

أثار الكهرباء على جسم الانسان

الجزء الاول

مفاهيم اساسية

م.د. نضال موسى عبدالامير
م.د. شيماء قاسم عبدالحسن



المقدمة

من المهم جدا معرفة حدود و إمكانيات الجسم البشري في مجال الطاقة الكهربائية، و لا غرابة في ذلك فالجسم البشري يتكون من ذرات مثله مثل أي "مادة" أخرى حيث الذرة هي أصغر مكونات تلك المادة و التي تعبر عن خصائصها، و هذه الذرة تتكون من نواة مركزية موجبة الشحنة يدور حولها إلكترون سالب الشحنة و هكذا تصبح الذرة في حالة تفاعل و اتزان كهربائي.

خصائص كهربائية للأنسجة البشرية

- مولد و موصل و ممانع
- الاستجابة حسب التيار
- مولد و موصل و ممانع

الخلية الحية مصنع لا يتوقف عن العمل و إن كانت نوعية النشاط تختلف من خلية لأخرى و ايضا حجم هذا النشاط يتأثر بعوامل كثيرة و لكن في النهاية هناك عمليات كيميائية تتحول إلى نبضات كهربائية ضعيفة جدا تبلغ حوالى 5-50 جزءا من مليون جزء من الفولت، و مع استمرار الحياة يتم تفريغ هذه الشحنة الكهربائية ثم إعادة الشحن و هكذا، و منبع هذه الكهرباء هو العملية الكيميائية المعروفة بالتبادل الأيوني عند جدار الخلية و الذى بموجبه تتحرك بعض الأيونات و خاصة الصوديوم و البوتاسيوم عبر ذلك الجدار و قد يكون ذلك هو المطلوب لتحريك الإليكترونات عبر مسار العصب لنقل إشارة كهربائية من الخلايا العصبية حتى العضلة او النسيج المطلوب توصيل الإشارة العصبية إليه.

أي أن كل خلية (و خاصة العصبية و العضلية)تمثل بطارية كهربائية ميكروسكوبية، و في حالة الخلايا العصبية فالأسلاك الدقيقة الخارجة منها تتولى نقل هذا التيار في صورة انبعاثات عصبية، و هذا النشاط الكهربائي موجود حتى مع الراحة التامة للإنسان، و يقدر هذا الجهد الكهربائي بقرابة 90 ملي

فولت (يقاس بوضع اليكترود دقيق جدا داخل و خارج الخلية) و يزداد هذا الجهد بتنبيه جدار الخلية بالمؤثرات الخارجية(كيميائية – كهربائية – ميكانيكية – حرارية ...) و أيضا الداخلية (هرمونات – ضغط - ...)

و في هذا الموقف علينا تذكر مرض الصرع أو التشنجات العصبية الذى صار التعبير "كهرباء زائدة" مرادفا له أيتم الربط باختلال كهرباء خلايا المخ و ظهور تلك الأعراض و هو بلا شك تعبير علمي نظري سليم 100%، و توسع البعض مع حالات الغيبوبة و النوم و التخدير و تأثير المنومات على أنها أيضا اختلال بالعملية الكهربائية ثم تأثير الناقلات الكيميائية العصبية، و توسع التطبيق إلى كل أنواع الأحاسيس بما فيها الحواس الخمس على أنها نوع من التغيير الكهربائي او تغيير في الطاقة من الكهربائية إلى صور أخرى غير معروفة تماما.

ناقشنا في السطور السابقة كيف أن خلايا الإنسان هي المولدة للطاقة الكهربائية و يقدرها البعض بقرابة 25 وات يوميا، و في السطور القادمة سوف ننظر إلى أنسجة الجسم على أنها موصل أو ممانع للتيار الكهربائي المنتج داخليا أو من مصادر خارجية.

- يعتبر الجلد أول مانع لمرور التيار و لو أنه طبقاته تحتوى على كميات مختلفة من الماء.
- العظام و الأوتار و الأربطة: قرابة 5% ماء ، موصلات رديئة
- الدهن: 14% ماء، أيضا رديئة التوصيل
- العضلات: 75% ماء، توصيل جيد و خاصة بصورة طولية
- الدم: أفضل الأنسجة لنقل التيار (ماء كثير + أيونات)
- الأعصاب الطرفية: قدرتها قرابة ستة أضعاف العضلات على إيصال التيار الكهربائي.

و التأثيرات الحيوية للتيار الكهربائي مختلفة(حراري – كيميائي – فسيولوجي ...) و يتطلب ذلك اختيار التيار الكهربائي المناسب (نوعه- تردده – قوته – مدته...) لإحداث التأثير المطلوب، و التأثير الحراري قد يكون الأكثر وضوحا حيث أن النسيج الأكثر مقاومة يسخن بصورة أفضل، و التأثير الأيوني هو احد العمليات الحيوية للجسم مثل مسار الانبعاث الكهربائي في العصب بسرعة تقارب 100 متر/ثانية أو 260 كم/ساعة و يمكن إثارته بالتيار الكهربائي

الاستجابة حسب التيار

لا يمكننا تغيير الصفات الفسيولوجية لأنسجة الجسم بما فيها العضلات فهناك عضلة القلب و العضلات الإرادية و العضلات اللاإرادية و أيضا تختلف الأعصاب فهناك الأعصاب الحسية و الحركية – المخية و الطرفية – المغلفة بغشاء الميلين و الغير مغلفة – الرفيعة و السميقة، هذا لا يمكننا تغييره و لكن يمكننا التحكم في التيار الكهربائي المستخدم

1. ما هي الاثار

تظهر على جسم المصاب بمرور التيار كهربائي ، اثار حرارية ، وتحليلية ، وبيولوجية . ويتمثل الأثار الحرارية في الاحراق و الذي يصيب الأجزاء الخارجية من الجسم ، وكذلك سخونة الاوعية الدموية مع الدم مما يؤدي لتعطيل كبير في وظائف الاجهزة ويتمثل الأثار التحليلية في تحليل الدم و السوائل الحيوية الاخرى ، مما يؤدي الى تخريب تركيبها الفيزيائي و الكيميائي ، وفي تخريب الانسجة عموما ويتمثل الاثار البيولوجية في تهيج الانسجة الحية الذي يمكن أن يترافق مع تقلصات تشنجية غير ارادية للعضلات بما فيها عضلات القلب و الرئتين ، وعندما تظهر اختلافات مختلفة تؤدي الى تمزيق الانسجة واختلاف عمليتي التنفس و دورة الدم .

2. مقاومة جسم الانسان الكهربائية

ان جسم الانسان ، يعتبر ناقل لتيار الكهربائي ، مع أن بعض انسجة الجسم تبدي مقاومة كبيرة ، مثل (الجلد و العظم ، والنسيج الشحمي) فان النسيج العضلي و الدموي و النخاع الشوكي و المخ تبدي مقاومة صغيرة . إن الطبقة الخارجية للجلد ، و المسامات بالبشرة تتألف من عدة طبقات بدورها ، وتسمى الطبقات الخارجية منها ، بالطبقة القرنية و التي تتألف من عدة صفوف من الخلايا الميتة . يبلغ سم كهذه الطبقة في باطن الكف والقدم ، قيمة كبيرة ومقاومه نوعية كبيرة (عازلة) .

في حين تتألف الطبقات الداخلية من الجلد و المسماة بالأدمة ، من نسيج حي يوجد في داخله أوعية دموية واعصاب وجذور شعر ، و الغدد الشحمية وتكون مقاومتها قليلة نسبيا . وعندما يكون الجلد جاف ونظيفا وغير ممزق ، تكون مقاومة جسم الانسان عند جهد 20 فولت هي من 3000 الى 100000 اوم وهي في الحقيقة ، قيمة متغيرة لها علاقة غير خطية متعلقة بحالة الجلد وعناصر الدائرة الكهربائية ، و العوامل الفيزيائية ، ووضع الوسط المحيط وتؤثر قيمة التيار ومدة مروره خلال الجسم ، بشكل مباشر على قيمة المقاومة الكلية لجسم الانسان فمع زيادتها ، تتناقص المقاومة ويزداد احتراق الجلد مما يؤدي لتوسيع الأوعية ويزداد كمية في هذا الجزء و بالتالي تزياد إفرازات العرق كذلك تؤدي زيادة الجهد المطبق على جسم النسان ، بسبب نقصان مقاومة الجلد و بالتالي اقاص مقاومة الجسم الكلية حتى تصل الى قيمتها الدنيا (300 – 500) اوم

3. مدة تأثير التيار الكهربائي

حيث تتعلق مقاومة جلد الانسان بزمن التيار الكهربائي المار عليه ، فهي عالية في البداية وتتناقص مع مرور الزمن إذ يؤدي مرور التيار لارتفاع حرارة الجلد وتعرقه وتأيينه ، مما يؤدي لحرق الجلد وانخفاض مقاومة ، وهذه الظواهر يمكن ملاحظتها في شبكات الجهد المنخفض ، أما في شبكات الجهد العالي نتيجة التفريغ و ظهور القوس الكهربائي ، ومع ذلك ردود الفعل الانعكاسية لدى المصاب ، تبدو فورا نتيجة تأثير المراكز العصبية ، مما يؤدي للانطفاء القوس الكهربائي . ومع التيار المار يمكن ان تكون كبيرة (تزداد عن 10 امبير) ولكنها يمكن أن لاتؤدي الى الوفاة ، نظرا لقصر زمن تأثيرها ، مع أنها تؤدي لحرق خطير قد تؤدي للوفاة .

4. تأثير الجهد الكهربائي

وجدنا أعلاه أن العلاقة جسم الإنسان تتناقص بازدياد الجهد الكهربائي المطبق عليه وقد دلت التجارب على أن الجهد 12 – 15 فولت لا يؤثر على الإنسان ويعتبر جهدا امنا

5. شدة التيار الكهربائي المار في جسم الانسان

دلت التجارب على ان اصغر تيار كهربائي يتحسس به جسم النسان هو واحد ميلي أمبير للتيار المتناوب ذي تردد 60 هيرتز و 5 مللي أمبير للتيار المستمر ، حيث يؤدي التيار الأكبر الى تشنج العضلات والى الإحساس باللم . وفي الواقع إن شدة التيار هي العامل الحساس الذي يعتبر قياسيا لشدة الصدمة ، وبالتالي لخطورة الإصابة

والجدول التالي يوضح، تأثير شدة التيار على جسم الإنسان.

قيمة التيار (ميلي أمبير)	تأثير التيار على جسم الإنسان
أقل من 1	- لا يتأثر
من 1- 8	- التقلص غير المؤلم للعضلات ويمكن التخلص من مصدر التيار المسبب للصدمة من قبل الشخص المصاب ذاته.
من 8- 15	- التقلص مؤلم ولكن التحكم في العضلات ما يزال موجوداً، ويمكن التخلص بدون مساعدة خارجية.
من 15- 20	- يشتد الألم، ويفقد المصاب التحكم في العضلات، ويحتاج لمساعدة خارجية.
من 20- 50	- يصبح الألم شديداً، ويكون تقلص العضلات شديداً، والتنفس صعب جداً.
من 50 – 100	- يحدث اختلال في وظيفة القلب، يمكن أن يؤدي إلى الوفاة لدى بعض المصابين.
من 100 – 200	- توقف القلب عن العمل، والمساعدة الطبية لا تجدي غالباً.
أكبر من 200	- حروق شديدة، وتقلص تام لعضلة القلب.

وان مرور تيار قدره 80 – 9- مللي أمبير ولمدة 1- 3 ثواني يؤدي لتوقف القلب و حدوث الوفاة وعلى كل فان تيار بشدة 0,1 امبير هو مميت في جميع الأحوال اذا شاء الله

6. تأثير تردد التيار

لقد أظهره التجارب أن التيار المستمر أقل خطورة من التيار المتردد ذي التردد الصناعي 60

هيرتز

و للتوترات المنخفضة حتى 250 – 300 فولت . ومع زيادة تردد التيار المتناوب ، تتناقص مناعة جسم الانسان (بسبب وجود مركبة سعويه) مما يؤدي لزيادة شدة التيار المار ولكن ذلك في الواقع يبقي

صحيحاً في مجال تردد من 50 هيرتز إلى 60 هيرتز فقط . بحيث ان زيادة التردد واقعيًا تتوافق مع تناقص خطورة الضرر حيث يختفي الضرر عند تردد 450 – 500 كيلو هيرتز (مع بقاء هذه التيار مشكلة خطر الحريق عند مرورها في جسم الإنسان كما يظهر عند القوس الكهربائي) . وعلى كل تلعب الخصائص الريدة للإنسان دوراً أساسياً في تطور الحاصل . وهناك نظريات عديدة تفسر تأثير تردد التيار على الجسم ، وأن أكثرها انتشاراً ومطابقة للواقع ، تقول بأن مرور التيار الكهربائي يؤدي إلى تحليل الأجزاء المشكلة للخلايا في الجسم وتحولها في كل خلية من الخلايا ، إلى أيونات ذات قطبية مختلفة ، تتجه بالاتجاه المعاكس لقطبيتها حتى وصولها إلى جدار الخلية . فتؤدي هذه الحركة إلى تفكك الخلية ، وتظهر بشكل واضح في الخلية العصبية . وتأخذ هذه الحركة ضمن الخلية ، وبالتالي المسافات التي تقطعها الأيونات ، فيمتد العظمي عند التردد 40-60 هرتز . أما عند ارتفاع التردد ، فإن الحركة تقل ، ولا تستطيع الأيونات الانتقال من آخر في الخلية نفسها ، وتلاحظ نفس الظاهرة عند انخفاض التردد عن القيم المذكورة أعلاه ، وكذلك في التيار المستمر

إذ أن تيار بتردد صناعي 60 هيرتز يحمل أكبر الخطر على جسم الإنسان .