

## قياس الفعالية الكهربائية للعضلات (EMG)

مادة الاختيارية . القياسات الوظيفية والكيميائية خلال الجهد

البدني .. ا.م.د. علي مهدي هادي

٢٠١٦ م

١٤٣٧ هـ

### التخطيط الكهربائي للعضلات: EMG

تخطيط كهربائية العضلة أو إلكتروميوجرافي (بالإنجليزية: Electromyography) اختصاراً (EMG) طريقة تستخدم لتسجيل التيارات الناتجة عن العضلات الجهد التي تظهر على مستوى العضلات يمكن الكشف عنها بواسطة الأقطاب السطحية أو داخل العضلات ساعد في تشخيص مصدر الألم، تشنجات أو ضعف العضلات والأعصاب. تحديد سبب ضعف العضلات والقيود، المرتبطة بالألم. التمييز بين الاضطرابات العضلية والعصبية.

أن منشأ الكهربائية العضلية هو الألياف العضلية نفسها ، حيث تمتلك هذه الألياف جهد راحة في غشائها يطلق عليه (Muscle Resting Potential ) (M.R.P. ، وتظهر الألياف العضلية جهد حركة أثناء النشاط الحركي يطلق عليه (M.A.P. ) Muscle Action Potential، ولا يعد الجهد الحركي نشاطاً موقعياً ثابتاً بل يتحرك على طول الليف العضلي حتى يصل إلى نهايته ويختفي ، وخلال حركته يخلق حقلاً كهربائياً مغناطيسياً يطلق عليه Electromagnetic Field حول الليف العضلي يمكن تسجيله بواسطة أجهزة كهربائية كالجلفانوميتر والمخطط الكهربائي للعضلة EMG ، ويطلق على هذه العملية بالتخطيط الكهربائي للعضلة.

Electromyography . أنا لحقل الكهربائي المغناطيسي المرتبط بالليف العضلي المنفرد يعد صغيرا بالعادة ، وعندما تعمل مجموعة من الألياف أو أكثر من النفس العضلة نتيجة الإستثارة العصبية الإرادية يصبح هذ الحق لأكبر بكثير وتصبح عملية تسجيله بواسطة هذه الأجهزة سهلة أيضاً . (١)

جهاز الالكترومايكروفي EMG:

يستخدم الالكترومايكروفي الذي يرمز له اختصارا EMG لدراسة كهربائية العضلة هذا الجهاز له القدرة على كشف وتسجيل وخرن اشارة EMG وهي عبارة عن اشارة بيولوجية تمثل التيارات الكهربائية المتولدة داخل العضلة خلال تقلصها

وتمتلك العضلة القابلية على توصيل الجهد الكهربائي بطريقة تشبه توصيل العصب ويطلق على هذه الاشارات الكهربائية بجهد فعل العضلة و اشارة EMG اسلوب لتسجيل المعلومات الموجودة في جهد فعل العضلة .

وتمثل اشارة EMG سلسلة من جهد فعل الوحدة الحركية لاضهار استجابة العضلة للحافز العصبي ومدى هذه الاشارة عشر درجات موزعة الى قسمين (-٥ to +٥Mv)، توجد تطبيقات عملية عدة يستخدم فيها هذا الجهاز اذ يستخدم في الطب التشخيصي مثل اضطرابات الجهاز العصبي والعصب العضلي كذلك تشخيص الخلل في المشي ويستخدم ايضا من لدن المعالج الطبيعي لاعطاء تغذية راجعة حيوية وتخمين الجهد العضلي ، هناك ايضا استخدامات اخرى تشمل البيوميكانيك مثل السيطرة الحركية وفسولوجيا الاعصاب واضطرابات الحركة والسيطرة على القوام والعلاج البدني (٢).

## استخدام EMG في البيوميكانيك:

لاشارة EMG ثلاثة تطبيقات في البيوميكانيك.

١- استخدام اشارة EMG كمؤشر لبدء نهاية نشاط العضلة .

٢- علاقة اشارة EMG بالقوة التي تنتجها العضلة .

٣- استخدام اشارة EMG كدليل للتعب الذي يظهر على العضلة .

## العوامل الأساسية المؤثرة في إشارة EMG:

### ١- عوامل خارجية

- شكل اللاقط ومساحته وعلاقته بعدد الوحدات الحركية المنشطة .
- موقع اللاقط وعلاقته بالحركة في العضلة (اتصال الوتر بالعضلة) .
- موقع اللاقط وعلاقته بالحافة الخارجية للعضلة (احتمالية التقاط إشارة من عضلة اخرى) .
- اتجاه اللاقط نسبة لاتجاه الياف العضلة .

### عوامل داخلية :

وهي عوامل فسيولوجية وتشريحية وبيوكيميائية التي لا يمكن السيطرة عليها منها

- عدد الوحدات الحركية المنشطة .
- نوع الليفة المسيطرة على العضلة -تغير PH داخل الليفة في اثناء التقلص.
- تدفق الدم داخل العضلة -معدل التخلص من الايض في اثناء التقلص .
- قطر ليفة العضلة -سعة عالية لإشارة EMG مع سمك اكبر لليفة .
- قطر الالياف المنشطة وعمقها .

### عوامل وسطية :

- اشكال عبور الاشارة من اللاقط.
- حجم مقدرة اللاقط على الكشف .
- الموقع الجيد للاقط نسبة لجهد فعل الوحدة الحركية .
- تداخل اشارات من عضلات مجاورة .
- سرعة التوصيل لجهد فعل الوحدة الحركية على طول العضلة .

-تأثير الترشيح المكاني -اذ تعمل الانسجة بين الاقطاب والعضلة كمرشحات مكانية (سمك النسيج الدهني) (١).

## الانقباض العضلي :

ان المعرفة الوظيفية للعضلة الهيكلية في توليدها للقوة تعتم على الانقباض العضلي الناتج من عملية انزلاق الاكتين على المايوسين، والتي تعتمد في حقيقة الامر على ارتباط ثم حركة ثم فك الارتباط ثم ارتباط مرة اخرى بين رؤوس المايوسين مع الاكتينات الحبيبية وهذه الدورة من الارتباط وفك الارتباط تدعى بالجسور المستعرضة والتي بدورها تتم بها عملية الانقباض العضلي، فالعضلة لا تنقل تلقائيا الا عندما تمر بها نبضات عصبية اذ يحتاج كل ليف عضلي الى تجهيز عصبي لكي يتقلص عند وصول الايعازات العصبية الى نهايات الاعصاب (الانتفاخ) تؤدي الى تحرير كمية من مادة الاستيل كولين التي تنقل عبر الشرح التشابكي لتتحد مع مستقبلات موجودة في غشاء الخلية العضلية، وهذا يؤدي الى اختلال في نفاذية غشاء الخلية العضلية بين الايونات حيث يدخل ايون الصوديوم  $Na^+$  موجب الى داخل الخلية ويخرج ايون البوتاسيوم  $K^+$  موجب مغيرا الجهد الكهربائي الذي ينقل على طول وعمق الليفة العضلية متسببا في تحرير ايون الكالسيوم المخزون في مناطق معينة حيث يعمل هذا الايون على تنشيط ثلاثي فوسفات الاديوسين (٢).

## انواع الليفة والانجاز

اظهرت الدراسات الوصفية حقائق عدة تتعلق بالنسبة المئوية لألياف العضلة البطيئة والسريعة لدى الانسان

اولا لا يوجد فرق بين الجنس والسن في توزيع الاليف.

ثانيا يمتلك الانسان الخامل رجلا او امرأة تقريبا ٤٧% اليف سريعة و ٥٣% اليف بطيئة .

ثالثا هناك فكرة عامة مقبولة هي ان الرياضيين الذين يمتلكون قدرة عالية لديهم نسبة مئوية عالية من الاليف السريعة. في حين يمتلك رياضيو الطاولة نسبة مئوية عالية من الاليف البطيئة، من خلال الملاحظة للحقائق السابقة يظهر ان تكوين

(١) De Luca ,C.J, op, cit0 p133

(١)رشدي فتوح عبد الفتاح :اساسيات عامة في علم الفسيولوجيا ،ط٢،مطبعة ذات السلاسل ،١٩٨٨،ص٥٢٠

العضلة لنوع معين من الالياف ليس بالمتغير الوحيد الذي يحدد نجاح الرياضي في الفعالية ،وفي الحقيقة هناك اعتقاد سائد ان نجاح الرياضي في الانجاز هو نتيجة التفاعل المعقد بين عدد من العوامل السيكولوجية ،والكيمياى الحيوية ،والعصبية ،والاوعية الدموية ،والاوعية القلبية والبيوميكانيكية<sup>(١)</sup>.

## سرعة عمل العضلة والراحة

اذا استخدم حافز منفرد مثل استخدام صدمة كهربائية لعصب العضلة فان العضلة ستستجيب مع فعل عضلي ويمكن تسجيل حركة العضلة بواسطة اجهزة تسجيل خاصة (مثل جهاز الالكترومايكرورافي EMG) ومن ثم يمكن دراسة المدد الزمنية للتقلص والراحة ويمكن تقسيم مدة التقلص الى ثلاث مراحل :

**المرحلة الاولى** -تظهر مباشرة بعد التحفيز وهي مدة كمون قصيرة تستمر لاجزاء قليلة من الثانية (٥-١٠) وهي بداية تقصير العضلة

**المرحلة الثانية** -مرحلة التقلص التي تستمر لمدة ٤٠ جزءا من الثانية

**المرحلة الثالثة** -عودة العضلة الى طولها الطبيعي خلال مدة الراحة والتي تستمر لمدة ٥٠ ثانية وهي اطول المدد الثلاث

يختلف توقيت الملاحل الثلاث في الانقباض البسيط بين انواع ليف العضلة<sup>(٢)</sup>.

## استخدامات التخطيط الكهربائي للعضلة EMG

ان تقنية تسجيل الفعالية الكهربائية المتولدة من العضلات تعرف اليوم بالتخطيط الكهربائي للعضلة (Electromyography) ومختصرها EMG

وقد اشار (برانو. ١٩٧٥) الى ان التخطيط الكهربائي للعضلة EMG هو عملية تسجيل الفعالية او هو نشاط كهربائي المصاحب للعضلة خلال انقباضها والذي من خلالها تمكن العالم (جالفن) من اكتشاف امرين هامين عن العضلات الهيكلية هما

- ١- تظهر العضلة شدا عندما تحفز كهربائيا
- ٢- تظهر العضلة فعالية كهربائية عند شدها من خلال المحفز (نبضة عصبية)

---

(١) Brook,G.T.Fahey ,and T.white ,Wxercise physiology :Human Bioenergetics and its Applications (mountain view .CA:MAYfield,1996)p.120  
(١)POWER ,S and Howley T ,OP,CIT, P148

وتتضمن تقنية جهاز EMG استخدام المحولات تعرف بالاقطاب الكهربائية والتي تحدد مستوى الفعالية الكهربائية للعضلات وهذه الاقطاب اما على شكل اقراص صغيرة مصنوعة من مواد موصولة توضع على سطح الجلد فوق العضلة لالتقاط الفعالية الكهربائية للعضلة او اقطاب سلكية رقيقة .  
وتكون على شكل ابرة يتم وغزها مباشرة في العضلة وهي اكثر تحديدا ودقة في التقاط الفعالية الكهربائية للعضلة وبعد الحصول على الفعالية الكهربائية من الاقطاب يتم ادخالها في الكمبيوتر لغرض التكبير وتحليل المخططات وحساب النتائج (١).

### تحليل اشارة EMG :

ان اشارة EMG هي اشارة عشوائية في طبيعتها بسبب حقيقة التغير المستمر في تجنيد الوحدات الحركية والتراكم الكيفي لافعال الوحدات الحركية (الوحدة الحركية لها جهد كهربائي يصل الى ١٠٠ ميكروفولت )، مما ينتج عنه حالة عدم انتاج اشارة EMG خام متشابهة مرة اخرى ،وللسيطرة على هذه الظاهرة تستخدم عملية حسابية تسمى الصقل الرقمي وهي عملية تحديد معدل اتجاه سير الاشارة اذ تحذف بروزات السعات العالية وتسمى هذه العملية بالتغليف الخطي وتمت معالجة الاشارة الخام لكهربائية العضلة بتحويلها الى تقويم كامل للموجة ،بعد ذلك تدخل الاشارة في مرشح مرور عال ومرشح مرور واطى ويقسم زمن نشاط العضلة المراد دراسته الى نوافذ منزلة زمن كل نافذة ١٠٠ ملي ثانية وتعرف بعملية الصقل لازالة النتوءات (٢).

### جهاز الالكترومايكروفي ( EMG ) :

تعد أجهزة EMG التقليدية هي تلك المستخدمة في المستشفيات والتي تمتاز بالحجم الكبير وتعمل بوساطة إيصال أسلاك مبروطة بين الجهاز واللاقطات التي تلتصق على العضلة المراد قياسها ومن عيوب تلك الأجهزة هو تحديد حركة اللاعب أو الشخص المراد قياس نشاط

(١) حامد صالح مهدي: تأثير التدريب العضلي المركزي واللامركزي في تطوير القوة القصوى الثابتة والمتحركة والنشاط الكهربائي للعضلة EMG ، اطروحة دكتوراه ، ٢٠٠٠، ص ٣١ .

(١) وهبي علوان حسون البياتي: دراسة النشاط الكهربائي (EMG) لعضلات الرجلين لمرحلتي الحجلة والخطوة وعلاقتها ببعض المتغيرات البيوكيميائية والانجاز في الوثبة الثلاثية ، اطروحة دكتوراه ، ٢٠٠٩، ص ١٠٩-١١٠ .

عضلاته بسبب الأسلاك المعيقة للحركة فضلاً عن إنَّ الحركة تتفد داخل المختبر وهذه الحركات جميعها عبارة عن حركات تقلص ثابت وتقلص مركزي ولا مركزي من وضع الثبات ولا يمثل المهارة الطبيعية. إذ يستخدم جهاز الالكتروميكروفي والذي يرمز له اختصاراً " ( EMG ) لدراسة كهربائية العضلة وهذا الجهاز له القدرة على كشف وتسجيل وتخزين إشارة ( EMG ) وهي عبارة عن إشارة بيولوجية تمثل التيارات الكهربائية المتولدة داخل العضلة خلال تقلصها " (١) .

، ويعتمد أسلوب تخطيط رسم العضلات الكهربائي على تسجيل العلاقة بين عمل كل من الجهاز العصبي والعضلي ومن خلال تسجيل التغيرات الكهربائية التي تحدث في العضلة في أثناء الانقباض فمن المعروف إن الانقباض العضلي يحدث نتيجة لاستثارة من الجهاز العصبي إلى الجهاز العضلي بواسطة الأعصاب الحركية التي بدورها توصل الإشارة إلى سطح العضلة ومن ثمَّ يحدث فرق الجهد على طرفي الغشاء نتيجة النفاذية في الغشاء ويتمثل هذا التغير في شكل مقدار الاستقطاب الذي يظهر في شكل خط يتجه لأعلى بمقدار درجة التغير الكهربائي ثم يعود هذا الخط في الرجوع إلى المستوى الاعتيادي عندما تعود حالة الخلية إلى حالتها الطبيعية وبهذا فان هذا المخطط يحدد بمتغيرين الأول (السيني) الزمن وبوحدة الملي ثانية (msec) والثاني (الصادي) قوة الإشارة وبوحدة المايكرو فولت (uv) (١) . إن جهاز ( EMG ) سيعمل على ترددات بين 20Hz من خلال عبور الإشارة بمرشح مرور عالٍ ( High Pass Filter ) لإزالة الضوضاء الصادرة من خطوط الطاقة الكهربائية ومن الأجهزة المحيطة ، كذلك تعبر الإشارة من خلال مرشح مرور واطئ ( Low Pass Filter ) لقطع الإشارة بعد تردد 500Hz لإزالة الحركات الاصطناعية الصادرة من حركة أسلاك الجهاز والجهاز نفسه في الفعاليات الحركية.

﴿ جهاز ( EMG ) نوع ( Myo Trace 400 ) ويعمل بإشارة البلوتوث لمسافة ( 40 متر ) .

---

1 – Reaz, M., Hussain, M., and Mohd, F. Techniques of EMG Signal Analysis: deflection, **processing classification and application**. Biological Procedures Onlin,8,(1): 2006. p.11.

﴿ اللاقطات السطحية ( Surface lectrodes ) وعددها ١٠٠ .

﴿ شفت حديد اولمبي زنة ( ٢٠ كغم ) .

﴿ آلة تصوير فيديوي نوع ( Sony 990 ) ذات سرعة ( ٢٥ صورة / ثانية ) .

﴿ جهاز حاسوب ( Lap Top ) نوع ( Dell i5 ) .

﴿ حافظة جلدية مع حزام لتثبيت الجهاز على خصر اللاعب عند أداء التمرين .

﴿ شريط لاصق لتثبيت اللاقطات على ذراع اللاعب وعدم سقوطها عند أداء التمرين .

﴿ شفرة حلاقة .

﴿ قطن طبي .

﴿ مقص .

﴿ محلول تعقيم طبي ( Dettol ) .

خطوات عمل جهاز EMG :

١- قبل فتح برنامج EMG يتم حلاقة مكان العضلة قيد الدراسة وذلك لإزالة الشعر من المنطقة ، ومن ثم تنظف بواسطة محلول الديتول ويجب التأكيد هنا على أهمية تنظيف المنطقة وذلك لإزالة الجلد الميت أو الطبقة الخفيفة من الأوساخ والتي تؤثر على الإشارة الكهربائية .

٣- نقوم بوضع اللاقطات السطحية ( Surface lectrodes ) لتسجيل النشاط الكهربائي وان اللاقط الأقرب إلى الوحدة الحركية المحفزة سوف يسجل إشارة EMG اكبر ويسجل إشارة اصغر إذا كانت الوحدة الحركية المحفزة بعيدة عن اللاقط ، ويعد اللاقط السطحي هو الأكثر استخداما في تحليل حركات الإنسان بالإضافة إلى تسجيلها الإشارات التي تعبر تحت سطح اللاقط السطحي وتسجل أيضا الإشارات الكهربائية ، ويتكون اللاقط السطحي من قرص معدني صغيرة بقطر اسم ويمكن أن يكون بحجم اصغر إذا أريد اختبار عضلات صغيرة ويصنع اللاقط من كلوريد الفضة ويتمتع بحساسية عالية



للإشارة الكهربائية الصادرة من العضلات القريبة من الجلد وتعمل هذه اللاقطات على تسجيل الإشارة التي تدل على معدل النشاط الكهربائي ، أما وظيفة اللاقطات السطحية والتي سوف تلتصق عند قمة العضلة ووسطها بعد أن نطلب من المفحوص تقليص العضلة هو الكشف عن التيار الكهربائي في العضلات المنشطة وتحويلها إلى شاشة الحاسوب لإظهار قوة الإشارة وشكلها طريق برنامج ( Software Program ) إذ تحلل البيانات المخزونة وإعطاء التقارير المفيدة.

٤- حول نشاط العضلة (١) ، ، ومن ثم تربط هذه اللاقطات بواسطة الأسلاك الكهربائية بجهاز EMG الموضح صورته في الشكل ( ١ )



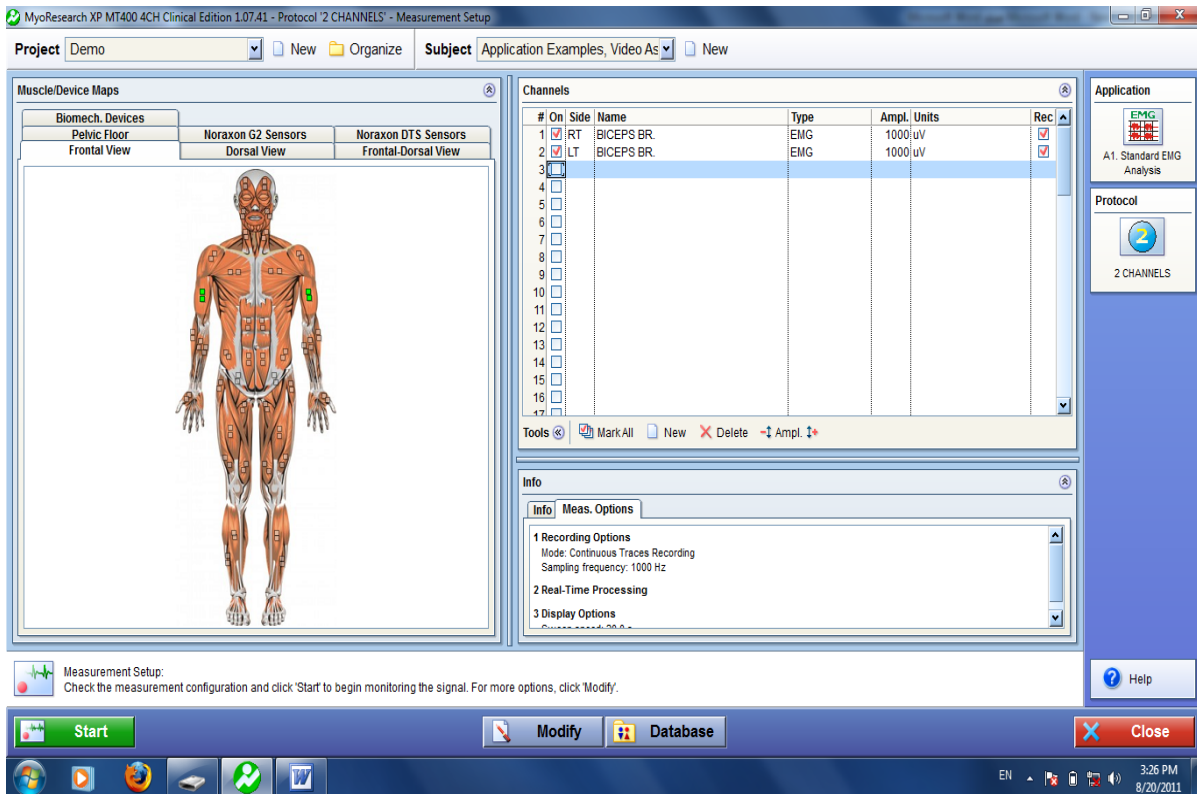
شكل ( ١ ) يوضح جهاز EMG المستخدم في مجال البحوث الرياضية .

أن جهاز EMG الحديث فهو عبارة عن جهاز لا يزيد وزنه عن ٣٩٠ غراماً يربط حول خصر اللاعب بواسطة حزام ويقوم هذا الجهاز بإرسال إشارات بلوتوث ( Bluetooth ) عن نشاط العضلات ليتم استقبالها من قبل جهاز آخر يعرف بالمستقبل لإشارة بلوتوث مربوط بحاسوب شخصي ( Lap Top ) ، ويمتاز جهاز EMG الحديث بالسماح للاعب بأداء جميع أنواع الحركات من وثب ودوران وركض سريع لمسافة ٤٠ متراً عن موقع المستقبل للإشارة لتُسجل

<sup>1</sup> – Sillanpaa, J.; **Electromyography for Assessing Muscular Strain in the Workplace** Finnish Institute of Occupational Health, People and Work, Research 79, 2007) p.14.

وتُخزن إشارة EMG التي تمثل زمن بداية ونهاية نشاط العضلة وسعة كهربائية العضلة مع مساحة عمل العضلات العاملة في الحركة .

٣- يتم فتح برنامج EMG الموجود في جهاز الحاسوب ( Lap Top ) وتحديد العضلة التي نريد دراسة الكهربائية فيها من خلال المقطع الأمامي التشريحي لجسم الإنسان ، كما في الشكل ( ٢ )



شكل ( ٢ )

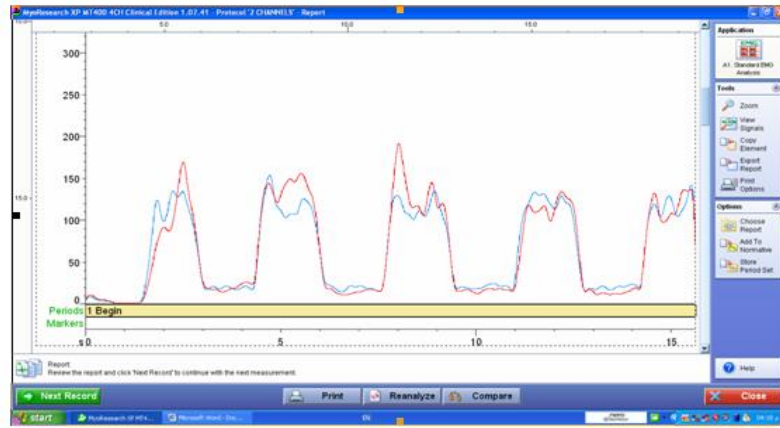
يوضح نافذة EMG واختيار العضلات خلال المقطع التشريحي للجسم .

٤- نقوم بربط آلة التصوير بالحاسوب ونفتح إشارة البلوتوث ومن ثم نعطي الإيعاز للاعب بأداء التمرين فتظهر لنا الإشارة مع الصورة على الحاسوب .

٥- بعد الانتهاء من أداء التمرين يكون مسار الإشارة الكهربائية متعرج وفيه تكسرات كبيرة نقوم بإزالة تلك التكسرات ، إذ يذكر وهبي علوان أن إشارة EMG هي إشارة عشوائية في طبيعتها بسبب حقيقة التغير المستمر في تجنيد الوحدات الحركية والتراكم الكيفي لأفعال الوحدات

الحركية مما ينتج عنه حالة عدم إنتاج إشارة EMG خام متشابهة مرة أخرى وللسيطرة على هذه الظاهرة تستخدم عملية حسابية تسمى الصقل الرقمي ( Digital Smoothing ) لتحديد معدل اتجاه تطور الإشارة (\* )، وبالتالي تساعدنا في قراءة النتائج بوضوح .

٦- لغرض التعرف على مقدار الإشارة بين العضلات قيد الدراسة القدم اليمنى واليسرى نذهب إلى إيعاز Comper الذي يعني المقارنة فيظهر لنا مسار العضلتين في مجال واحد ( المحور الأفقي السيني والذي يمثل الزمن ويقاس بوحدة الملي ثانية والمحور العمودي الصادي والذي يظهر قوة الإشارة ويقاس بوحدة المايكرو فولت ، كما في الشكل ( ٣ ) .



#### قائمة المصادر

- ١-رشدي فتوح عبدالفتاح :اساسيات عامة في علم الفسيولوجيا ،ط٢، مطبعة ذات السلاسل ، ١٩٨٨ .
- ٢-حامد صالح مهدي تأثير التدريب العضلي المركزي واللامركزي في تطوير القوة القصوى الناتجة من التحرك والنشاط الكهربائي للعضلة EMG ، اطروحة دكتوراه ، ٢٠٠٠ .
- ٣-وهبي علواز حسون البياتي :دراسة لنشاط الكهربائي (EMG) لعضلات الرجلين مرحلتي الحلة والحطوة وعلاقتها ببعض المتغيرات البيوميكانيكية والانجاز والوثبة الثلاثية ، اطروحة دكتوراه ، ٢٠٠٩ ، ١١٠ .

\* <http://www.seniam.org>: Electromyography. Web link

([www.iraqacad.org/Lib/wahbi/wahbi2.htm](http://www.iraqacad.org/Lib/wahbi/wahbi2.htm) – 4

Brook, G.T. Fahey, and T. White, *Exercise physiology: Human Bioenergetics and its Applications* (Mountain View, CA: Mayfield, 1996) p. 120