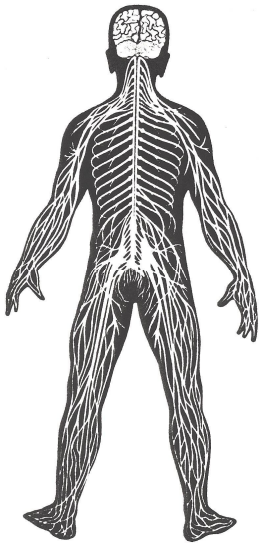
الإصابات البشرية الناجمة عن الكهرباء:

- **تأثيرات التيار الكهربائي على جسم الإنسان**
- **العوامل الرئيسة المؤثرة في شدة الصعقة الكهربائية**
- **الجهد الكهربائي (الفولتية) أو جهد الإصابة**
- **الخصائص الفيزيولوجية الفردية للشخص المصاب**
- **مسار التيار في جسم الإنسان**
- **شدة التيار المار في الجسم**
- **تأثير نوعية التيار الكهربائي على جسم الإنسان**
- **مدة سريان التيار في الجسم**
- **التعامل مع الصعقة الكهربائية**
- **اكتمال دائرة التكهرب والصعقة الكهربائية**
- **مسببات حوادث التكهرب (الصعقة الكهربائية)**
- **الحروق الكهربائية الحرارية**
- **التأثيرات الفيزيائية**
- **إجراءات الحماية من الصعقة الكهربائية**
- **مسببات حرائق غرف العمليات في المستشفيات**
- **الوقاية من حرائق غرف العمليات**

- **تأثيرات التيار الكهربائي على جسم الإنسان:**

إن الآثار الحرارية والكيميائية والبيولوجية للتيار تدمر خلايا الجسم أو تسبب الحروق أو الشلل أو الوفاة:

-الأثر الحراري (حروق): تختلف شدتها من حروق بسيطة إلى حروق شديدة يتفاوت الضرر الناتج عن الإصابة بالصعقة الكهربائية من حروق بسيطة تنشأ عن تيارات ضعيفة، إلى حروق شديدة تنشأ عن تيارات ذات فولتية عالية والتي تؤدي إلى تدمير لمعظم طبقات الجلد. إلى رجفة دائمة وعامه أو شلل موضعي أو الوفاة.



كما يتفاوت ضرر الصعقة من شخص لآخر من حيث صحته العامة ومقاومته الكهربائية.

تتأثر قيمة مقاومة جسم الإنسان أيضا بمدى رطوبة الجلد وجفافه.

-الأثر التحليلي (الكيميائي): تحلل الدم والسوائل الحيوية الأخرى مما يؤدي إلى إتلاف تركيبها الفيزيائي والكيميائي. خاصة إذا كان التيار الكهربائي تياراً مستمراً.

-الأثر البيولوجي: تهييج الأنسجة الحية الذي يترافق مع تقلصات تشنجية غير إرادية للعضلات بما فيها عضلات القلب والرئتين، ويؤدي إلى تمزق الأنسجة واختلال عمليتي التنفس ودورة الدم.

- **بشكل عام فإن تداعيات الصعق الكهربائي تتنوع، وقد تكون بليغة التأثير على الحياة والأهم أنها غالباً ما تحصل بسرعة فائقة. وقد يكون التأثير مؤقتاً أو دائماً.**

تكون نتيجة الصعقة الكهربائية كالتالي:

- **الموت نتيجة الرجفان البطيني أو توقف القلب.**
- **حروق مختلفة ﴿سطحية، أو داخلية﴾، بسبب الأثر الحراري.**
- **انبهار العين: ضرر في عدسة العين كنتيجة لدخول أو سريان التيار المباشر فيحدث تعتيماً في العدسة.**

كما يسبب تعرض العين للوميض الكهربائي التهابات مثلما يحدث لعامل اللحام بالكهرباء.

- **شد عضلي في أماكن متفرقة في الجسم مع آلام فيها، وهو ما يحول أحياناً دون إفلات المُصاب من التصاقه بالجسم الحامل للتيار، واستمرار تعرضه للصعقة الكهربائية.**
- **تلف العضلات والأعصاب والأنسجة الداخلية نتيجة مرور تيار كهربائي مدمّر لبنية الأنسجة وعملها.**

- **احتمال حصول تفتت وكسور في العظام.**
- **إحساس بالضعف العام والصداع.**
- **نوبات من التشنج مع تدهور في السمع.**
- **فقدان الوعي.**
- **اضطرابات في نبضات القلب أو سكتة قلبية، وقد تُشل عضلة القلب عن الحركة، وقد تنتهي الآثار بانتهاء التعرض للتيار الكهربائي.**
- **الانقباض الشديد في العضلات، مما ينتج عنه توقف عضلة القلب وجمود الحركات التنفسية، وتؤثر مدة مرور التيار في الجسم على وقت الانقباض التنفسي وفي درجة خطورة تأثر عضلة القلب.**

تحدث عادةً انقباضات عضلية تلتصق على أثرها الضحية بالموصل إذا قبض الإنسان عليه باليدين، أما إذا ابتعد عنه فيتوقف مرور التيار.
وقد تتعرض الضحية إلى آثار ثانوية كالوقوع من على السلم أو ما شابه.

- **الاختلاج البطيني (انقباض في عضلة القلب)، أي الانقباض العشوائي للألياف العضلية في القلب، حيث تتقلص بمعدل تكرار مختلف عن الطبيعي، يؤدي إلى خلل في عمل مضخة القلب (توقف الدورة الدموية) أي حالة من الموت الظاهري.**

إن القواسم المشتركة للغالبية العظمى من حوادث التكهرب (الصعقة) تتمثل بالضرر الذي يصيب أنسجة الجسم نتيجة تأثير التيار أو القوس الكهربائي، وغالباً ما يكون الضرر سطحياً، أي يتضرر الجلد وأحياناً الأنسجة الرخوة مع الأربطة والعظام.
تتعلق خطورة الصعقة وصعوبة معالجتها، بنوع ومميزات ودرجة تضرر الأنسجة، ورد فعل الأعضاء على هذا الضرر، فإذا ما كانت الحروق شديدة، قد يموت عندها الإنسان، ليس بسبب التكهرب من مرور التيار الكهربائي ولكن نتيجة التضرر المحلي للأعضاء، مما يسبب تخريباً أكبر للخلايا العصبية.
كما قد يسبب شلل الرئتين فيموت المصاب بالاختناق نتيجة لتوقف عملية التنفس، ويمكن أن تشل عضلة القلب وتحصل الوفاة بسبب ذلك.
لذا يجب وقبل كل شيء فصل المصاب عن مصدر التيار وبأسرع ما يمكن، ثم العمل على إنقاذه.
إن جسم الإنسان مُوصل للكهرباء، وأن كثيراً من آليات عمل الجسم عبارة عن نبضات كهربائية سارية، كما في القلب أو الدماغ أو العضلات. لذا فمجرد سريان تيار كهربائي خارجي قد يكون مميتاً أحياناً بالرغم من قلة آثاره على الجلد، لأن التلف والضرر آنذاك يكون بليغاً فيما تحته من أعضاء الجسم كالقلب والدماغ والعضلات.

يتفاوت الضرر الناتج عن الإصابة بالكهرباء من حروق بسيطة إلى حروق شديدة، إلى رجفة دائمة وعامة أو شلل موضعي أو الوفاة. كما يتفاوت ضرر الكهرباء من شخص لآخر، فإن لكل إنسان مقاومته الكهربائية الخاصة به،

- آلية حصول الصعقة الكهربائية، وتأثيراتها:

تؤدي الصعقة الكهربائية إلى تغير مفاجئ في عمل الجهاز العصبي والعضلي للجسم نتيجة مرور التيار الكهربائي فيه، حيث يسري التيار الكهربائي خلال جسم موصل مغلقاً الدائرة الكهربائية، فيصبح جسمه مكملاً لمسار الدائرة.

- إذا لمس إنسان سلكاً عارياً مكهرباً أصابته صعقة كهربائية، قد يتسبب عنها حروق عند نقطة التلامس، وبعضها قد يفضي إلى الموت. كما يؤثر على عضلات الجسم فيسبب لها انقباضات قوية، قد تؤدي إلى حدوث شلل.
- إذا أمسك شخص موصلاً بيده فإنه من الصعب عليه أن يتخلص منه لعدم قدرته على السيطرة على عضلاته. هذا إذا لم تتسبب الصعقة في سقوطه عن مكان مرتفع، كما يحدث لرجال الإطفاء الذين قد يلمسون أسلاكاً عارية أثناء أدائهم لواجبهم، أو أثناء صعودهم على سلّم الإطفاء فيسقطون إلى الأرض. علماً بأنه ليس من الضروري لمس الموصل مباشرة، بل يكفي أن يلمس الإنسان جسماً آخراً يكون متصلاً بهذا الموصل فتصيبه الصعقة.
- إذا لمس الإنسان أجزاء من منشآت وتركيبات كهربائية عندما يكون التيار الكهربائي سارياً فيها، وكان هو واقفاً على أرض جيدة التوصيل للكهرباء أو ملامساً لأية أجزاء من المبنى.

في هذه الحالة يكمل جسمه الدائرة الكهربائية فيسري فيه التيار الكهربائي، وحسب قانون أوم فإن شدة التيار الكهربائي تتناسب طرداً مع الجهد الكهربائي وعكساً مع المقاومة الكهربائية لمسار الدائرة الكهربائية والحمل.

- يظهر تأثير التيار الكهربائي على جسم الإنسان عادة في صورة إثارة وتهيج وحرارة، بينما تؤثر الإثارة والتهيج على عضلات الجسم والقلب والدورة الدموية والجهاز العصبي المركزي.
- تظهر التأثيرات الحرارية، على هيئة حروق بسيطة أو شديدة (تكربن أو تفحم مساحات كبيرة من الجسم أو ظهور مناطق محترقة فيه) تصيب الأجزاء من الجسم التي سرى فيها التيار الكهربائي، أو التي تعرضت لحدوث قوس كهربائية فيها نتيجة قصر الدائرة الكهربائي.
- قد يحدث التواء مفاجئ في أطراف الجسم أو أعضائه وتنكسر بعض عظامه، نتيجة التقلصات الشديدة في العضلات.
- تحدث الصعقة الكهربائية إذا لامس شخص أسلاكاً مكهربة بشكل مباشر أو إذا لامس أجساماً حاملة للتيار بشكل غير مباشر نتيجة انهيار العزل.

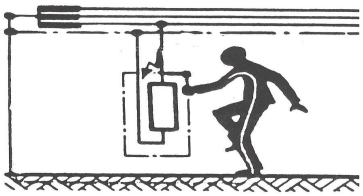
عندما يسري تيار في اليد الملامسة لموصل يحمل جهداً، فإن هذا التيار سينبه العضلة القابضة والعضلة الباسطة. ولما كانت العضلة القابضة أقوى لذا فإن اليد ستقبض على الموصل الذي تلامسه بشكل غير إرادي عندما يتجاوز التيار حداً معيناً.

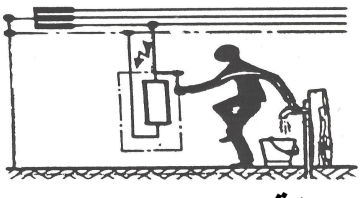
- تحدث الصعقة الكهربائية إذا أصبح شخص ما جزءاً من دارة كهربائية مغلقة يسري فيها تيار، وفي حالة نظام التغذية الكهربائية المؤرض فإن الاتصال بالأرض أو الأرضي يوازي الإمساك بأحد سلكي التغذية (السلك الحيادي).

لذا فإنه يكفي في هذه الحالة لشخص مؤرض أن يصبح على تماس مع سلك حامل للجهد أو أي امتداد له (يتمثل بعطل أو فقدان في العازلية في جهاز) كي يكون قد أغلق دارة التكهرب أو الصعقة. وتختلف إجراءات الحماية ضد التكهرب بالطريقة، لكنها تشترك في الهدف التصميمي المتمثل بمنع سريان تيار كهربائي في مسار خاطئ يشكل خطورة.

- قد يتلف العازل الكهربائي في المعدات والأجهزة الكهربائية، سواء كانت ثابتة، كالمحركات أو لوحات التوزيع الكهربائية أو لوحات مفاتيح كهربائية، أو تركيبات الإضاءة أو ما شابهها، أو كانت متنقلة (متحركة)، كالعدد والأدوات الكهربائية.

إذا حدث ذلك تصبح الأغلفة المحيطة بهذه المعدات والأجهزة وأغلفتها حاملة لجهد كهربائي (نتيجة تلف العازل). هذا يعني أن هناك فرقاً في الجهد الكهربائي بين الغلاف وبين الأرض، فإذا كان العامل الملامس للجهاز الكهربائي واقفاً على أرض موصلة للتيار الكهربائي، أو إذا كان متصلاً بالأرض عبر أي موصل آخر، كأنبوب مياه أو جدار أو غيره، فإنه في هذه الحالة يقفل الدائرة الكهربائية عبر جسمه، وبالتالي يسري فيه التيار الكهربائي، وهذا الجهد الكهربائي بين غلاف الجهاز والأرض يعرف باسم جهد اللمس.





- العوامل الرئيسة المؤثرة في شدة الصعقة الكهربائية:

تحدث الصعقة الكهربائية إذا لامس شخص أسلاكاً مكهربة (تلامساً مباشراً) أو أجساما حاملة للتيار نتيجة انهيار العزل (تلامس غير مباشر)، حيث ينتج عن

ذلك ضرر شديد لهذا الشخص والتي قد تصل إلى درجة الوفاة. كما تختلف شدة الصعقة التي يتعرض لها الإنسان اعتماداً على عدة عوامل منها:

- **الجهد الكهربائي (الفولتية) أو جهد الإصابة:**

تأتي أهمية الجهد لكونه هو الذي يحدد التيار تبعاً للمقاومة الكلية لدارة التكهرب (قانون أوم). حيث تتوقف قيمة التيار المار في الجسم على مقدار الجهد الكهربائي الذي يلامسه المصاب أو يقترب منه.

تزداد شدة التيار بزيادة الجهد وتنخفض بانخفاض الجهد، وبهذا فإنه كلما ازداد الجهد كانت الإصابة أخطر.

الخواص الكهربائية لجسم الإنسان

الجهد (فولت)	المقاومة (أوم)	التيار (م. أمبير)
12.5	16500	0.8
31.3	11000	2.84
62.5	6240	10
125	3530	35.2
250	2000	125
500	1130	443
1000	640	1560
2000	362	5540

بالرغم من أن جهد الشبكة (230 فولت) يشكل سبباً رئيساً في كثير من حوادث تكهرب مميتة، إلا أن هنالك أشخاصاً تمكنوا من النجاة والابتعاد بعد التكهرب من منابع جهد متوسط في مجال الكيلو فولت، لأن المقاومة الكلية لدارة التكهرب (مقاومة المنبع مع مقاومة الحمل) قد حدّت من التيار إلى مستويات غير مميتة. .

يتحدد مصير المصاب بعوامل عدة، إذ يمكن حصول الوفاة بجهد لا يزيد عن 36 فولت، في حين يمكن للمصاب النجاة من جهد أكبر من 230 فولت، إذا تم إسعافه وإنقاذه بسرعة، رغم أن الجهد عامل لا يستهان به في حوادث الصعق الكهربائي.

تتناقص مقاومة جسم الإنسان تدريجياً بازدياد الجهد المطبق عليه، ويعتبر الجهد لغاية 15 فولت غير مؤثر على الإنسان ويعتبر جهداً آمناً.

تتراوح جهود اللمس المسموح بها بين 50-65 فولت، وضمن شروط معينة.

- **الخصائص الفيزيولوجية الفردية للشخص المصاب:**

حيث يختلف تأثير التيار الكهربائي بين الرجل والمرأة ويزداد خطر الصعقة الكهربائية على الإنسان إذا كان مريضاً أو عصبياً أو مرهقاً أو متوتر الأعصاب.

هناك عدة مقاومات أخرى (علاوة على المقاومة التي يظهرها جسم المصاب) تظهر في الدائرة الكهربائية نفسها، ومنها مثلاً مقاومة الأرضية والحذاء، وهي تقلل من المخاطر بعض الشيء نظراً لأنها تزيد المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية.

من الصعب تقدير مثل هذه المقاومات. إلا أنه بشكل عام يجب منع أي تلامس مع الأجزاء التي يسري فيها التيار الكهربائي لأن أية جهود كهربائية مهما كانت صغيرة تشكل خطورة.

يعتبر الحمل في دائرة الصعقة هو جسم المصاب، فالجلد الجاف أكثر مقاومة للإصابة من الجلد الرطب.

-المقاومة الكهربائية لجسم الإنسان:

تعتمد مقاومة جسم الإنسان بشكل رئيس على مقاومة البشرة التي تشكل القسم الأعظم من المقاومة، والتي تعتمد بدورها على عدة عوامل مثل مساحة سطح التماس ورطوبة هذا السطح وسماكة أدمة البشرة.

تتغير مقاومة الحمل هذه مع الزمن، فما بدأ بلمسة عابرة لموصل يحمل جهداً يمكن أن يتطور سريعاً ليصبح قبضةً بسطح أكبر وتماس أقوى، وهذا يعني مقاومة أقل وتياراً أكبر.

تختلف المقاومة الكهربائية لجسم الإنسان من شخص إلى آخر، وتتوقف المقاومة الكهربائية التي يكونها جسم الإنسان على المساحة المتلامسة منه وحالة الجلد وسمكه ودرجة رطوبته(تبلله أو جفافه).

تكون مقاومة الجلد الرقيق والمبتل صغيرة لدرجة أن الجهود الكهربائية المنخفضة للتيار الكهربائي المتردد قد تتسبب في الوفاة، كما هي الحال في اللحام الكهربائي. وتعتبر 1000 أوم هي القيمة الدنيا المناسبة لحسابات مقاومة الجسم الكلية بين الأطراف.

عندما تكون البشرة جافة فإن مقاومتها تزيد عن مئة كيلو أوم لبعض الأشخاص، وأما في المحيط الرطب أو في الجو الحار الرطب فإن البشرة تصبح أكثر موصلية و قد تغطى بمحلول كهربائي (نتيجة التعرق مثلاً) حيث تنخفض مقاومة البشرة، ويمكن أن تصل حتى كيلو أوم واحد.

إذا ما طُبق جهد مقداره 230 فولت بين يدي شخص كهذا، فإن التيار الساري قد يصل 2.3 ميلي أمبير. وبذلك فإن التيار الذي يسري في حالة البشرة الجافة يسبب في أسوأ الأحوال وخزاً أو "دغدغة.

إلا أنه يمكن أن يصبح تياراً مميتاً (230 ميلي أمبير) في حالة البشرة الرطبة المغطاة بمحلول كهربائي (ماء ذائبة فيه أملاح).

إن رطوبة الأرض وإمكانية التماس منخفض المقاومة للأشخاص مع الأرض والأجهزة، تفرض اتخاذ إجراءات خاصة للحماية ضد التكهرب، وإن القاطع التفاضلي (قاطع الحماية من التسرب الأرضي أو قاطع التيار المتبقي) والنظام الكهربائي المعزول يمكن أن يقدما الحماية المناسبة.

يعتبر جسم الإنسان، باحتوائه كمية كبيرة من المياه والأملاح محاطة بغلاف هو الجلد والبشرة، موصلا متوسطاً للكهرباء يشبه موصلية المحلول الملحي. وحيث الجلد هو الغلاف ولكونه جافاً فهو موصل ضعيف للكهرباء.

لكن ما أن يصبح مبللا حتى يصبح موصلاً، فالأيونات المذابة في الجلد المبلل تتحرك بسهولة وتخترق الجلد أو تحفّز تنقل حاملات الشحنات الكهربائية الأخرى في السوائل.
تؤثر المقاومة على شدة التيار بتناسب عكسي، أي يكون تيار الإصابة كبيراً إذا كانت مقاومة جسم الإنسان صغيرة.
-تتوقف قيمة المقاومة الكهربائية لجسم الإنسان على عوامل عديدة ومختلفة منها حالة الجلد وسماكته، خشونته أو نعومته، وذلك حسب مهنة العامل، فمقاومة يد الحلاق أقل بكثير من مقاومة يد عامل الاسمنت أو عامل الحفريات.
-تلعب الرطوبة دوراً هاماً في تخفيض المقاومة الكهربائية لجلد الإنسان، إضافة إلى ذلك فإن الحالة الصحية والنفسية تؤثر على المقاومة، فهي كبيرة في حالة الصحة والانشراح ومنخفضة في حالة المرض والحزن.
تتناسب مقاومة جسم الإنسان العادي طرداً مع بدانته، وجفاف جلده، وعكساً مع رطوبته وتعرّقه أو ابتلاله. كما تتعلق بموصلية أو عازلية القاعدة التي يقف عليها.
-تشمل المقاومة الكهربائية الإجمالية الأجزاء التالية:
1. مقاومة الأسلاك الكهربائية (خارج جسم المصاب).
2. مقاومة جسم المصاب.
3. مقاومة مسار التيار بعد خروجه من جسم الإنسان.
يمكن أن يكون هذا المسار أسلاكاً كهربائية أخرى، أو أجساماً معدنية موصلة للتيار أو مجرد أرض رطبة ... الخ.
-الأرض المبللة بالماء أكثر خطورة لأنها توفر للتيار الكهربائي ممراً ذا مقاومة منخفضة جداً إلى الأرض، أما إذا وقف الإنسان على أرض جافة أو معزولة جيداً بعازل مناسب فلا يمر في جسم هذا الشخص تيار خطير، حتى لو لمس خطاً كهربائياً جهده 230 فولت.
أما الجهود الأعلى من ذلك فيلزمها عوازل خاصة تتحمل هذه الجهود العالية.
-تؤثر طبيعة وتركيب المواد المكونة لجسم الإنسان، من أنسجة وأعضاء وسوائل، تأثيراً شديداً على قيمة مقاومة جسم الإنسان للتيار الكهربائي، كما تعتمد تلك المقاومة على:

أ. وزن وحجم الجسم.
ب. عمر الإنسان.
ج. حالة الإنسان الصحية أثناء قياس المقاومة.
د. الحالة النفسية والعصبية.
هـ. طبيعة أنسجة جلد الإنسان من حيث الخشونة.

و. طبيعة غدد العرق الموجودة أسفل جلد الإنسان ومعدل إفرازاتها.
ز. وضع الجسم أثناء تعرضه للصعقة الكهربائية.
ح. موضع دخول وخروج التيار من الجسم.

- إن مقاومة جسم الإنسان هي مقاومة لا خطية، تتغير قيمتها مع تغير مستوى الجهد. كما تتغير بتغير موضع الجلد، حيث تكون مقاومة جلد الوجه والكفين والقدمين أقل ما يمكن بالمقارنة ببقية مواضع جلد الإنسان.

تكون الصعقة الكهربائية أشد ما يمكن إذا حدثت من خلال الوجه أو الكفين أو القدمين.

تعتبر مقاومة الجهاز العصبي للإنسان هي الأقل في مكونات الجسم، لذا فهو أشد الأجهزة تأثراً بالصعقة الكهربائية. كما أن مقاومة جسم الإنسان ليست خاصية ذاتية للجسم، فهي تعتمد على الوسط المحيط أيضاً.

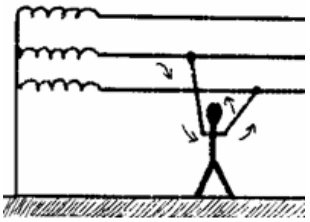
- يزيد ارتفاع درجة الحرارة من حساسية الإنسان للتيار الكهربائي.

- تتسبب زيادة الرطوبة في الجو في خفض المقاومة الكلية لجسم الإنسان مما يزيد من حساسيته للتيار.

- وضعية الشخص المصاب: كلما كان معزولاً بشكل أفضل قل خطر الإصابة. هذا يشمل رطوبة سطح الجسم وطبيعة اتصال الجسم بالأرض، وطبيعة الأرض التي يقف عليها.

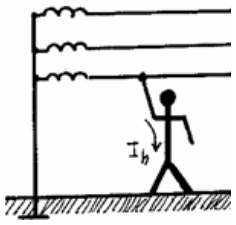
- **مسار التيار في جسم الإنسان:**

يحدد مسار التيار في جسم الإنسان العضو الذي يسري فيه التيار، فالجهاز العصبي والقلب أكثر الأعضاء تأثرا، ومسار هذا التيار في الجسم (كأن يسري التيار خلال القلب مثلاً، أو لا يسري خلاله).



بشكل عام يتحدد مسار التيار الكهربائي بمنطقتين (أو نقطتين) هما مكان دخول التيار ومكان خروجه من الجسم.

قد يكون هذا المسار قصيراً بين نقطتين على اليد أو القدم، أو قد يكون المسار طويلاً من يد إلى اليد الأخرى، أو بين اليد اليمنى والقدم اليسرى أو القدم اليمنى، والمسار الأكثر خطورة هو من يد إلى يد عبر الصدر حيث تحدث الوفاة، وقد يكون مسار التيار من الرأس إلى القدمين أو اليدين.



تكون أشد الإصابات خطراً إذا شمل المسار أعضاء هامة كالقلب والرئتين. وبالتالي فإن أخطر المسارات من يد إلى اليد الأخرى عبر الصدر.

يشكل المسار بين اليد اليسرى والقدمين خطورة لشمول هذا المسار على القلب.
-غالباً ما يكون مسار تيار الصعقة الكهربائية كالتالي:

1. **من يد إلى يد.**
2. **من اليد اليسرى، أو اليد اليمنى إلى القدم (أو القدمين حسب طريقة الوقوف).**
3. **من قدم إلى قدم.**
4. **من الرأس إلى إحدى اليدين أو كلتيهما.**
5. **من الرأس إلى القدم أو القدمين، وهي الأقل حدوثاً.**

- **شدة التيار المار في الجسم:**

تزداد خطورة الكهرباء وآثارها على الجسم الإنسان بزيادة شدة التيار المار فيه. تتوقف قيمة التيار المار في الجسم على مقدار الجهد الكهربائي الذي يلامسه المصاب أو يقترب منه. تزداد شدة التيار بزيادة الجهد وتنخفض بانخفاض الجهد .كما أن التيار المستمر أقل تأثيراً من التيار المتردد. وتتعلق شدة التيار كذلك ب:

-حالة الجلد: الجلد الجاف أكثر مقاومة للإصابة بالكهرباء من الجلد الرطب.
-مدى مقاومة الشخص لتأثير الكهرباء: تختلف المقاومة الكهربائية لجسم الانسان من شخص إلى آخر.

تزداد الخطورة والآثار بزيادة شدة التيار المار فيه، فالتشنجات والانقباضات التي تحدث بسبب تيار كهربائي تتجاوز شدته 15 ملي أمبير (1 ملي أمبير = 1000/1 أمبير) يصعب معها على الإنسان إطلاق يده إذا كانت ملامسة لموصل كهربائي.

أما التيارات الكهربائية بين 25 و 80 ميلي أمبير فهي خطيرة على حياة الإنسان إذا أثرت على جسمه لأكثر من 30 ثانية، نظراً لتأثيرها الإتلافي على بطين القلب.

إن خطورة الكهرباء وآثارها على جسم الإنسان تزداد بازدياد شدة التيار المار فيه، فالآثار الحرارية والكيميائية تخرب خلايا الجسم أوتسبب الحروق أو الشلل أو الوفاة. مع ازدياد شدة التيار يصبح التنفس صعباً وتصاب العضلات بشلل. قد لا تكون هذه التأثيرات دائمة، وتختفي إذا تم فصل التيار بسرعة (عن طريق الحمايات وأجهزة الوقاية سريعة العمل).

حتى في حالة التوقف التام للتنفس يمكن إنقاذ المصاب من الاختناق باستخدام التنفس الصناعي.

أما إذا بلغت شدة التيار بين mA 200 و100 ، فالصعقة الكهربائية تكون مميتة، حيث يصاب القلب بحالة انقباض بطيني، ولا يمكن إسعافه بطرق الإنعاش العادية، وغالباً ما تؤدي إلى وفاة المصاب.
إذا زادت شدة التيار عن mA 200، فيؤدي إلى توقف القلب والتنفس والإصابة بحروق خطرة، إلا أنه يمكن إنقاذ المصاب من الموت إذا تم إسعافه فوراً.
تُعرّف عتبة تيار الإفلات بأنها أعلى مستوى للتيار يمكن عنده الشخص المصاب أن يحرر نفسه إرادياً من الموصل الذي لامسه، ويختلف من شخص إلى آخر، وهو عند الذكور أعلى منه عند الإناث.
تبدأ عتبة الإحساس بالتيار المتناوب (50 هرتز) عندما تكون البشرة سليمة عند 0.6 ميلي أمبير، ويتطور هذا الإحساس ليصبح غير مريح عند الوصول إلى 6 ميلي أمبير.
عندما تتجاوز شدة التيار هذه العتبة فإن التقلصات العضلية والآلام تبدأ بالظهور وتتزايد بتزايد التيار، وتقل فرص إمكانية الإفلات.
إذا تجاوز التيار حدود 30 ميلي أمبير فإن الإفلات يصبح صعباً أو غير ممكن.
إذا تجاوز التيار حدود 50 ميلي أمبير فإن احتمال حدوث الرجفان البطيني يصبح وارداً. أما إذا تجاوز 120 ميلي أمبير فإن الاحتمال المتزايد لحدوث الرجفان يصبح وارداً، حتى من أجل فترة سريان التيار تقل عن ثانية واحدة.
في حالة كون مقاومة البشرة عند الحد الأدنى لها نتيجة الرطوبة وسطح التماس الملائم فإن جهداً قدره 120 فولت قد يكون كافياً لحدوث الرجفان البطيني، حتى من أجل فترات تماس قصيرة جداً وضمن ظروف خاصة.

تأثير التيار على جسم الإنسان عند مروره من يد إلى يد		
تأثيره على الجسم	المجال	قيمة التيار mA
تحسس بمرور التيار	أمان	1
وخز أليم في راحة اليد		2.5
بداية تشنجات عضلية		5
تصلب عضلات اليد، مع إمكانية الإفلات		7.5
ازدياد التشنجات العضلية، وصعوبة الإفلات		10 - 15
تشنجات قاسية، تمتد لتشمل منطقة الصدر		25 - 30
ازدياد ضغط الدم، وعدم انتظام دقات القلب	خطر	30 - 50
اضطراب عمل جهاز التنفس، مع فقدان الوعي		50 - 60
انقباض عضلة القلب		60 - 75

إن حدوث الرجفان البطيني يعني عجز القلب عن ضخ الدم، فإذا لم تتم إزالته، عن طريق جهاز الصدمة الكهربائية للقلب، خلال دقائق قليلة فإن النتيجة هي الموت.

يبين الجدول التالي المستويات المختلفة لتأثير شدّة التيار الكهربائي ذي التردد 50 هرتز:
بصورة عامة، قد يحصل اضطراب في نبض وتنفس المصاب ويبقى الأمل كبيراً في إنقاذه إذا توفرت الإسعافات الفورية اللازمة، كالتنفس الصناعي وغيره، لذا فإن الطبيب وحده يستطيع تأكيد حصول الوفاة.
إن معظم حالات الوفاة بالصعقة الكهربائية ناتجة عن تقلص بطين القلب، مما ينتج عنه منع عمل القلب كمضخة للدم، يتبع ذلك الوفاة بسبب نقص إمدادات الأكسجين للمخ.

- **تأثير نوعية التيار الكهربائي على جسم الإنسان:**

- تأثير التيار الكهربائي (الجهد المنخفض أو جهد التوزيع 400/230 فولت):
كلما طال زمن التعرض للصعقة الكهربائية كلما ارتفعت درجة حرارة الجسم ونقصت مقاومته، وبالتالي ازداد تلقائياً التيار المار فيه. وقد يحدث اضطراب في نبض وتنفس المصاب مما يوهم من حوله أنه فارق الحياة.
لذا يجب عرض المصاب على طبيب لتأكيد الحالة، كما يجب سرعة تقديم الإسعافات الأولية الفورية اللازمة كالتنفس الصناعي وغيره.
تبين الجداول الثلاثة تدرج الإصابة مع ارتفاع قيمة التيار المار وهي كذلك تتناسب مع ازدياد زمن التعرض للصدمة.

أقل مسافة مسموحة
بين أقرب نقطة حية للشبكة الكهربائية
و أقصى نقطة يصلها أي جزء من العامل أو معداته

الفولتية المقررة بين الأطوار (الفازات) (كيلو فولت)	أدنى مسافة (سم)
لغاية – 6.6	60
11 – 6.6	65
11– 33	70
33 – 66	80
66 – 132	125
132 – 275	275
275 – 375	350

-تأثير التيار الكهربائي (فولتيات عالية /بالكيلو فولت) على جسم الإنسان:
تتم معظم حوادث التكهرب قبل لمس المصاب لموصلات التيار بسبب حصول قوس كهربائي مع جسمه تؤدي لرد فعل عضلي شديد تبعده عن مصدر التكهرب.وفي معظم الحالات تؤدي لحروق داخلية خطيرة.
-فولتيات مستمرة ﴿تيار مستمر، ثابت الاتجاه﴾:

- **بسبب مرور التيار ترتفع حرارة الأحشاء وتؤدي لحروق داخلية تتناسب مع مستوى الفولتية.**

- **الفولتيات المستمرة العالية تؤدي إلى تحلل دم المصاب وبالتالي توقف تزويد الأكسجين للأعضاء.**

ـخطر الاقتراب من الشبكات الكهربائية الحية:

إن خطر الاقتراب من الشبكات ﴿سواء خطر الصعقة الكهربائية على الإنسان أو خطر القوس الكهربائي المؤدي لحريق﴾ يزداد بازدياد الفولتية. كلما ازدادت الفولتية ازدادت مسافة الأمان المطلوبة.

- **مدة سريان التيار في الجسم:**

تزداد خطورة حالة المصاب كلما طال زمن مرور التيار الكهربائي في جسمه، لما يسببه هذا التيار من حروق وإتلاف للخلايا العصبية، وقد يسبب شلل الرئتين أو عضلة القلب وتحصل الوفاة بسبب ذلك.

لذا يجب فصل مصدر التيار عن المصاب فوراً.

كما تتعلق مقاومة جلد الإنسان بزمن تأثير التيار الكهربائي المار به، فهي عالية في البداية وتتناقص مع مرور الزمن. يؤدي مرور التيار لارتفاع حرارة الجلد وتعرّقه وتأينه، مما يؤدي لحرق الجلد وانخفاض مقاومته.

تلاحظ هذه الظاهرة في شبكات الجهد المنخفض، أما في شبكات الجهد المتوسط أو العالي فإن معظم الحوادث تتم قبل لمس المصاب لموصلات التيار، حيث يقع المصاب تحت الجهد نتيجة التفريغ وظهور القوس الكهربائي.

تؤدي ردود الفعل الانعكاسية (نتيجة تأثر المراكز العصبية) لدى المصاب إلى إبعاده فوراً، مما يخمد القوس الكهربائي، والنتيجة حروق خطيرة قد تؤدي للوفاة.

لا يوجد قانون محدد يربط بين زمن دوام الصعقة الكهربائية وبين قيمة الحد الأدنى للتيار المؤدي إلى حدوث التقلص ومن ثم الوفاة، إن ذلك يرجع إلى أن التجارب المخبرية على الإنسان تشكل خطراً على حياته.

هذا بالإضافة إلى الاختلاف الكبير في مدى تأثر الأشخاص بالصعقات الكهربائية، وبالتالي استحالة توقع أو تحديد تيار الصعقة القاتل قبل الحادث، وكذلك استحالة معرفة قيمته لاحقاً.

إن قيمة تيار القبض وقيمة التيار القاتل لا تفيد كثيراً في تجنب الحوادث أو في معرفة سبب الحادث بعد وقوعه، رغم أن هاتين القيمتين تفيدان في ضبط عمل أجهزة الحماية.

- **التعامل مع الصعقة الكهربائية**

- التأكد من الوصول الآمن إلى المصاب.
-مطلوب التصرف الفوري، التأخير مميت، إن الفترة التي يمكن فيها إنقاذ حياة المصاب قصيرة، مما يتطلب السرعة القصوى.
-إبعاد المصاب عن التلامس مع الكهرباء، وذلك بفصل مصدر التيار الكهربائي فوراً، وذلك عن طريق فصل المفتاح الكهربائي الرئيس، أو من أقرب مكان ممكن، أو بنزع القابس ﴿الفيش﴾ أو نزع الكيبل..
-إذا لم يكن ذلك ممكناً، يتم الوقوف على سطح عازل ﴿مثل: مطاط، خشب جاف، طوب جاف، جرائد مطوية وسميكة، كتب﴾ ومحاولة دفع أو سحب المصاب حتى يتخلص من التلامس، وذلك باستخدام مواد عازلة مثل عصا مكنسة طويلة جافة.
-تجنب لمس المصاب بأيد عارية طالما ظل قريباً أو ملامساً لمصدر الكهرباء، وعند الضرورة يتم استخدام قفازات عازلة، أو قطعة من القماش السميك الجاف أو الجلد كقفاز، وذلك حتى لا يصاب الشخص المنقذ أيضاً.
-إذا تخلص المصاب من مصدر الكهرباء، يتم وضعه بهدوء على الأرض. ويمدد على فراش مناسب.
-الانتباه إلى مكان وجود المصاب، فإذا كان على ارتفاع عالٍ فيلزم حمايته من السقوط.
-لا يترك المصاب وحده. البقاء معه حتى قدوم الإسعاف، مع ملاحظة وجود أية إصابات مصاحبة من كسور أو جروح والاهتمام بها ما أمكن ذلك.
-إذا توقف تنفسه أو قلبه: إجراء تنفس اصطناعي وتدليك خارجي للقلب.
-الاهتمام بالمصاب والعمل على إنقاذه مهما كانت حالته، لأنه قد يبدو طبيعياً لم يتأثر بالحادث، لكنه بعد بضعة دقائق قد يسقط مغمى عليه، مما يتطلب وضعه تحت المراقبة والإشراف الطبي وتقديم الأوكسجين له. تعتمد الاجراءات على حالته:
-إذا كان المصاب مختنقاً، أو كان تنفسه غير منتظم أو فقد وعيه أو توقف نبضه، يتوجب إجراء التنفس الصناعي فوراً بعد إزالة أي مادة غريبة من فمه، طقم أسنان أو سيجارة.
-إذا كان المصاب مستمراً في التنفس، تسهيل تنفسه بفتح ملابسه المحكمة.
-إذا تعذر على المصاب التنفس، يتم فوراً إجراء التنفس الاصطناعي له، ويحظر تركه بدون تنفس ولو للحظة.
-الاستمرار في التنفس الصناعي حتى لو بدا لنا أن المصاب قد مات، ريثما يحضر الطبيب ويقرر بنفسه استمرار أو إيقاف عملية التنفس الصناعي، أو يقرر حصول الوفاة.

-ينفذ التنفس الصناعي بالنفخ في فم المصاب بعد إغلاق أنفه بمعدل 10-15 نفخة في الدقيقة، حتى يعود التنفس إلى طبيعته.
-إذا لم يعد القلب إلى الخفقان، يتم تدليك القلب بضغط سريع متردد على القفص الصدري فوق القلب مباشرة، مع استمرار إجراء عملية التنفس الصناعي، والاستمرار في ذلك أثناء نقل المصاب إلى المستشفى.
-جعل حرارة المصاب طبيعية، وذلك بتدفئة المكان إذا كان يحس بالبرد أو يرتجف من الصعقة، كما يتم لف جسمه ببطانية لتدفئته، مع جعل رأسه منخفضاً عن قدميه. وإذا كان يشعر بضيق تنزع عنه الألبسة الضيقة وتؤمن له الراحة التامة.
-إذا كان المصاب فاقداً الوعي، يتوجب تهوية المكان بشكل جيد، مع مراقبة التنفس والنبض.
-إذا كان المصاب واعياً، يتم تهدئة روعه دون إعطائه أي طعام أو شراب.
-إذا كان المصاب جريحاً، يعالج الجرح بمطهّر.
-استدعاء الطبيب فوراً.
-يكون إنقاذ المصاب قد تم عندما يعود لون وجهه من الأصفر إلى اللون الوردي الفاتح، وبعد ظهور علامات الانتعاش عليه.
-إذا عاد إلى وعيه بعد الصعقة، يوضع في مكان مريح وهادئ ويغطى، مع المراقبة المستمرة لتنفسه، ولا يتابع العمل حتى يحضر الطبيب.
-حالة فقد الوعي (الإغماء) مع استمرار التنفس: يوضع على أرض مريحة، وتفك عنه الأحزمة والألبسة الضيقة، ويبعد عنه الأشخاص لتأمين الهدوء ويتاح له استنشاق هواء نقي، ويفضل تدليك جسمه، ورشّ وجهه بالماء أو تشميمه قطنه مبللة بالنشادر، ريثما يحضر الطبيب.
-بمجرد أن يُصبح المصاب في مأمن من التيار الكهربائي، يتم فحص سلامة مجرى التنفس، أي الفم والأنف والحلق من أي عائق أو شيء يمنعه من التنفس، كذلك التأكد من سلامة عملية التنفس عبر الإحساس بخروج هواء من الأنف أو الفم وبحركة الصدر، إضافة إلى التأكد من نبض قلبه عبر شرايين الرقبة أو المعصم.
-في حالة وجود حروق جلدية، تنزع أية ملابس تغطيها، وتسقى بماء بارد جار حتى يخف الألم فيها.
-إذا بدت عليه علامات الصعقة، من إغماء أو شحوب لون الجلد عن اللون الطبيعي، يوضع على الأرض مع إبقاء الرأس في مستوى أدنى من بقية الجسم مع رفع الساقين والفخذين إلى أعلى شيئاً يسيراً، كي يتم تزويد الدماغ بالدم، مع تغطيته بأغطية جافة كالبطانية أو غيرها.

-في حالة تعرض الشخص للموت الظاهري، فيجب محاولة إعادة إفاقته مهما استغرق ذلك من وقت. إذ يمكن تفادي تضرر القلب إذا تمت الإسعافات الأولية بصورة سليمة.
-إذا كان بحاجة إلى معالجة اختلاج عضلة القلب، يمكن معالجته بجهاز طبي مُعد خصيصا لهذا الغرض.
-يوضع المصاب في مكان ووضع مناسب للانتظار، لحين وصول الطبيب. وتتم تغطيته وطمأنته إذا كان في وعيه.
-تجنب وقوع المصاب تحت تأثير التيار الكهربائي مرة أخرى، لاسيما إذا كانت الأرض مبللة.
-أهمية فصل التيار الكهربائي عن المصاب:
ينبغي الإسراع بفصل التيار الكهربائي عن المصاب فوراً، وذلك عن طريق فصل المفتاح الكهربائي الرئيس، ومراعاة عدم لمس المصاب بيدين عاريتين طالما ظل ملامساً للتيار الكهربائي، وذلك حتى لا يصاب الشخص المنقذ أيضاً.
في الحالات التي يصعب فيها فصل التيار عن المصاب بالسرعة المطلوبة فمن الضروري العمل على ما يلي:

-المصاب متصل بجهد كهربائي منخفض (أقل من 1000 فولت):
تستخدم وسائل عزل جافة كالأخشاب والحبال والثياب، لفصل المصاب عن الأجزاء الحاملة للتيار، وتجنب استخدام أدوات معدنية أو أدوات رطبة. وينصح بالابتعاد عن الأجسام المعدنية المحيطة بالمصاب لأنها موصل للتيار.
بعد قيام المنقذ بلبس قفازات عازلة سميكة وغير مثقوبة، أو تغطية يديه بأية أقمشة سميكة غير مبتلة، يقوم بشد المصاب من ملابسه بعيداً عن السلك.
ينصح باستعمال يد واحدة أثناء الإنقاذ. ويراعى التالي:
- يتم فصل التيار عنه من القاطع الرئيس أو من أقرب مكان ممكن.
-إذا تعذر فصل التيار الكهربائي، يتم استخدام قفاز عازل أو لف اليد بقماش سميك جاف، ويتم سحب المصاب بعيداً.
-يمكن استخدام وسائل عزل جافة كالأخشاب والحبال والثياب، بهدف إبعاد المصاب عن الأجزاء الحاملة للتيار
-يمنع استخدام أدوات معدنية أو أدوات رطبة، وكذلك الابتعاد عن الأجسام المعدنية المحيطة بالمصاب لأنها ناقل جيد للكهرباء.

-في حالة تعذر فك أصابع المصاب عن السلك بسبب تقلص عضلاته أثناء مرور التيار بها، يوضع لوح خشبي عازل تحت قدمي المصاب لعزله عن الأرض، بهدف منع اكتمال دائرة الصعقة الكهربائية عبر جسم المصاب إلى الأرض. يتم عمل ذلك بحذر وانتباه شديدين.
-يمكن للمنقذ (بهدف عزل نفسه عن الأرض) الوقوف على لوح من أية مادة عازلة وجافة أو لبس الأحذية العازلة.
-إذا كان المصاب متصلاً بجهد كهربائي متوسط أو عالٍ (شبكة عامة بجهد أكبر من 1000 فولت):
-استدعاء الدفاع المدني (الإسعاف) وشركة الكهرباء، حالاً.
-يتوجب استعمال وسائل العزل التي تتحمل تلك الجهود، سواء كانت قفازات أو أحذية مطاطية، مع استخدام عصا عازلة لإبعاد المصاب عن خطوط الفولتية العالية. كذلك عمل أرضي على خطوط الفولتية العالية، وذلك بربط طرف سلك التأريض بنقطة تأريض البرج أو العامود، ثم إلقاء طرفه الآخر على الفولتية العالية الملامسة للمصاب.
-في حالات خاصة جداً، يمكن استعمال عصا عازلة خاصة تناسب الجهد الكهربائي (إن توفرت في الموقع) لإبعاد المصاب، وذلك بحذر شديد ومن قبل أشخاص متخصصين.
-في مثل هذه الحالات قد يسقط المصاب على الأرض، لذا يجب اتخاذ احتياطات حتى لا تزداد الإصابة نتيجة لارتطامه بالأرض بسبب سقوطه.
-الانتباه إلى إمكانية بقاء خطوط الشبكة (أو الخط المفصول) مشحونة بجهد كهربائي خطير على حياة الإنسان، لذا من الضروري تأريض تلك الخطوط لتلافي الخطر.
-تجنب نزع الجلد المتهتك على الحرق، أو تمزيق الأكياس المائية عليه.
-تجنب وضع ثلج أو مرهم أو أدوية أو أغطية قطنية على الحروق، ما عدا الماء الجاري والبارد لتخفيف الألم.
-تجنب التحريك العشوائي لجسم المُصاب ما أمكن ذلك.

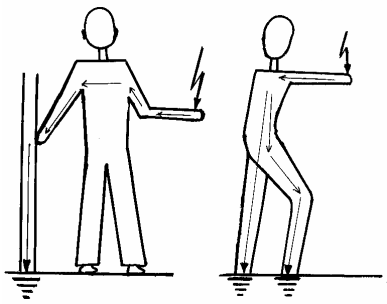
- **اكتمال دائرة التكهرب والصعقة الكهربائية:**

1. **اتصال الضحية بقطبين في ذات الوقت، يؤدى إلى تضرر أو احتراق الأعضاء الموجودة فيما بين نقطتي الاتصال.**
2. **إذا لمس الضحية بشكل عَرَضي سلكاً كهربائياً مكشوفاً، بينما يكون الجلد عارياً ومبللاً وفي حالة اتصال بالأرض، سيشكل دائرة مغلقة،**

وبذلك يمر التيار من خلال جسم الإنسان إلى الأرض. تسمي نقطتي اتصال الجسم بالموصلين تجاوزاً نقطتي الدخول الخروج.

من ناحية أخرى وعندما يكون مستوى الجهد الكهربائي كافياً لسريان تيار خلال المقاومة الكلية للدارة، تظهر خطورة الصعق الكهربائي على الشخص الذي يشكل جزءاً من دارة التكهرب هذه.

لما كان تكهرب الأشخاص يتطلب تماساً مع موصلين في نفس الوقت، تشكل الأرض الموصل المكمل لدائرة التكهرب عادةً.



تتواجد السطوح المؤرضة في كل مكان تقريباً (تمديدات مياه، أرض إسمنتية، الخ..) ويشكل كل من هذه السطوح نقطة الاتصال الثانية (المكملة للدائرة) مع الموصل الذي تمت ملامسته عرضياً.

إن جهد التغذية الكهربائي الموجود بين سلكي التغذية، موجود أيضاً بين سلك الطور والأرض.

لذا فإن أي شخص متصل بالأرض بأي شكل يكون قد حقق التماسين اللازمين لحدوث التكهرب، وأي اتصال له مع السلك الحامل للجهد أو أي امتداد له يكفي لإغلاق دارة التكهرب عبر جسمه.

يمكن أن يتم ذلك بجهاز كهربائي، بين أجزائه المعدنية وبين سلك التغذية الحامل للجهد اتصال نتيجة عطل أو خطأ، وبهذا فإن الأجزاء المعدنية المعرضة للمس في الأجهزة الكهربائية يمكن أن تشكل امتداداً للسلك الحامل للجهد نتيجة عطل أو خلل أو خطأ.

هناك قاسم مشترك بين معظم حوادث التكهرب تقريباً، أياً كان مكان حدوثها (في المنزل، في المشفى، أو في المصنع) وهو أن الضحية كانت على اتصال مع سطح مؤرض، وان عطلاً ما في جهاز كهربائي مغذى من شبكة التغذية أدى إلى تطبيق جهد التغذية عليه.

- **مسببات حوادث التكهرب (الصعقة الكهربائية):**
  - **عطل أو انهيار عازلية موصلات التجهيزات غير المؤرضة والتي قد يلمسها الشخص.**
  - **لمس الشخص بحركة إرادية أو عفوية موصل عاري (غير معزول) تحت الجهد، أي يمر في الموصل تيار كهربائي.**
  - **عند اقتراب شخص من جهد متوسط أو عالي أكثر من الحدود المسموحة.**
  - **عدم التقيد بمتطلبات السلامة والأمان بشكل عام.**

- **استخدام عوازل وموصلات كهربائية دون المستوى اللازم.**
- **الاستهتار بمخاطر التيار الكهربائي بحجة الخبرة الطويلة أو الشجاعة والجرأة.**
- **عبث الأطفال بالأسلاك الكهربائية أو عضّها، أو وضع قطع معدنية في الأجهزة الكهربائية أو مخارج التيار الكهربائي(المآخذ).**
- **ملامسة الأجهزة الكهربائية ذوات الأغلفة المعدنية كأغلفة المحركات أو المثاقب اليدوية، إذا كانت حاملة للجهد نتيجة لحدوث خلل أو عطب في عوازلها، ولم تكن مؤرضةً.**
- **إهمال تعليمات الأمن الصناعي بالعمل الذي يقوم به العامل، مما يؤدي إلى إصابته أو إصابة غيره في موقع العمل.**
- **نقص المعرفة والثقافة الكهربائية، أو توفر معلومات نظرية مغلوطة أو مفاهيم خاطئة عن الكهرباء، وهذا يؤدي إلى ارتكاب مخالفات قد تعرض صاحبها أو عمالاً آخرين في موقع العمل للأخطار أو الإصابات الكهربائية.**
- **عدم تنفيذ العمل بالمهارة والكفاءة المناسبة، بسبب قلة الخبرة أو التدريب، مما يؤدي إلى خسارة مادية أو بشرية تنتج من سوء التنفيذ.**
- **عدم إجراء الصيانة الدورية للآلات والمعدات.**
- **عدم استخدام معدات الوقاية الشخصية.**
- **الإصابة بالتفريغ الأرضي للبرق، الأمر الذي قد يؤثر على الجلد بدرجات متفاوتة وكذلك الأعضاء الداخلية في الجسم.**
- **السقوط على أو الاتصال بموصل أرضي أو معلّق، كأنبوب أو سلك مكهرب خارج المنزل.**
- **انهيار في العزل أو انفلات سلك يؤدي لاتصال موصل حامل للجهد بجزء معدني من جهاز، ليس الغرض منه أصلاً توصيل التيار الكهربائي.**
- **عبث أو خطأ أو عطل في كابل التغذية الخارجي للبناء.**
- **استعمال جهاز كهربائي بتغذيته مباشرة من الشبكة العامة دون استخدام الحمايات الكهربائية اللازمة.**
- **تتعرض كيبلات أو أسلاك توصيل الأجهزة التي توضع عادة على الأرض، للتقادم والعطب بسبب مرور المركبات والمعدات والعناصر الإنشائية فوقها، وبالتالي فإنها قد تصبح عارية، متسببة بذلك في وقوع حوادث للعامل نتيجة سريان التيار في جسمه عند ملامستها،**

إذا كان واقفاً على أرضية موصلة للتيار الكهربائي، أو ملامساً لأجزاء أخرى موصلة للتيار، أو ملامساً لمصادر المياه أو أي أجزاء متصلة بالأرض.

- تقطع وسقوط أسلاك الشبكات الكهربائية الهوائية، وقد تقع مثل هذه الحوادث عند العمل بأوناش مركبة على سيارات نقل مرتفعة بالقرب من هذه الخطوط العلوية، إذا تلامست أذرع الأوناش معها وكانت تحمل تياراً كهربائياً.

- الحروق الكهربائية الحرارية:

تختلف شدتها حيث يتفاوت الضرر الناتج عن الإصابة بالصعقة الكهربائية من حروق بسيطة تنشأ عن تيارات ضعيفة، إلى حروق شديدة تنشأ عن تيارات ذات جهد عالي والتي تؤدي إلى تدمير لطبقات الجلد. كما يتفاوت ضرر الصعقة من شخص لآخر من حيث صحته العامة ومقاومته الكهربائية. التي تتأثر أيضاً بمدى رطوبة الجلد.

-تحصل الحروق عادةً نتيجة ملامسة مصادر التيار الكهربائي، في نقطتي دخوله وخروجه. وهي أكثر أنواع أضرار الصعقات الكهربائية انتشاراً، إذ تظهر عند أغلب المتضررين بالتيار الكهربائي.

-لا تحدث ملامسة التيار الكهربائي الوفاة غالباً، لكنها تحدث أعراضاً خفيفة وقتية وبالأخص لو كانت اليد مبتلة، حيث يسبّب ألماً وحرقاً بسيطاً وإغماءً، ثم سقوط على الأرض. تزول هذه الأعراض غالباً بسرعة وبمجرد فصل التيار الكهربائي أو إزالة التلامس معه.

إلا أنه توجد ظروف تجعل هذا التيار خطراً ومميتاً، مثل ابتلال الأرض الواقف عليها الشخص ورطوبة الجو، كما في أيام المطر فإن ملامسة أسلاك عادية تحمل هذا القدر من التيار أو ملامسة أجسام معدنية تكون متصلة اتصالاً مباشراً بمثل هذه الأسلاك العادية قد تصعق الشخص وتميته في الحال، كحالة استناد شخص على بوابة أو سور حديد، يكون متصلاً بسلك عاري في أيام المطر لاتقاء السقوط، قد يصعق ويموت.

ينبغي عدم اليأس من حالة المريض في حالات الصعقة الكهربائية، إذ قد يكون المصاب بحالة تشبه الوفاة إلا أنه يمكن إنقاذه. لذا يجب المبادرة بفصل التيار الكهربائي عنه إما بواسطة القاطع الكهربائي، أو بإبعاد السلك عنه باستخدام جسم غير موصل للتيار، كعصاة خشبية أو بلف الملابس حول اليد ثم إبعاده بها، ثم نقل المصاب إلى موضع ملائم، وعمل التنفس الصناعي باستمرار إلى يعود

الشخص إلى حياته ويبدأ التنفس المنتظم، أو تظهر عليه علامات الموت الأكيدة مثل الزرقة الرمية أو التيبس الرمي.
ذلك لأن الصعقة التي تحصل أحياناً تكون عادة شديدة وعميقة، مما يحمل على الاعتقاد بحصول الوفاة، ويمكن الطبيب أن يدرّب بعض الموجودين على مساعدته في عمل التنفس الصناعي.
- يمكن تقسيم الحروق حسب ظروف حدوثها إلى الأقسام التالية:

1. **الحرق التياري أو التلامسي: وذلك عند مرور التيار مباشرة عبر جسم الإنسان عند ملامسته للأجزاء الموصلة للتيار، وذلك في المنشآت الكهربائية بجهد أقل من 1 كيلو فولت ويتمثل باحتراق الجلد والذي هو السطح الخارجي من الجسم.**
2. **الحرق القوسي: وذلك نتيجة لتأثير القوس الكهربائي على جسم الإنسان، ولكن بدون مرور التيار من خلال جسمه، وذلك في المنشآت الكهربائية ذات الجهد المنخفض 400/230 فولت أثناء حدوث دارات قصر مفاجئة، عند العمل تحت الجهد على الموصلات لدى إجراء القياسات بأجهزة متنقلة. كذلك عند الاقتراب من موصلات شبكات الجهد المتوسط أو العالي.**
3. **الحروق المختلطة: وذلك نتيجة لأثر العاملين السابقين معاً، أي مرور التيار وتأثير القوس الكهربائي، وذلك في المنشآت الكهربائية ذات الجهد الأعلى من 1 كيلو فولت. يث يظهر القوس الكهربائي بين الأجزاء الحاملة للجهد وبين الإنسان، ويؤدي التيار المار بجسم الإنسان (بضع أمبيرات) إلى وفاة المصاب غالباً.**
4. **الندبات الكهربائية: وهي بقع جلدية صغيرة لونها فضي أو أصفر، وشكلها دائري أو قطاعي، وذات لون غامق في مركزها، وأحياناً يكون شكلها مشابهاً لشكل الجزء الحامل للتيار الذي لامسه المصاب، هذه الندبات ليست ضارة وتشفى مع مرور الزمن بسقوط طبقات الجلد السطحية.**
5. **تمعدن الجلد: نتيجة احتراق الجلد بسبب ذرات المعدن المنصهر والمتطاير عند ظهور القوس الكهربائي، وذلك عند حدوث دارات القصر، وعند فتح أو إغلاق الفواصل والقواطع تحت الحمل.**

يظهر احمرار في الجلد نتيجة الحرارة التي ينقلها المعدن المنصهر، ويتهيج الجلد ويسبب الألم، ويشفى الجلد بسقوطها على مرور الزمن، أما عند إصابة العين فقد يفقد المصاب نظره.

6. حدوث حروق على طول مسار مرور التيار، تتناسب مع شدة التيار وزمن مروره، غالبا ما تكون الحروق الكهربائية على طول اتجاه مرور التيار المصاحب للمسار الأقل مقاومة (الأوعية الدموية والأعصاب). لما ازدادت شدة التيار ازداد خطر التعرض للحروق. والاتجاه الذي يمر به التيار داخل الجسم شيء أساسي لأن شدة الإصابة تعتمد على الأعضاء التي يمر من خلالها التيار.

- **التأثيرات الفيزيائية:**

تحدث التأثيرات الفيزيائية نتيجة التقلص الحاد وغير الإرادي للعضلات تحت تأثير التيار المار، مما يؤدي إلى تشققات في الجلد، وانفجار الشرايين وتمزق الأعصاب، وكسر العظام. إضافة إلى التهيج الذي يصيب الأنسجة الحية بسبب مرور التيار الكهربائي خلال جسم الإنسان، يترافق مع التقلص التشنجي غير الإرادي للعضلات وتصنف إلى:

أ. التقلص التشنجي للعضلات بدون فقدان الوعي.

ب. التقلص التشنجي للعضلات مع فقدان الوعي، مع المحافظة على التنفس وعلى عمل القلب.

ج. فقدان الوعي واختلال عمل القلب أو التنفس أو كلاهما.

د. الموت بتوقف التنفس والدورة الدموية، إذ أن الإنسان يبدأ بالشعور بصعوبة التنفس عندما تبلغ شدة التيار المار بجسمه 20-25 ميلي أمبير عند تردد 50 هرتز وتزداد الصعوبة مع زيادة شدة التيار.

عند استمرار تأثير التيار، يمكن أن يحدث الاختناق نتيجة نقص الأكسجين وزيادة غاز ثاني أكسيد الكربون داخل الأعضاء.

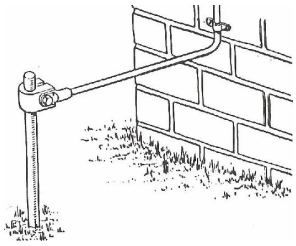
كما أن تأثير التيار الكهربائي على عضلة القلب يمكن أن يكون مباشراً عندما يمر التيار مباشرة في منطقة القلب، أو غير مباشر أي عبر الجملة العصبية المركزية، عندما لا يمر التيار عبر منطقة القلب.

في كلا الحالتين يمكن أن يتوقف القلب، أو يرتجف بحيث يتوقف عن العمل كمضخة للدم. هذا وتتميز الإصابة الكهربائية برد فعل عصبي شديد بسبب التهييج القوي للتيار الكهربائي.
إضافة لذلك يمكن التعرض لخطر توقف المراكز العصبية، وذلك بعد توقف مرور التيار، ويظهر كفقدان الوعي الفوري، مما يؤدى إلى مشكلات في العضلات التنفسية أو توقفها عن العمل.

- **إجراءات الحماية من الصعقة الكهربائية:**

- التأريض

توصيل الأجسام الموصلة كهربائياً (والتي هي غير مخصصه لنقل التيار الكهربائي) مثل هياكل وأجسام الآلات والمحركات والحواجز الشبكية بالخط الأرضي، الذي هو الطريق ذو المقاومة الأقل الذي يسمح بمرور التيار الكهربائي إلى الأرض عند حدوث عطل كهربائي ناتج عن انهيار العازلية في الآلات والأجهزة الكهربائية.
يبين الشكل توصيلة الوتد الأرضي:
- عندما يكون النظام الكهربائي مؤرضاً (ذا مرجعية أرضية) فإنه لسبب أو لآخر عندما تسري تيارات من السلك الحامل للجهد (الطور) في جهاز كهربائي، إلى أجزائه المعدنية (هيكله وصندوقه)، فإن هذه الأجزاء المعدنية ستحمل جهداً وتصبح مصدر خطر لشخص يقف على الأرض، ما لم يكن الجهاز مؤرضاً، لكن هذه التيارات تسري مباشرة إلى الأرض بدون أن تسبب أي أذى لشخص يقف على الأرض ويلامس الأجزاء المعدنية للجهاز، لأن التيار سيسلك الطريق الأقل مقاومة، الذي هو سلك التأريض الموصول إلى شبكة الأرضي.



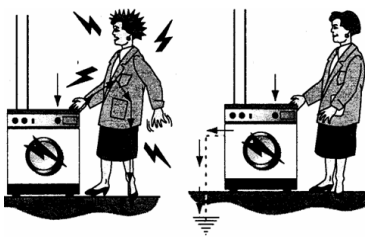
يعطي التأريض حماية فعالة بتكاليف بسيطة، إلا أنه في حال تعطله هو بذاته فإنه لا يعطي إنذاراً أو فصلاً للتيار الكهربائي عن الجهاز، حيث أن أعطال التأريض نادراً ما تكون ظاهرة للعيان.
عندما يحدث انقطاع في سلك التأريض أو في توصيلاته (وهذا هو الأكثر شيوعاً)، أو عندما لا يكون هناك تأريض أصلاً، فإن الجهاز المفروض تأريضه لا يتأثر بذلك ويستمر في العمل بشكل عادي، وكأن شيئاً لم يكن بالرغم من أن نظام حمايته (التأريض) لم يعد موجوداً.
هذا وإن استخدام ما يسمى بالملائمة (أو النقاصة من الثنائي المخارج إلى الثلاثي المخارج)، هو من أكثر الأساليب الخاطئة شيوعاً في محاربة نظام

الحماية بالتأريض، فهذه الأداة تسمح بوضع مأخذ ثلاثي (أي تابع لجهاز واجب تأريض)، في مآخذ ثنائي بدون تأريض.
يبقى هناك الأمل الضعيف في أن يوصل طرف أو سلك التأريض المتدلي من بعض أنواع هذه النقاصات إلى جسم مؤرض (كأنابيب المياه مثلاً).
تتضمن إجراءات السلامة في غرف العمليات في المشافي تأريضاً للمريض والأجهزة الطبية، وكذلك الطاقم الطبي العامل ضمن غرف العمليات.
هذا النوع من التأريض ليس له علاقة بالحماية ضد التكهرب، إنما للحماية من تفريغ الكهرباء الساكنة التي يمكن أن تؤدي إلى حصول انفجار أو حريق في حالة استخدام غازات تخدير أو مواد تعقيم قابلة للاشتعال، وبالتالي تلافي نشوء أية شرارة كهربائية نتيجة تراكم شحنات الكهرباء الساكنة الناتج عن الاحتكاك المترافق مع حركة الأشخاص.
إن القدرة اللازمة لإشعال مزيج قابل للاشتعال من الأكسجين وأبخرة التخدير تقدر بميكروجول واحد والقدرة الناتجة عن شرارة تفريغ الكهرباء الساكنة أكبر من ذلك بكثير.
إن تأريض الأشخاص هذا يؤمن تسريباً للشحنات قبل تراكمها بالقدر الذي يكفي لحدوث شرارة. حيث أن تأريض الطاقم الطبي يزيد من احتمالية تكهربه، لذا فإن دارات التأريض والمخصصة للحماية من نشوء شرارات الكهرباء الساكنة، تكون ذات مقاومة مرتفعة بالشكل الكافي بالنسبة لتيار الشبكة العامة المتناوب، وتسمح في الوقت ذاته للشحنات الكهربائية الساكنة بالتسرب وعدم التراكم بشكل يمكن أن يسبب شرارة.
تملك معظم المواد التي تتكون منها قشرة الأرض قدراً معتدلاً من التوصيل الكهربائي، ويحتوي الماء أملاحاً ذائبة تكوّن محلولاً كهربائياً موصلاً للكهرباء بدرجة جيدة.
يمكن للتيارات الكهربائية أن تمر في التربة إذا كان هناك فرق جهد بين نقاط مختلفة من سطح الأرض. كما يمكن معادلة أي فرق في الجهد، بحيث يكون كامل السطح متساوي الجهد (له الفولتية ذاتها عند كل النقاط).
يعتبر جهد الأرض قيمة مرجعية قيمتها صفراً، وعندما تكون المعدات الكهربائية والموصلات مؤرضة، هذا يعني عدم إمكانية حدوث فرق في الجهد بالنسبة للأرض.
يوفر التأريض حماية ضد الصعقة الكهربائية لأي شخص ملامس للأجزاء المعدنية المؤرضة، أما الشخص الذي يلامس جزءاً معدنياً مكهرباً غير مؤرض فيكون معرضاً لصعقة كهربائية.

يستخدم التأريض للحصول على حيز عديم المجال، أو مجال قيمته صفر، أي لا يوجد فيه مجال كهربائي قد يتسبب مثلاً في تشويش القياسات الكهربائية الدقيقة.
تغطى جدران المختبرات بشبكة سلكية أو بألواح معدنية، وكذلك الأبواب والشبابيك، فتصبح مترابطة كهربائياً ومتصلة بالأرض، وتكون الغرفة محاطة بسطوح متساوية الجهد لكافة نقاطها.
تحمل الموصلات الحية لأجزاء المنظومة الكهربائية عادةً جهداً كهربائياً خلال عملها الاعتيادي، أما الأجزاء المعدنية الأخرى كهياكل وحاويات الأجهزة الكهربائية فهي لا تحمل جهداً، لكنها يمكن أن تحمل جهداً عند حدوث عطل كهربائي، مما يعرض المنشآت والعاملين إلى الخطر، ما لم يتم اتخاذ إجراءات وقائية من بينها توصيل تلك الأجزاء بالشبكة الأرضية.
الهدف من التأريض هو تفريغ التيار الكهربائي إلى الأرض عبر مسار سهل عند حدوث تسرب كهربائي إلى الهيكل المعدني للأجهزة الكهربائية.
يهدف كذلك إلى الحماية من الصعقات الكهربائية والحرائق، وبالتالي فهو اتصال كهربائي متعمد بين جسم الجهاز الكهربائي أو شبكة الأجهزة من جهة وكتلة الأرض من جهة أخرى.
تعرّف شبكة التأريض بأنها مجموعة الموصلات التي يتم بواسطتها إيجاد اتصال كهربائي بين الأجزاء والهياكل المعدنية المكشوفة وبين كتلة الأرض، عبر مجموعة من الموصلات والأوتاد التي تغرز في الأرض، بحيث توفر تلامساً جيداً وبأقل مقاومة ممكنة مع التربة المحيطة بها.
لذا يمكن تشبيه الأرضي بطوق النجاة أو مظلة الهبوط، حيث تقدر قيمتهما عند الحاجة فقط. إن التأريض مطلوب لتوفير السلامة للمنظومة الكهربائية وللعاملين في المنشأة.

- **فائدة التأريض الكهربائي الوقائي:**

ـ حماية الأفراد من خطر الصعق الكهربائي الناتج عن ضعف العازلية أو انهيارها.
ـ الوقاية من خطر التفريغ الكهربائي.
ـ حماية المعدات من أضرار التغيرات المفاجئة في الجهد.
ـ تأمين التشغيل الطبيعي للمعدات والمنظومات الكهربائية.



يمكن الحصول على أرضي مناسب للأبنية باستخدام أوتاد معدنية تدفن في التربة لغرض تحقيق تماس مع كتلة الأرض.

تتوفر الأوتاد على شكل مقاطع يمكن ربطها ببعضها لغرض الحصول على وتد بالطول المطلوب.
تغرز الأوتاد في الأرض بواسطة الدق للوصول إلى طبقات الأرض ذات المقاومة النوعية المنخفضة والمستقرة بهدف لحصول على مقاومة أرضي منخفضة.
يستخدم غالبا عدة أوتاد تربط ببعضها على التوازي بواسطة موصلات أرضية لتكوين شبكة تأريض، حيث تربط كافة المعدات الكهربائية والهياكل المعدنية بها.
يتم استخدام عدد كبير من الأوتاد الأرضية للحصول على مقاومة أرضي منخفضة إذا ما كانت التربة ذات مقاومة نوعية عالية، هذا يعني كلفة عالية. لذا ينبغي حساب أعلى قيمة مقاومة يسمح بها على أساس المقاومة الكلية لدائرة العطل الأرضي، التي تسمح بمرور تيار عطل كافي لتشغيل جهاز الحماية (منصهرة، قاطع،...) لفصل الدائرة الكهربائية المعطوبة.
- أسس تصميم شبكة التأريض:
1. **تقليل فرق الجهد بين الأجزاء المعدنية المكشوفة المتجاورة وبين الأرض، وكذلك بين بعضها البعض، وذلك بربط موصل تساوي الجهد بين الأجزاء المعدنية المتجاورة. وكذلك ربطها بشبكة تأريض بمقاومة كهربائية منخفضة قدر الإمكان. حيث يؤدي ذلك إلى تقليل جهد التماس وكذلك جهد الخطوة، وبالتالي إلى حماية الأشخاص من الصعقات الكهربائية.**
2. **تقليل ممانعة منظومة التأريض: باستخدام موصلات للشبكة الأرضية بقياسات مناسبة، إضافة إلى اختيار الأوتاد المدفونة في التربة وأعدادها وأعماق ومناطق دفنها، بحيث توفر أقل مقاومة ممكنة إلى كتلة الأرض.**

أن تقليل ممانعة دائرة العطل الأرضي تؤدي إلى سريان تيارات عالية عبرها عند حدوث أعطال أرضية. يؤدي ذلك إلى سرعة تحسس وعمل أجهزة الحماية الكهربائية، وبالتالي فصل التيار عن الجزء المعطوب، أي عزله عن الأجزاء السليمة من الدائرة الكهربائية، خلال وقت قصير، حيث أن زمن الفصل يتناسب عكسيا مع قيمة تيار العطل الأرضي.
توفر شبكة التأريض بذلك الحماية الكافية من الأعطال والحرائق وحماية الأشخاص من خطر الصعقة الكهربائية.
- تتضمن مقاومة المنظومة الأرضية الأجزاء التالية:
1. **مقاومة الموصلات التي تربط مختلف التجهيزات بالأوتاد الأرضية.**
2. **مقاومة الوتد المعدني.**
3. **مقاومة التلامس بين الوتد والأرض.**

4. مقاومة التربة، وهي المقاومة التي تظهرها التربة لسريان التيار خلالها، ابتداء من السطح الخارجي لوتد التأريض متجهة إلى الخارج، وحتى اللانهاية (نظرياً).

يمثل العاملان الأول والثاني نسبة ضئيلة من مقاومة التأريض، في حين أن عامل مقاومة التربة فهو الأكثر تأثيراً في تحديد قيمة مقاومة منظومة التأريض كاملةً.

- العزل الكهربائي:

عزل الأجزاء المكهربة عن جسم الجهاز الخارجي أو يد المستخدم، إن مقاومة العزل هي المقياس الأساس لمدى قدرة العزل على الوقاية من الصعقة الكهربائية والتي قد تتأثر نتيجة لأحد العوامل آلاتية:

- ✓ **الحرارة الناتجة عن التشغيل**
- ✓ **الجهود العالية**
- ✓ **الغبار**

- العزل المضاعف: تصنع الأجهزة الكهربائية بحيث أن كل السطوح التي يمكن لمسها تكون مصنوعة من مواد عازلة، أو أن كل أجزاء الجهاز الحاملة للجهد تكون معزولة عزلاً إضافيا مضاعفاً. تستثنى أجهزة هذا الصنف من التأريض، وبذلك فإن كيبل تغذية ثنائي الأسلاك يكفي لمثل هذه الأجهزة.

- الحماية بواسطة التغذية بجهد منخفض:

عندما تكون الأجهزة الكهربائية مصممة لتغذي وتعمل بجهد أصغر أو يساوي 50 فولت، فإنه يسمح لمثل هذه الأجهزة بأن تشغل بدون تأريض، إن الفكرة التي يستند إليها هذا النوع من الحماية تكمن في أنه عند حدوث عطل وتحمل السطوح المعدنية جهد التغذية المذكور، فإن ملامسة شخص لهذه السطوح لن تؤدي إلى سريان تيارات ذات خطر فيزيولوجي عليه.

كما أنه في حالة تم التزويد بجهد التشغيل المذكور أعلاه عن طريق محولات ملفها الأولي مغذي بجهد الشبكة (230 فولت) فإنه يجب المحافظة على بقاء الملفين الأولي والثانوي للمحول منفصلين كهربائياً عن بعضهما، بمعنى أنه ليس هناك اتصال سلكي موصل بين الملفين.

- القاطع التفاضلي (قاطع التيار المتبقي، أو الحماية من التسرب الأرضي):

نظراً لأن تنفيذ نظام تأريض ذي مقاومة صغيرة يكلف مبالغ عالية فإنه يمكن القبول بنظام تأريض بمقاومة عالية نسبياً مع استخدام قاطع التسريب الأرضي،

الذي يعمل على حماية الأشخاص من خطر الصعقة الكهربائية ويفصل التيار عند حصول أي خطر سواء قبل ملامسة الشخص للجسم المعدني المكهرب أو بعده.
يعتمد مبدأ عمل قاطع التسريب الأرضي على قياس التيار الداخل إلى التمديدات أو التجهيزات والتيار الراجع منها (والذي يفترض تعادلهما في القاطع)، فإذا حصل اختلاف بينهما، دل على وجود تسريب غير مسموح. إذا وصل قيمة تيار التسريب لمستوى يضر بالإنسان فصل القاطع فوراً. وقد تم اعتماد القيمة 30 ميللي أمبير عالمياً لهذه الغاية.
إن استخدام القاطع التفاضلي إجراء آخر ومهم من إجراءات السلامة والأمان، إلا أن هذا النوع من الإجراءات لم يستخدم في البداية لحماية الأشخاص وإنما لحماية التجهيزات ذات التيار العالي، وذلك لأن التيارات العالية يمكنها تشغيل جهاز قطع الدائرة الالكتروميكانيكي الكبير نسبياً.
مع اختراع الترانزستور والتطور والتقدم في مجال الالكترونيات والتضخيم الإلكتروني، فقد سمحت الإمكانيات بتطوير أجهزة تعمل على مبدأ عمل الجهاز الالكتروميكانيكي ذاته.
جمعت هذه الأجهزة المتطورة بين الحساسية العالية وصغر الحجم وأصبحت ملائمة للاستخدام في دارات الاستهلاك الفرعية ذات التيارات الصغيرة (15 و20 و30 أمبير) ولتقديم الحماية للأشخاص أكثر من حماية الدارات. يمكن تركيب قواطع الحماية ضد التسرب الأرضي (القاطع التفاضلي) كالتالي:
- تركيبه على المدخل الرئيس للوحة التوزيع وفي هذه الحالة تكون حمايته شاملة لجميع الدوائر، لكن مساوئ هذه الطريقة هو التسبب في فصل التيار الكهربائي عن كامل اللوحة في حالة حصول تسرب للأرض من وحدة إنارة مثلاً.
-أن يكون هناك لوحتان متجاورتان إحداهما للإنارة والأخرى للأجهزة، بحيث تغذى لوحة الأجهزة من القاطع التفاضلي.
-استخدام القاطع التفاضلي لحماية جهاز معين فقط كغسالة مثلاً، ويتم ذلك بتوصيلة قبل المأخذ الكهربائي (الإبريز) المعني. كما يمكن أن يستخدم لحماية جزء من سكن أو مبنى أو غرف معينة .
إن مبدأ عمل هذا القاطع هو مراقبة ومقارنة مستمرتين للتيار في كل من السلكيين الطور (الفاز) والحيادي (النيوترال)، وعند وجود فرق يتجاوز 30 ميلي أمبير فإن ذلك سيؤدي إلى شغيل القاطع وفصل الدائرة لحظياً.

- نظام الطاقة الكهربائية المعزولة ومحول العزل:
تقوم المحولات (بشكل عام) بتحويل الطاقة الكهربائية دون أن يكون هناك اتصال سلكي مباشر بين ملفيها (فالاتصال بين الملفين هو مغناطيسي). هذا

يعني أنه على الرغم من كون الملف الأولي لمحول ما مؤرضاً (ينتمي إلى نظام كهربائي مؤرض) فإن الطاقة التي تستجر من الملف الثانوي لا تحتاج بالضرورة أن تكون مؤرضة أو ذات مرجعية أرضية. إن جهد الملف الثانوي يمكن أن يختلف أو لا يختلف عن الجهد المطبق على الملف الأولي.

إذا لم يكن أحد طرفي الملف الثانوي متصلاً بالأرض، فإنه لا يمكن لأية دائرة مربوطة إلى خرج المحول أن تكتمل عن طريق الأرض، لأن تيارها ليس له "مرجعية" أرضية ولا "يسعى" إلى الأرض.

تسمى هذه الدائرة "دائرة معزولة" عن الأرض، كما يسمى المحول المصمم خصيصاً لهذه الغاية "محول عزل". فإذا حصل عطل ما في جهاز كهربائي مغذي من دائرة معزولة، أدى إلى وجود مسرى موصل للتيار بين شخص مؤرض

ويلامس الجهاز وبين احد طرفي خرج محول العزل، فلن يكون هنالك خطر التكهرب، حيث أنه يلمس نقطتين من منبعي جهد مختلفين (الأرضي من دائرة الملف الأولي وسلك التغذية من دائرة الملف الثانوي) وبذلك لا يتم إغلاق أية دائرة كهربائية.

تعتبر المشافي المجال الرئيس لاستخدام نظام الطاقة المعزولة، خصوصاً في غرف العمليات. ذلك أن استمرارية التغذية الكهربائية للإضاءة وللأجهزة الداعمة للحياة أمر واضح الأهمية في غرف العمليات، فالدارات المعزولة تؤمن حماية ضد التكهرب وكذلك الحماية من بعض الأخطاء والأعطال.

إن ربط جهاز به عطل أرضي إلى نظام كهربائي مؤرض يمكن أن يؤدي إلى فصل التيار الكهربائي كاملاً عن غرفة العمليات، نتيجة عمل قواطع الحماية ضد زيادة التيار.

أما في حالة النظام المعزول فإن نتيجة ذلك ستكون فقط إنذاراً يصدره مرقاب العازلية للجهاز.

بالإضافة لاستخدام نظام التغذية الكهربائية المعزولة، إلا أنه يفضل تأريض الأجهزة المغذاة منه، وذلك للسببين التاليين:

1. إن تأريض الجهاز الكهربائي يسهل عمل مرقاب العازلية، حيث أنه إذا لم يكن الجهاز مؤرضاً فإن المرقاب لن يشير إلى أي تناقض جوهري في العازلية عند حدوث تماس بين أحد سلكي التغذية والسطح المعدني للجهاز. أما إذا كان هذا السطح مؤرضاً فإن المرقاب سيظهر سريعاً هذا التماس على شكل تناقض كبير في العازلية وسيطلق إنذارا.

2. إن عزل الأجهزة قد لا يكون تاماً، في هذه الحالة فإن تأريض الجهاز يمثل وسيلة حماية إضافية، إضافة إلى أن هذه الأجهزة الكهربائية قد تنقل إلى مكان

آخر في المشفى، ويجب أن تعمل بشكل آمن سواء غذيت من نظام كهربائي مؤرض أم معزول، وبالإضافة إلى ذلك فإن هناك أجهزة يفيد فيها التأريض للتقليل من التشويش التداخلي فيها.

- **حرائق غرف العمليات في المستشفيات**

- مسببات حرائق غرف العمليات:

حتى يتم تفاعل الحريق لا بد من توفر ثلاثة عناصر هي: الوقود والأكسجين (عنصر مؤكسد) والحرارة (مصدر إشعال). وهو ما يعرف بمثلث الاشتعال. في غرف العمليات تتوفر جميعها. لذا فإن أي خطأ أو سوء تنسيق بين فريق العمل يمكن أن يؤدي إلى كارثة.

يعتبر خطر الحريق ملازماً لأية عملية جراحية سواء بغرفة العمليات أو عيادة الطبيب أو الرعاية السريرية للمريض، ويشمل الخطر المريض والفريق الطبي وكذلك الأجهزة الطبية وغيرها.

ينشأ الحريق في غرف العمليات عند تشغيل أدوات جراحة أو أدوات كيّ كهربائية، في جو مشبع بالأكسجين ضمن مواد محيطة قابلة للاشتعال، فيمكن مثلاً حصول شعلة بالإسفنجة المستعملة للتجفيف أو إشعال طرف الشرشف (غطاء المريض). مما قد ينجم عن الحريق حروقاً متفاوتة الشدة للمريض، تتضمن الوجه، الرقبة، الصدر، وكذلك الفخذ.

- **تتجمع الأبخرة المخدرة في غرف العمليات بشكل عام.**
- **يمكن أن تتولد الشحنات الكهربائية الساكنة عند نزع الأغطية المطاطية أو البطانيات ضمن الغرفة. كما أن حركة الأشخاص ضمن الغرفة سواء تنقلهم أو جلوسهم على المقاعد المكسوة بالمطاط سيؤدي لتوليد الشحنات الكهربائية على أجسامهم. أي تفريغ لهذه الشحنات سيشكل خطورة لوجود أبخرة سريعة الاشتعال.**

ـجسم الإنسان:

إن جسم الإنسان مراكم جيد للكهرباء الساكنة ويسهل شحنه... لذا فإنه يتعرض للخطورة في الأماكن التي تحتوي أبخرة أو غازات قابلة للاشتعال وخصوصاً في الجو الجاف.

- زيد من خطر الحريق في غرفة العمليات تعدد الأشخاص العاملين بوقت واحد:

- **الجراح: يوفر الحرارة (مصدر الإشعال)**
- **طبيب التخدير: يوفر المادة المؤكسدة**
- **التمريض: يوفر المواد القابلة للاشتعال**

وقد تتداخل أدوار فريق العمل من حيث مشاركتهم بمثلث الاشتعال.

إن عناصر مثلث الاشتعال المتوفرة في غرفة العمليات هي:

أ-وقـود:

أغطيـة وشراشـف طبيـة – ملابـس وأثـواب طبيـة- إسفنج- غازات التخدير- أقنعة وجه – أدوات وأنابيب التـنفس الإضـافي – فـوط ومحـارم-مناشـف- غطـاء الأسـرّة- فرشـات- مـواد مطهـرة يمـسح بهـا جـسم الإنسان- أنسجة جسم الإنسان- أبخرة المواد العضوية الكيماوية- شعر الإنسان -غازات المعدة الصادرة عن المـريض- غـازات الهيـدروجين والميثـان التـي تنتجهـا البكتيريا- ومواد أخرى.

إن هذه المواد لا تشتعل بسهولة في جو الغرفة العادي (21% أكسجين) أما في جو غرفة العمليات حيث الأكسجين المرتفعة فإن اشتعالها يصبح سهلا وسريعا. فمثلا بلاستيك أنابيب التنفس يشتعل بسهولة في جو 26% أكسجين. كما أن شـعر جـسم الإنـسان يـشتعل بـسرعة فـي الجـو المـشبع بالأكـسجين (50% أكسجين).

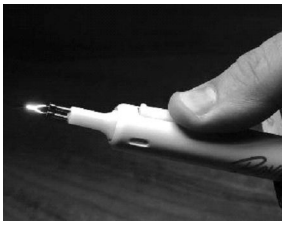
ب-مادة مؤكسدة:

جـو الغرفـة الغنـي بالأكـسجين، إضـافة لأكاسـيد النيتـروجين N_2O، والهـواء الطبيعي، والهواء الطبي المضغوط.

حيث أن الأكسجين أثقل من الهواء فهو يتجمع في أماكن غير متوقعة مثل الفراغات المتشكلة تحت الأغطية والشراشف وبالذات في منطقة الرأس والرقبة. كما يتسرب الأكسجين عادةً من خلال فراغات بالشراشف (الأغطية) ليصل موقع الجراحة.

إن الحرائق في جو غني بالأكسجين تكون سريعة وأكثر سخونة، وتنتشر أسرع من تلك التي تحصل في جو طبيعي، وهذا هو سبب تفاقم الخطر في غرف العمليات.

ج-الحرارة (مصدر إشعال):



أجهزة الليزر ، أجهزة الكي أو الجراحة الكهربائية، مصابيح الإنارة الإضافية، جهاز الصدمة الكهربائية للقلب، التأريض الكهربائي، إضافة لخطر تفريغ الكهرباء الساكنة:

-أداة الكي الكهربائية : تعتمد على رفع حرارة سلك التسخين في مقدمتها والذي يلامس بدوره أنسجة الجسم بهدف القطع أو الوصل أو التئام الجرح أو غير ذلك.

-الأجهزة الطبية ذات الترددات العالية (الموجات القصيرة جداً):

أجهزة تولد أمواجاً كهرومغناطيسية ترددا تها عالية جداً (تصل 400 ميغا هرتز).

يتم تعريض أجزاء من جسم الإنسان لهذه الموجات (بوضعها بين قطبي هذه الأجهزة)، فتخترقها وتسخنها.

كما تستخدم أجهزة الجراحة الكهربائية بترددات بين 0.5-3 ميغا هرتز لأغراض القطع أو التخثير، باستخدام أقطاب خاصة تؤدي الغرض (سواء القطع أو التخثير) وتقلل الأثر التخريبي خارج المنطقة المستهدفة.

- فائدة التيارات ذات الترددات العالية:

- ✓ **أثر حراري كبير ناتجاً عن مقاومة النسج لها**
- ✓ **لا تسبب تنبيهاً للأعصاب والعضلات.**

-أداة الجراحة الكهربائية:

تعتمد تمرير تيار كهربائي من خلال أنسجة الجسم لمعالجتها باستخدام تيار ذي تردد عالي لا يسبب تقلص العضلات. وهي نوعان:

-أحادية القطب :

يكون دخول التيار إلى الجسم عبر قلم (قطب) يتحكم به الجراح في موقع الجراحة. أما خروج التيار فيكون عبر قطب عريض على شكل لصاقة تثبت على الجسم بمكان بعيد عن موقع الجراحة.

-ثنائية القطب:

تكون على شكل ملقط يمر بين طرفيه تيار كهربائي عبر النسيج المراد جراحته (تخثير أو دمج أو التئام أو قطع أورام أو غيرها).

- أداة جراحة الليزر: تعتمد إطلاق طاقة حرارية موجهة على شكل فوتونات إلى الهدف وهو المنطقة المعنية بالمعالجة، فنمتصها الخلايا وتتضرر بنسب مختلفة.

لذا تعتمد الجراحة بالليزر على عدة عيارات من حيث طول الموجه وفترة النبضة وقطر تركيز الأشعة وكذلك معدل التكرار. وإذا أعطيت جرعة أكثر من اللازم فقد تتضرر الأنسجة أو الجلد على شكل ندب أو قروح، ويمكن أن يسبب تغيير لونه أو بنيته.

- جهاز الصدمة الكهربائية للقلب:

- ✓ **يستعمل هذا الجهاز لإخراج القلب من حالة الانقباض العضلي.**
- ✓ **يتألف من مكثف كبير يتم شحنه عن طريق شاحن، يتم تفريغ شحنته بواسطة قطبين يوضعان على صدر المريض.**

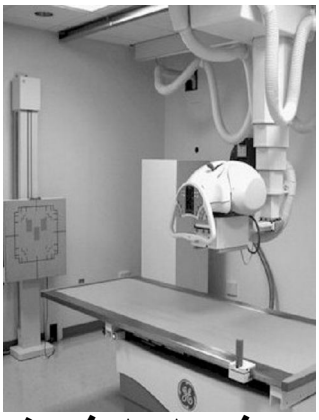
- ✓ **يصل الجهد الذي يولده آلاف الفولتات وتستغرق الصدمة 5 ميللي ثانية فقط.**
- **ضرورة الاهتمام بنظافة الأقطاب واستخدام المرهم الأيوني الناقل وضغط الأقطاب بشكل جيد على صدر المريض بهدف تخفيض مقاومة الأقطاب.**
- **يتم تطبيق الصدمة بتشغيل كبستين (على كل قطب كبسة) في آن واحد لغايات الأمان في التشغيل.**

- أجهزة الأمواج فوق الصوتية:

تعتمد الاهتزازات الميكانيكية عالية التردد (1-20 ميغا هرتز بينما الأذن البشرية يمكنها سماع لغاية 17 كيلو هرتز).

إن جعل خفقان قلب الجنين مسموعاً هو أن القلب المتحرك يعكس أمواج فوق الصوتية الموجه إليه مما يغير التردد المنعكس لهذه الموجات، ويقوم الجهاز بتحويل التردد إلى صوت مسموع (وبالتالي لا تؤثر تشويشات المحيط على نقاء الصوت).

-الأشعة السينية:



أمواج كهرومغناطيسية ذات ترددات عالية جداً تستطيع اختراق الجسم (حيث لا تستطيع الأمواج الضوئية المرئية اختراقه).
إن امتصاص الأجسام لهذه الأشعة يعتمد على نوع وسماكة الجسم لذا تستخدم الأشعة السينية بالتصوير.
ومن وجهة نظر الحريق... لا مخاطر تذكر.

- **مخاطر حاضنات الأطفال: تنطبق على حاضنات الأطفال محاذير العمل في غرف العمليات في المستشفيات، إضافة إلى حظر استخدام أية مواد مطهرة أو مواد تنظيف قابلة للاشتعال. بل تستخدم مواد خاصة غير قابلة للاشتعال، وذلك بسبب الجو المشبع بالأكسجين ضمن الحاضنة، إضافة لتوفر مصدر حراري دائم هو جهاز التسخين الذي يحافظ على حرارة المولود حديث الولادة (الخدّج)، إضافة لمصباح الإنارة الخاص بالحاضنة.**

- الكهرباء الساكنة:
إن المنسوجات المصنوعة من خيوط صناعية كالنايلون والبولستر وغيرها تشحن كهربائياً بالاحتكاك، يتبعه نشوء جهود كهربائية ساكنة عالية، وتفريغ على شكل انفراغات وميضية، قد يؤدي إلى انفجارات أو حرائق.
عندما يلمس الإنسان جسماً مشحوناً بكهرباء ساكنة، ويكون في الوقت ذاته متصلاً بشكل أو بآخر بالأرض، فإنه يتلقى صدمة كهربائية، وأيضاً إذا كان هو نفسه مشحوناً ولامس جسماً مؤرضاً.
-التأريض الكهربائي:
عندما يكون المريض مربوطاً إلى جهاز سيء التأريض ويقوم بملامسة شخص ما يلامس بدوره جسماً مؤرضاً كسرير أو غيره، فإن ذلك يشكل أيضاً خطورة. حيث يمكن أن يسري تيار من الجهاز سيء التأريض إلى المريض وعبر الشخص المجاور إلى السرير إلى الأرض، قد يكون التيار مميتاً تحت ظروف معينة، كما تشكل شرارة التفريغ البسيطة خطر الحريق إذا كان الجو المحيط قابلاً للاشتعال.

- **الوقاية من حرائق غرف العمليات:**

ضرورة تثقيف فريق الجراحة كاملا (الجراحين-التخدير-التمريض-الفنيين ..) بالخطر المحيط بهم، والإلمام المسبق بقابلية الاشتعال للمواد التي يتعاملون معها مثل الأصبغة والمحاليل والألبسة المستخدمة خلال الجراحة، والحذر من إمكانية اشتعال أبخرة هذه المواد.

تتم الوقاية من الحرائق بإضعاف عناصر الاشتعال: الوقود-الأكسجين الحرارة:

أ- الوقود:

- ✓ **تغطية شعر المريض (خصوصاً شعر الرأس والذقن والشارب) بالقرب من موقع الجراحة. وذلك باستخدام هلام (دهون) غير قابل للاشتعال.**
- ✓ **تغطية عيون المريض بقماش مبلل بكلوريد الصوديوم**
- ✓ **تجنب التنظيف بمواد قابلة للاشتعال**
- ✓ **استخدام شراشف وأغطية مسامية (بها ثقوب) لخفض خطر تجمع الأكسجين (أو أبخرة قابلة للاشتعال) ضمنه.**
- ✓ **استخدام أغطية وشراشف مقاومة للاشتعال، ما أمكن**
- ✓ **ترتيب وتنظيم المواد ضمن غرفة العمليات وبخاصة الشراشف والمحاليل القابلة للاشتعال.**
- ✓ **ترطيب متواصل لقطع الشاش والإسفنج المستخدمة في القصبات الهوائية لمنع تسرب الغازات.**
- ✓ **التخلص من قطع الشاش والإسفنج المستخدمة أولاً بأول بعيداً عن موقع الجراحة.**
- ✓ **إعادة ترتيب الأغطية والشراشف باستمرار لمنع تشكل فراغات ضمنها يمكن أن تمتلئ بالغازات.**
- ✓ **استخدام أنبوب الشفط (المضخة الماصة) أقرب ما يمكن من موقع تسرب غازات التنفس وذلك لمنع الغازات من التجمع، وخصوصاً خلال جراحة البلعوم**

ب-الأكسجين:

- ✓ **عدم السماح بتجمع الأكسجين ، أو أكسيد النيتروجين (N_2O) أو أية غازات أخرى تحت الأغطية (الشراشف) وخصوصاً حول الرأس أو الرقبة.**

- ✓ يفضل استخدام أغطية (أو شراشف) مسامية لمنع تشكل قنوات تمتلئ بالغازات تحتها.
- ✓ عدم استخدام الأكسجين بنسبة تزيد عن 50% إلا للضرورة وخصوصاً خلال جراحة الرأس أو الرقبة وعند استخدام الأنبوب الأنفي. ويمكن استخدام أكسجين بتركيز 30% إذا كان ذلك كافياً لطبيعة العملية.
- ✓ ضخ أكسجين بالكميات الضرورية فقط، لأنه كلما ازداد تفاقمت الخطورة.
- ✓ إيقاف ضخ الأكسجين لمدة دقيقة، إن أمكن، قبل البدء باستخدام أدوات الكي أو الجراحة الكهربائية أو جراحة الليزر، وذلك لعمليات الرأس أو الرقبة.

ج-الحرارة (مصدر الإشعال):

إن المصدر الرئيس للإشعال هو أدوات الكي والجراحة الكهربائية وأدوات الليزر وكذلك مصابيح الإنارة المساعدة، إضافة لتفريغ الكهرباء الساكنة والتأريض الكهربائي. لذا يراعى التالي:

-أولاً: ما يتعلق بالاستخدام:

- ✓ وضع قلم (قطب) الجراحة على الحمالة الخاصة به عندما لا يكون قيد الاستخدام
- ✓ تشغيل المعدات فقط عندما تكون بيد الجراح وتحت نظره المباشر.
- ✓ إطفاء المعدات قبل رفعها من موقع الجراحة
- ✓ عند استخدام مصدر أكسجين مفتوح يفضل استخدام أدوات جراحة ثنائية القطب طالما أمكن ذلك جراحياً، خصوصاً لأعمال جراحة الرأس والرقبة.

على اعتبار أن خطر الشرر والقوس الكهربائي للأداة ثنائية القطب أقل من تلك الأحادية.

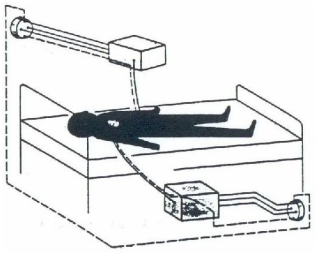
- ✓ عدم استخدام أدوات الكي أو الجراحة الكهربائية لجراحة القصبة الهوائية تجنباً لاشتعالها
- ✓ عدم استخدام مفاتيح تشغيل عن طريق القدم لضمان عدم التشغيل العفوي لها.
- ✓ عدم وضع أية أداة كهربائية أو المصابيح الكهربائية المساعدة على السرير أو على مواد قابلة للاشتعال، بل على الحامل الخاص بها سواء خلال التشغيل أو الإطفاء.

- ✓ تستخدم أدوات الليزر من قبل الشخص المخول باستخدامها فقط، ويتم وضع الجهاز بحالة الاستعداد أو الإطفاء طالما أنه ليس قيد العمل، ومهما كانت فترة التوقف قصيرة.
- ✓ الانتباه عند الاستغناء عن أداة الكي الكهربائية أن يتم فصل سلك التسخين (في المقدمة)، قبل إلقائها في النفايات (وكذلك رفع البطاريات منها، إن كانت تعمل بالبطاريات)

ثانياً: ما يتعلق بالتوصيلات:

-الكهرباء الساكنة: يتم تجنب خطر الكهرباء الساكنة من خلال:

- ✓ توصيل جميع المعدات الكهربائية والأجسام المعدنية داخل غرفة العمليات إلى خط تأريض لتحقيق هدفين:



1. تفريغ أية شحنات كهربائية متولدة، أولاً بأول.
2. منع حدوث فرق جهد كهربائي بين نقطتين مهما كان منشأة.

- ✓ استخدام أرضيات خاصة تكون موصلة للتيار الكهربائي.
- ✓ استخدام أحذية للأشخاص من مادة موصلة أو ذات مسامير معدنية مقاومة للشرر.
- ✓ ترطيب المكان قدر الإمكان.
- ✓ تفادي استخدام المواد التي يمكن أن تشحن بالكهرباء الساكنة.

- التيار الكهربائي: يتم تجنب خطر التسريب الكهربائي من خلال:

- ✓ أن تغذى كافة الأجهزة المربوطة إلى مريض واحد من مأخذ واحد أو من مجموعة مآخذ متجاورة لها نقطة حماية التأريض ذاتها.
- ✓ أن تؤرض كافة الأجسام المعدنية الموجودة قرب المريض كل على حده مع نقطة الحماية بالتأريض ذاتها.
- ✓ أن يربط المريض عن طريق قطب تأريض وحيد مع الأرضي المشترك.
- ✓ التعامل بحذر وانتباه مع الأسلاك الكهربائية والمآخذ وفحصها من قبل الفنيين بشكل دوري، ومنتظم للتأكد من عدم وجود انقطاعات أو عيوب في الأسلاك، ولا يسمح باستخدام أسلاك التطويل.
- ✓ أي شعور بوخزة كهربائية مهما كانت بسيطة (عند ملامسة أي جهاز)، يستوجب سحبه من العمل لحين إصلاحه.

- **مكافحة حرائق غرف العمليات:**
  - **إغلاق مصادر الغازات الطبية.**
  - **نزع الأغطية والشراشف وإلقاؤها جانباً على الأرض، وكذلك أية مواد أخرى يمكن أن تشتعل.**
  - **إطفاء أية حرائق أو شعلات جانبية.**
  - **إخلاء غرفة العمليات إن تكاثر دخان.**
  - **استخدام طفاية الحريق المناسبة، ويفضل جود طفاية ثاني أكسيد الكربون (CO_2) على مدخل غرفة العمليات لسرعة تناولها.**
  - **طلب المساعدة الخارجية إن خرج الموقف عن السيطرة.**

المرجع:

" التحقيق في الحرائق والحوادث ذات المنشأ الكهربائي"

الذي يعتبر مرجعاً عربياً شاملاً يتضمن المعلومات الأساسية الضرورية للمحققين بالحرائق والحوادث المتعلقة بشكل مباشر أو غير مباشر بالكهرباء.

يتضمن الكتاب جداولاً وصوراً ورسومات ضمن (460) صفحة من الحجم الكبير.

*** يشمل الكتاب المحاور التالية:**

- **آلية التحقيق في الحرائق والإنفجارات والإصابات البشرية.**
- **العلاقة بين الكهرباء والحريق والانفجار .**
- **دور الأجهزة والتمديدات الكهربائية بالحرائق والانفجارات.**
- **الكهرباء الساكنة الطبيعية والصناعية كسبب للحريق أو الإنفجار.**
- **تأثر الزجاج بالحريق ودوره كشاهد على سلوك النار.**
- **حرائق غرف العمليات في المستشفيات.**
- **الإصابات البشرية الناجمة عن الكهرباء.**
- **الإصابات البشرية الناجمة عن الحرائق.**
- **تعليمات الأمان في التعامل مع الكهرباء.**

***الفئات المستهدفة:**

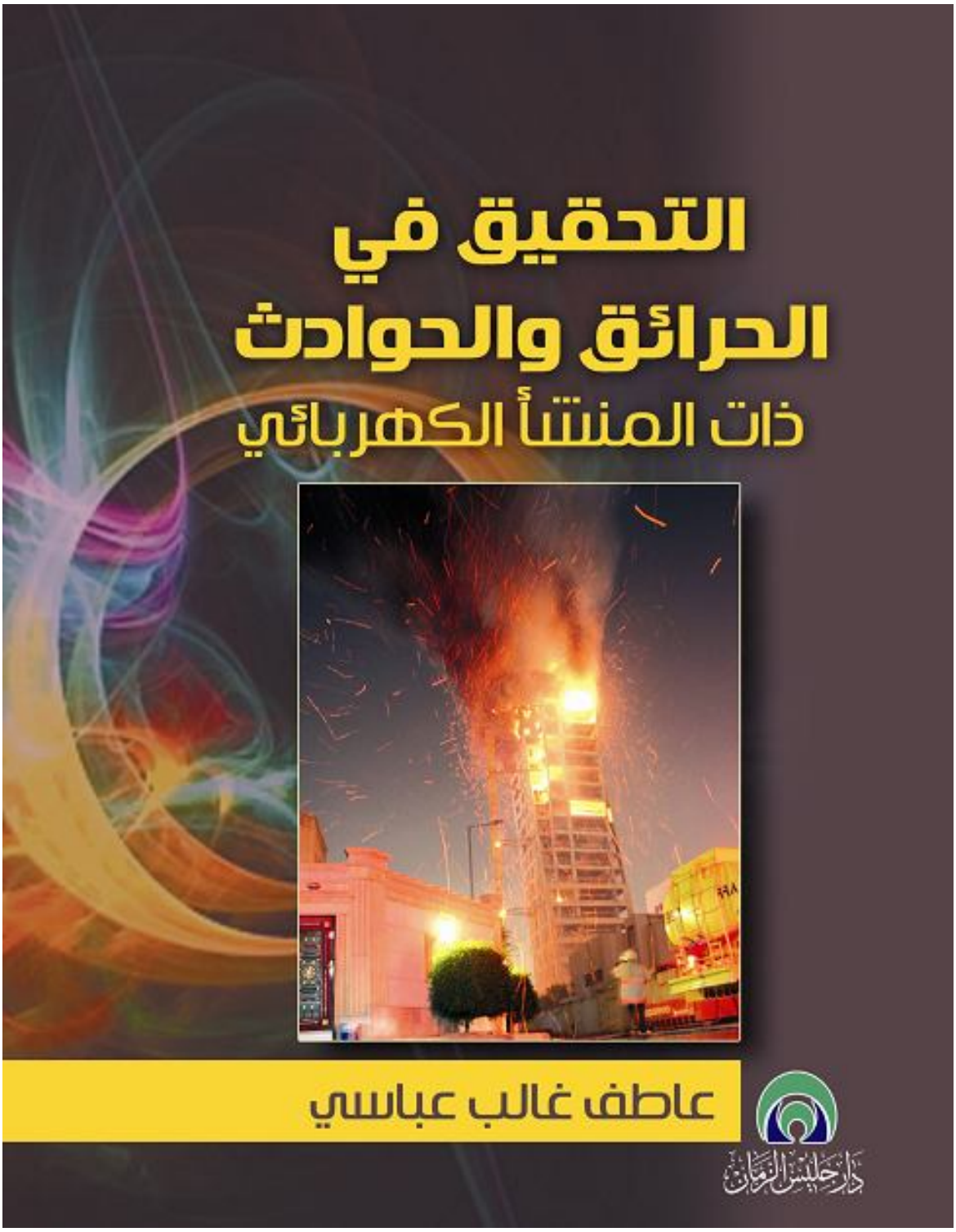
- **ضباط التحقيقات الجنائية والدفاع المدني.**
- **مسؤولو الأمن في مؤسسات الكهرباء والمصانع والشركات الكبرى.**
- **الخبراء الفنيون لدى المحاكم ولدى شركات التأمين.**

*** للحصول على نسخة من الناشر مباشرة:**
دار جليس الزمان -الأردن – عمّــان
فاكس 96265356219+ هاتف 96265343052+
موبايل 962795380277+

*** لتنفيذ دورة تدريبية**
(دورة موسّعة 50 ساعة تدريبية أو مكثفة 20 ساعة تدريبية):
فاكس: 96264906413+ موبايل 962-79-55-19-300+
atghasi55@yahoo.com

*** كتب صدرت سابقاً للمؤلف ذاته:**

- **دليل المحقق في الحرائق 1998**
- **التحقيق في الحرائق ذات المنشأ الكهربائي 2008**
- **الأمن الكهربائي 2009**
- **إدارة أزمات الطاقة الكهربائية 2010**


التحقيق في
الحرائق والحوادث
ذات المنشأ الكهربائي
عاطف غالب عباسي
دار جليس الزمان