATLAB, LabView, sistem berbasis fuzzy atau tool lain.

## PENGEMBANGAN RISET

Sampai sekarang isu internasional yang masih perlu pengembangan riset lebih lanjut dalam mengaplikasikan EMG khususnya pada bidang ergonomi adalah:

1. konfigurasi elektrode dan dimensinya
2. penempatan elektrode dan orientasinya
3. rata-rata untuk pemrosesan signal EMG untuk analisis spektrum dan amplitudo.
4. Rata-rata untuk menghitung keterlambatan (*delay*) antara gaya and signal EMG
5. Prosedur menghitung MVC
6. Prosedur untuk menetapkan kemampuan pengulangan dari EMG, misalnya diantara kontraksi ketika elektrode dipakai kembali.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang permasalahan konfigurasi dan dimensinya serta penempatan elektrode dan orientasinya terutama untuk otot-otot kecil (Lariviere, C., 2004).

Pengembangan algoritma untuk meningkatkan ujuk kerja dalam menganalisis dan memodifikasi hasil pemrosesan signal, yang kemungkinan menggunakan MATLAB, LabVIEW, sistem berbasis fuzzy atau *tool* yang lain, juga merupakan isu yang dapat dijadikan riset.

## KESIMPULAN

Aplikasi EMG dalam ergonomi telah dikembangkan secara kontinyu sampai sekarang, terutama untuk perancangan produk dan peralatan, perancangan tempat kerja dan perancangan metode kerja dan biomekanik, bahkan sampai efek psikologis. Tetapi permasalahan yang umum dijumpai dalam aplikasi EMG ini masih banyak yang perlu dipecahkan dengan lebih baik, diantaranya dalam aplikasinya untuk otot-otot kecil.

Dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas aplikasi EMG dalam ergonomi, kadang diperlukan simbiose dengan peralatan yang lain yang berfungsi untuk melengkapi kekurangan EMG dan juga menvalidasi hasil pengukurannya.

Perlu pengembangan algoritma lebih lanjut untuk meningkatkan unjuk kerja aplikasi EMG dalam ergonomi dan pembuatan model

## DAFTAR PUSTAKA

1. DUMAS, G.A., UPJOHN, T.R., DELISLE, A., CHARPENTIER, K. LEGER, A., PLAMONDON, A., SALAZAR, S., MICHAEL J. MCGRATH, M.J., 2008, "Postur and muscle activity of pregnant women during computer work and effect of an ergonomic desk board attachment", International Journal of Industrial Ergonomics
2. ESCORPIZO, R.S., MOORE, A.E., 2006, "Quantifying precision and speed effects on muscle loading and rest in an occupational hand transfer task", International Journal of industrial ergonomics 37, 13-20
3. HANNINEN, L., MAKELA, J.P., RUSHEN, J., MARIE DE PASSILLE, A., SALONIEMI, H., 2008, "Assessing sleep state in calves through electrophysiological and behavioural recordings", A preliminary study. Applied Animal Behavior Science 111, 235-250.
4. KALLENBERG, L.A.C., HERMENS, H.J., HUTTEN, M.M.R.V., 2006, "Distinction between computer workers with and without work-related neck-shoulder complaints based on multiple surface EMG parameters", International Journal of industrial ergonomics 36, 921-929
5. KARWOWSKI, W., A. MARRAS, G.W.S., DAVIS, K., ZURADA, J.M., RODRICK, D., 2006, "A fuzzy relational rule network modeling of electromyographycal activity of trunk muscles in manual lifting based on trunk angels, moments, pelvic tilt and rotation angles", International Journal of industrial ergonomics 36, 847-859
6. KINGMA, I., DIEEN, J.H.V., 2006, "Static and dynamic postural loadings during computer work in females: Sitting on an office chair versus sitting on an exercise ball. Applied Ergonomics", journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apergo](http://www.elsevier.com/locate/apergo).
7. KOCH, V.M., 2007, A dissertasi: "A factor graph approach to model-based signal separation.", ETH Zurrich, Hartung-Gorre Verlag, Konstanz.
8. LAPARRA-HERNANDEZ, J., LOIS, J.M.B., MEDINA, E., CAMPOS, N., POVEDA, R., 2008, "EMG and GSR signals for evaluating

user's perception of different types of ceramic flooring", *International Journal of industrial ergonomics*, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ergon](http://www.elsevier.com/locate/ergon)

9. LARIVIERE, C., PLAMONDON, A., LARA, J., CHANTAL TELLIER, BOUTIN, J., DAGENAIS, A., 2004, "Biomechanical assessment of gloves. A study of the sensitivity and reliability of electromyographic parameters used to measure the activation and fatigue of different forearm muscles", *International Journal of industrial ergonomics* 34, 101-116
10. LUTTMANN, A., 1996, "Physiological basis and concepts of electromyography in: *Electromyography in ergonomics*", edited by Shrawan Kumar and Anil Mital, Institut fur Arbeitsphysiologie an der Universitat Dortmund, Dortmund. Taulor & Francis Publishers
11. ROQUELAURE, Y., ESPAGNAC, F.D., DELAMARRE, Y., PENNEAU-FONTBONNE, D. 2004, "Biomechanical assessment of new hand-powered pruning shears", *Applied Ergonomics* 35, 179-182.
12. SHIN, H.J., KIM, J.Y., 2007, "Measurement of trunk muscle fatigue during dynamic lifting and lowering as recovery time changes", *International Journal of Industrial Ergonomics* 37, 545-551.
13. SORMUNEN, E., OKSA, J., PIENIMAKI, T., RISSANEN, S., RINTAMAKI, H., 2006, "Muscular and cold strain of female workers in meatpacking work", *International Journal of industrial ergonomics* 37, 13-20
14. SZETO, G.P.Y., SHAM, K.S.W., 2008. "The effects of angled positions of computer display screen on muscle activities of the neck-shoulder stabilizers", *International Journal of Industrial Ergonomics* 38, 9-17
15. THEADO, E.W., KNAPIK, G.G., MARRAS, W.S, 2007, "Modification of an EMG-assisted biomechanical model for pushing and pulling", *International Journal of industrial ergonomics* 37, 825-831
16. YOU, H., KUMAR, A., YOUNG, R., VELUSWAMY, P., MALZAHN, D.E., 2005. "An ergonomic evaluation of manual Cleco plier designs: Effects of rubber grip", spring coil, and work-surface angle. *Applied Ergonomics* 36, 575-583.

