

1. المقدمة:

ما يزال تعيين الزمن الدقيق الذي انقضى على الوفاة من أهم الأعمال الطبية الشرعية التي يواجهها الطبيب الشرعي خلال الممارسة اليومية. فالفترة الزمنية المنقضية بين الموت وزمن الكشف على الجثة تلعب دوراً في القضايا الجنائية لجهة تحديد المجرم في مسرح الجريمة، وفي القضايا المدنية المتعلقة بمشاكل الإرث الشرعي؛ كما هو الحال عند وفاة شخصين من عائلة واحدة معاً في حادث واحد ويُطلب تحديد من مات أولاً لتطبيق قواعد توزيع الحصص الإرثية.

يعتمد تحديد زمن الوفاة على مجموعة من التغيرات التي تطرأ على الجثة ومن أهمها الزرقة الرمية والصمل الرمي والتبدلات الحرارية التي تطرأ على الجثة وقابلية الإثارة الكهربائية والإفراغ المعدي، وعلى دراسة مظاهر التفسخ والتصبين والتحنط والأذيات المحدثة في الجثة بفعل الحشرات والحيوانات المفترسة. وقد استخدمت التقنيات السابقة من قبل الأطباء الشرعيين منذ عشرات السنين ويوجد العديد من المراجع والكتب والمقالات حول تلك التقنيات، وخلال النصف الثاني من القرن الماضي بدأ الباحثون في الطب الشرعي بدراسة تركيز البوتاسيوم في الدم والسائل الدماغي الشوكي والخلط الزجاجي لتقدير زمن الوفاة. ولم تزل هذه المواضيع مثار جدل وخلاف ولم تُعتمد بشكل نهائي في المراجع الطبية الشرعية.

أول من لاحظ وجود ارتفاع في مستوى بوتاسيوم الدم بعد الوفاة هو Jetter (1959)، أما الباحث Jaffe (1962) فهو أول من لاحظ وجود ارتفاع منتظم بمستوى تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بعد الوفاة. ثم أكدت مجموعة من الدراسات اللاحقة وجود ارتفاع خطي بمستوى البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بعد الموت. وتم وضع العديد من الصيغ الرياضية لتقدير زمن الوفاة وكان sturner (1963) رائداً في هذا المجال. وظهر بعد ذلك في الأدب الطبي عدد

كبير من الدراسات التي اقترحت صيغاً رياضية مختلفة لتقدير زمن الوفاة بمعايرة البوتاسيوم في الخلط الزجاجي إضافة لدراسة تأثير العوامل الداخلية والخارجية على العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة. وإن دراسة تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي عند الجثث يُقدم فائدة كبيرة في تحديد زمن الوفاة عند الجثث وذلك في المراحل الباكرة والمتأخرة للموت.

2. أهمية البحث:

إن الطرق التقليدية - غير الكيميائية- التي تعتمد على التغيرات الفيزيائية التي تطرأ على الجثة بعد الوفاة في تقدير زمن الوفاة تعتمد بمجملها على وحدة العضوية الجسدية الكاملة بعد الموت، وبالتالي تُظهر هذه الطرق ضعفاً في تقدير زمن الوفاة في حالات الكشف على أشلاء أو جثث مقطعة الأوصال مع ضياع مادي إما بسبب تشويه الجثث أو مهاجمتها من قبل الحيوانات أو بسبب الأذيات الناجمة عن الشظايا الانفجارية؛ وقد أظهرت الأزمة التي ألّمت بسورية منذ عام 2011 هذا الضعف. وهذا بدوره يدفعنا للبحث عن طرق أخرى كيميائية لا تعتمد في تحديد زمن الوفاة على الفيزيولوجيا المعتمدة على وحدة العضوية الجسدية الكاملة بعد الموت.

كما أن أهمية هذا البحث تعود إلى أنه لم يدرس في سورية سابقاً والدراسات حوله في الوطن العربي نادرة، وإن هذ البحث سيمكننا من الاستفادة منه في تقدير زمن الوفاة مخبرياً في الكثير من القضايا الطبية الشرعية في بلادنا، كما أنه سيعتبر إضافة للدراسات العالمية التي تحاول حسم الجدل حول أهمية تحديد مستوى البوتاسيوم في الخلط الزجاجي للجثث في تقدير زمن الوفاة، والأهم أن نتائج هذا البحث تتناسب مع الطبيعة المناخية لبلادنا .

3. هدف البحث

1.3. الهدف العام:

دراسة الارتباط بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة في الوفيات الناجمة عن النزوف.

2.3. الاهداف الخاصة:

- أ- إيجاد معامل الارتباط بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة.
- ب- إيجاد معامل الانحدار لارتفاع البوتاسيوم في الخلط الزجاجي.
- ت- إيجاد معادلة الانحدار لارتفاع البوتاسيوم في الخلط الزجاجي.
- ث- دراسة تأثير الجنس على العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة.
- ج- دراسة تأثير العمر على العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة.
- ح- دراسة تأثير درجة حرارة المحيط على العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة.
- خ- دراسة تأثير نسبة رطوبة الجو على العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة.

4. التعاريف:

A. الخلط الزجاجي:

هو جسم هلامي شفاف يعطي للعين شكلها، يشكل 5/4 من تجويف العين يتوضع ما بين حلمة العصب البصري والأربطة المعلقة للعدسة تحيط به الشبكية، يتألف بمعظمه من الماء، ومن ألياف كولاجينية نمط 2 وسكر وكهارل وحمض الهيالورينيك وكمية قليلة من البروتينات غير المنحلة .

B. تركيز البوتاسيوم الطبيعي في الخلط الزجاجي أثناء الحياة:

مقارب لنسبته في الدم (3.5- 4.2 ميلي مكافئ / لتر والذي يأتي أثناء الحياة عبر الجسم الهدي للعين).

C. زمن الوفاة (PMI):

هو الفترة الزمنية التي انقضت بين الوفاة وبين القيام فعلاً بفحص الجثة بعد الوفاة.

D. المتغير المستقل:

هو المتغير الذي يؤثر في المتغير التابع دون أن يتأثر.

E. المتغير التابع:

هو المتغير الذي يتأثر بمتغير آخر.

مراجعة الأدبيات

5. خلفية البحث

1.5. خلفية عامة:

يمكن للتحاليل المجرة بعد الوفاة على سوائل الجسم المختلفة أن تساعد الطبيب الشرعي في كثير من الحالات على تحديد سبب الوفاة، طريقة الوفاة وزمن الوفاة. ويمكن استخدام الدم لإجراء التحاليل السمية ولكن تحطُّم الكريات الدموية الحمراء والبيضاء بعد الوفاة يؤثر على التراكيب الداخلية في الجسم مما يقلل من أهمية تلك التحاليل ، ومن سوائل الجسم التي يمكن تحليلها كيميائياً بعد الوفاة الخلط الزجاجة ، السائل الدماغي الشوكي، سائل التامور وسوائل الأغشية الزليلية.

ويعتبر الخلط الزجاجة الأفضل بين مجموعة تلك الخيارات؛ حيث يلجأ إليه الطبيب الشرعي نظراً لسهولة الحصول عليه من جهة، وبسبب موقعه المنعزل ، مما يجعله أقل تأثراً بالتلوث والتعفن بعد الوفاة[1-3].

كما يمكن استخدام الخلط الزجاجة لتحليل شوارد (الصوديوم ، البوتاسيوم و الكلور) بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من المركبات الداخلية مثل الأسيتون واليوريا، والسكر واللاكتات، والهيبيوكزانتين، ويمكن لمستويات هذه المركبات أن تقدم للطبيب الشرعي تفسيراً للحالة الطبية التي كان عليها الشخص قبل الوفاة[1]؛ فعلى سبيل المثال ، يمكن أن يشير الارتفاع الشديد بمستوى الغلوكوز في الخلط الزجاجة إلى وجود فرط في سكر الدم قبل الوفاة[1 ، 2 ، 4 ، 5]، ويستخدم تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة على نطاق واسع لتقدير زمن الوفاة[3 ، 6-8]؛ ويمكن استخدام قيم وتراكيز الصوديوم والكلوريد لتشخيص التجفاف[9 ، 10] أو الغرق[11].

وستتناول هذه الدراسة تحليل سائل الخلط الزجاجي لتقدير الزمن المنقضي على الوفاة في مجال التطبيقات العملية.

2.5. تشريح العين [12 ، 13]:

1.2.5. لمحة عامة :

تقع العين ضمن جوف عظمي يدعى الحجاج وهو جزء من القحف الوجهي هرمي الشكل قاعدته بالأمام وقمته بالخلف، ويتشكل من مشاركة عظام القحف، يحتوي على ثقب بصري وشقين حجاجيين سفلي وعلوي، يمر فيه من الخلف إلى الأمام عبر الثقب والشقين: العصب البصري مع الشريان العيني، العصب الفكي العلوي مع الوريد العيني السفلي والأعصاب الودية، الأعصاب: الدمعي، الجبهي، البكري، المحرك للعين، المبعد للعين، الأنفي الهدبي والوريد العيني العلوي. ويحيط بالكرة العينية ست عضلات مع حلقتها الوترية المحيطة بالعين. ويتوضع أمام كل من الحجاجين طيات جلدية ليفية عضلية متحركة تدعى الأجنان حيث يوجد في كل جانب جفنان علوي وسفلي توجد بينهما فسحة هي الشق الجفني ويغطي الجلد الجفن من الخارج، وتتوضع الأهداب على الحافة الحرة لكل جفن ضمن صفيين أو ثلاثة صفوف من الأشعار حيث تنفتح على هذه الحافة غدد دهنية وغدد عرقية. ويبطن الوجه الخلفي للأجنان و القسم الأمامي للعين مخاطية رقيقة تدعى الملتحمة العينية وتحتوي العين على جهاز الدمع الذي يشمل الغدة الدمعية وقنواتها المفرغة والطرق الدمعية المؤلفة من القنيتين الدمعيتين، كيس الدمع والقناة الدمعية الأنفية.

2.2.5. كرة العين :

تشغل نحو ثلث الحجاج، ويبلغ قطرها نحو 2.4 سم، يتألف جدارها من ثلاث غلالات هي:

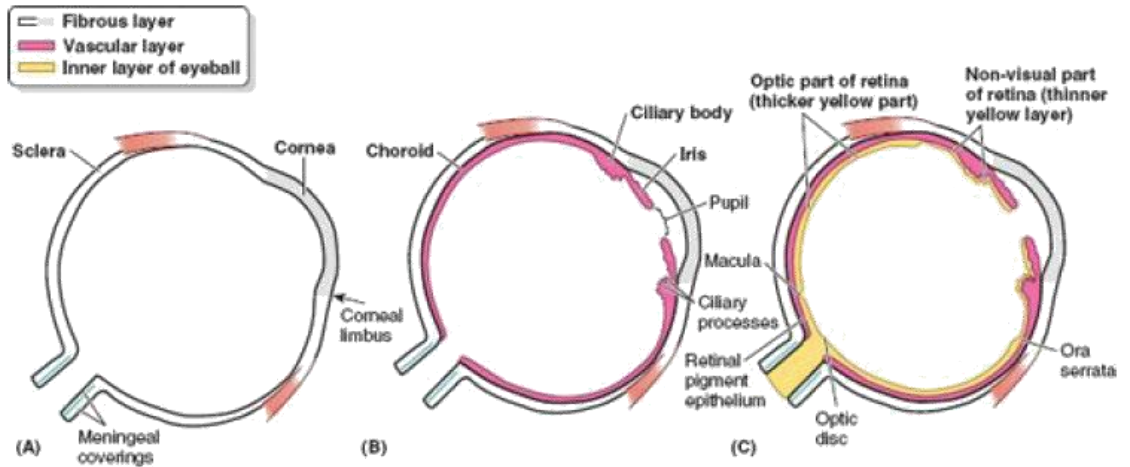
١. غلالة خارجية: طبقة ليفية fibrous layer المكونة من القرنية Cornea والصلبة

.Sclera

٢. غلالة وسطى: الطبقة الوعائية (المصطبغة) vascular (pigmental) layer،

وهي تشمل القرنية Iris والجسم الهدبي Ciliary Body والمشيمية Choroid.

٣. غلالة داخلية: الشبكية Retina. (انظر الشكل 1)



الشكل 1 : طبقات كرة العين

1.2.2.5. الطبقة الليفية الخارجية للعين:

مكونة من القرنية والصلبة:

القرنية: هي القسم الشفاف من الغلاف الليفي، وتغطي السدس الأمامي من العين.

الصلبة: هي القسم غير الشفاف من الغلاف الليفي لكرة العين، وتغطي خمسة أسداس العين

الخلفية. والقسم الأمامي من الصلبة مرئي عبر الملتحمة العينية الشفافة ويدعى "بياض العين".

2.2.2.5. الطبقة الوعائية الوسطى للعين :

وتشمل القزحية، الجسم الهدبي والمشيمية .

1.2.2.2.5. القزحية:

عبارة عن حجاب رقيق مصطبغ قابل للتقلص له فتحة مركزية هي الحدقة Pupil تكون معلقة ضمن الخلط المائي بين القرنية والعدسة . يرتكز محيط القزحية على السطح الأمامي للجسم الهدبي، ويقسم الحيز بين العدسة والقرنية إلى غرفة أمامية وغرفة خلفية. أليافها العضلية لا إرادية مؤلفة من ألياف دائرية تشكل العضلة المصرة للحدقة وألياف شعاعية تشكل العضلة الموسعة للحدقة.

2.2.2.2.5. الجسم الهدبي:

ذو بنية عضلية ووعائية، وهو يربط المشيمية بمحيط القزحية، توجد على سطحه الداخلي ثنيات تشكل الزوائد الهدبية ciliary processes، وهي التي تفرز الخلط المائي aqueous humor الذي يملأ غرفتي العين الأمامية والخلفية (غرفة العين الأمامية هي الحيز الكائن بين

القرنية في الأمام والقزحية في الخلف، أما غرفة العين الخلفية فهي تقع بين القزحية والحدقة في الأمام ، العدسة والجسم الهدبي في الخلف). (انظر الشكل 5)

3.2.2.2.5. المشيمية :

غشاء قائم متوضع بين الصلبة والشبكية، وهي تشكل القسم الأكبر من الطبقة الوعائية، تبطن معظم الصلبة، تنتهي أمامياً في الجسم الهدبي. ترتبط المشيمية ارتباطاً متيناً بالطبقة الصبغية من الشبكة، ولكن يمكن فصلها بسهولة عن الصلبة.

3.2.2.2.5. الطبقة الداخلية للعين (الشبكية) :

تتشكل من منطقتين بصرية وغير بصرية تفصل بينهما الحاشية المشرشرة Ora Serrata ، تتلقى المنطقة البصرية من الشبكية أشعة الضوء المرئية وتتألف المنطقة البصرية من طبقتين:

1.3.2.2.5. الطبقة العصبية: هي القسم المستقبل للضوء.

2.3.2.2.5. الطبقة المصبغة: تتألف من طبقة خلايا صبغية تقوي خاصية امتصاص

الضوء في المشيمية بإنقاصها تبعثر الضوء ضمن العين.

أما المنطقة غير البصرية من الشبكية تشكل استمراراً أمامياً للطبقة المصبغة على الجسم الهدبي وعلى الوجه الخلفي من القزحية.

القسم الخلفي من العين يحوي باحة منخفضة حلقة تعرف باسم القرص البصري optic disk

أو (الحليمة البصرية) توجد في مكان دخول العصب البصري إلى كرة العين، وهو غير حساس

للضوء ويدعى بالبقعة العمياء لكونه يحوي أليافاً عصبية ولا يحوي مستقبلات للضوء، إلى

الوحشي تماماً منها توجد البقعة (اللطة) الصفراء macula lutea ويظهر اللون الأصفر للبقعة

فقط حين تفحص الشبكية بضوء أحمر، وتحوي البقعة الصفراء مخاريط خاصة مستقبلية للضوء، متخصصة بحدة الرؤية.

ينتهي القسم البصري من الشبكية في الأمام على طول الحاشية (الحافة) المشرشرة وتشير الحاشية المشرشرة إلى النهاية الأمامية من قسم الشبكية المستقبل للضوء. وتتم توعية الشبكية بوساطة الشريان الشبكي المركزي الذي هو فرع من الشريان العيني، عدا مخاريط وعصي الطبقة العصبية. أما المخاريط والعصي من الطبقة العصبية الخارجية فهي تتلقى المغذيات من الشعيرات المشيمية choriocapillaries التي هي أدق الأوعية على السطح الداخلي للمشيمية. وتجتمع أوردة الشبكية لتشكل الوريد الشبكي المركزي.

3.2.5. الأوساط الكاسرة للعين Refractive media of the eye

هي القرنية، الخلط المائي، العدسة و الخلط الزجاجي.

1.3.2.5. القرنية:

هي منطقة شفافة دائرية غير موعاة على تماس مع الخلط المائي من الخلف حساسة للمس تتغذى بالتشريب من الخلط المائي والدمع والأكسجين الممتص من الهواء. ويعصبها العصب العيني.

2.3.2.5. الخلط المائي :

سائل هلامي شفاف يشغل غرفتي العين الأمامية والخلفية، تنتجه الزوائد الهدبية، يغذي القرنية والعدسة.

3.3.2.5. العدسة :

بنية شفافة محدبة الوجهين محتبسة داخل محفظة، تقع خلف الخلط المائي والقرنية والقزحية. يثبت الرباط المعلق للعدسة محفظة العدسة lens capsule بالجسم الهدبي. يتغير تحدب العدسة، ولاسيما وجهها الأمامي، باستمرار من أجل رسم صور الأجسام القريبة أو البعيدة على الشبكية.

4.3.2.5. الخلط الزجاجي Vitreous humor (الجسم الزجاجي body Vitreous)

4.2.5. التشريح والوظيفة :

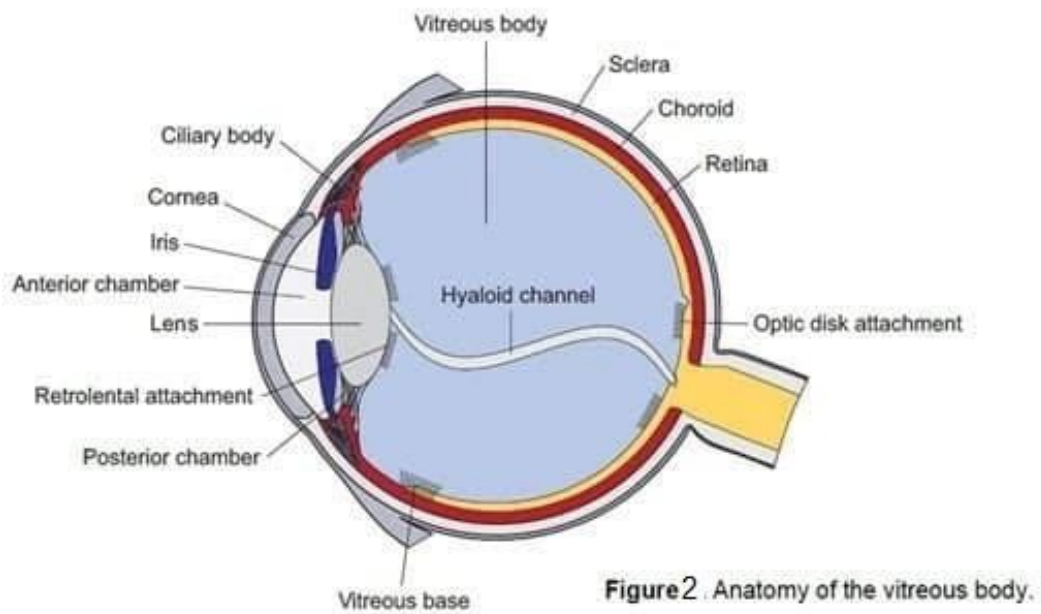
الخلط الزجاجي مادة تشبه الجل (هلام) شفاف عديم اللون يملأ مقلة العين، والدراسات حول بنيته قليلة جداً، وعرف لفترة طويلة بالمحلول المائي الخامل. وهو الذي يعطي الهيكل الأساسي للعين، شفاف يسمح للضوء بالمرور بحرية من خلال مقلة العين والوصول الى الشبكية .

يبلغ قطر الجسم الزجاجي حوالي 16 ملم في المحور الطولاني، و حجمه حوالي 4.5 مل. يكاد يكون كروياً باستثناء أنه مضغوط قليلاً بمنطقة خلف العدسة، وهو ما يعرف بالحفرة الرضفية أو حفرة الجسم الزجاجي. ويتكون أساساً من 99% من الماء ، كولاجين وحمض الهيالورونيك[14].

والاستقلاب فيه نشيط على الرغم من عدم وجود الأوعية الدموية، ومن وظائفه الرئيسية الحفاظ على الهيكل الكروي للعين، كما أنه يعمل كعازل للصدمات، ويعتبر وسط لنقل المذبيبات داخل العين وتلقي نفايات الاستقلاب والاحتياجات قصيرة الأجل لشبكية العين[15].

تسمى الطبقة الخارجية من الجسم الزجاجي بالقشر الزجاجي، وتبلغ سماكتها حوالي الـ 100 ميكرون وتتكون من ألياف كولاجين مترابطة بإحكام، خلايا، بروتينات، وعديدات السكاريد المخاطية. تمتد الألياف بشكل متوازٍ من الزاوية اليمنى حتى سطح شبكية العين [15].

بالرغم من أن القشر الزجاجي يمثل فقط 2% من الحجم الكلي للخلط الزجاجي، إلا أنه مركز التمثيل الغذائي للخلط الزجاجي، ويحتوي على خلايا زجاجية hyalocytes وخلايا ليفية fibrocytes. و الخلايا الزجاجية تقوم بوظيفة إنتاج حمض الهيالورونيك و الغلوكوبروتين، إضافة إلى وظيفة البلعمة [14].



الشكل 2 : تشريح الجسم الزجاجي

هناك منطقة لبية داخل القشرة تحتوي على لبيفات دقيقة ومستمرة تتوضع بشكل أمامي خلفي. أما الخلط الزجاجي المركزي فهو بمعظمه خليط من الكولاجين وحمض الهيالورونيك وخالٍ من الخلايا. في وسط الجسم الزجاجي هناك نفق الزجاجية على شكل حرف S يسمى قناة كلوكيت Cloquet's canal والتي تمتد من العدسة إلى قرص العصب البصري وكانت هذه القناة ممراً سابقاً للشريان الزجاجي الذي يزود العدسة بالمغذيات أثناء الحياة الجنينية، قطرها 1-2 مم ولا تحتوي على الكولاجين. يتشكل جدار قناة كلوكيت من تكثف الخلط الزجاجي بدلاً من الغشاء الحقيقي [16].

هناك العديد من الارتباطات بين الجسم الزجاجي والبنى المحيطة داخل العين، وأقواها يقع عند قاعدة الزجاجية بالقرب من الحاشية المشرشرة للشبكية (انظر الشكل 2). تتكون قاعدة الجسم الزجاجي من ألياف كولاجينية ثخينة تصبح أكثر كثافة عند اتصالها مع الغشاء القاعدي للجسم الهدبي وشبكية العين. كما يرتبط الجسم الزجاجي مع الوجه الخلفي للعدسة، القرص البصري بالقرب من البقعة العمياء و مع أوعية الشبكية [15].

5.2.5. تغيرات الخلط الزجاجي المرتبطة بالعمر

الخلط الزجاجي عند الرضيع مادة متجانسة تشبه الهلام. ومع التقدم بالعمر يقل حجم الهلام ويزداد حجم السائل وتدعى هذه العملية تمييع الجسم الزجاجي vitreous liquefaction. ففي عمر الأربعين عاماً، يتكون الخلط الزجاجي من 80% هلام و 20% سائل، وبعمر الثمانين عاماً يصبح سائلاً بنسبة 50%. إن كلاً من حمض الهيالورينيك والكولاجين يمكن أن يتأثرا بالجذور الحرة مما يؤدي إلى انحلال المركب كولاجين - حمض الهيالورينيك حيث تتحرك اللبيفات الكولاجينية خارج شبكة الكولاجين وتتحد مع بعضها لتشكل أليافاً ثم تتحد بدورها وتشكل حزماً

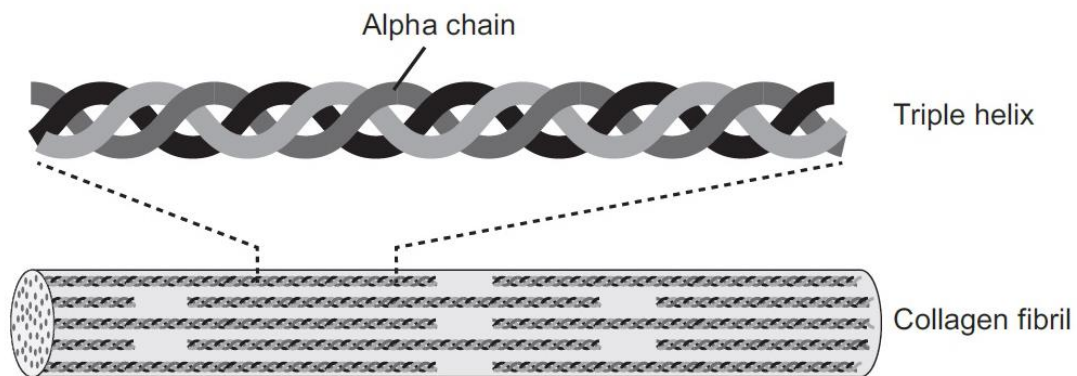
وإن عملية إعادة توزيع الكولاجين تسمح بتشكيل فراغات بين هذه الحزم تدعى الجيوب تمتلئ بالسائل الزجاجي [15].

6.2.5. الكيمياء الحيوية

السائل الزجاجي يتألف من محلول ملحي مائع، بروتينات قابلة للانحلال، وحمض الهيالورنيك متوضعة ضمن شبكة من الكولاجين؛ فالخلط الزجاجي يتكون من 99% ماء ويحوي نسيج ضام ومواد خارج خلوية [14]. وبقية مكونات الخلط الزجاجي هي الملح بنسبة 0.9% وبروتينات وعديدات السكاريد بنسبة 0.1%.

1.6.2.5. الكولاجين

الكولاجين هو البروتين الهيكلي الأساسي في الجسم الزجاجي وهو مركب من ثلاثة عديدات ببتيد



الشكل 3 : بنية الكولاجين

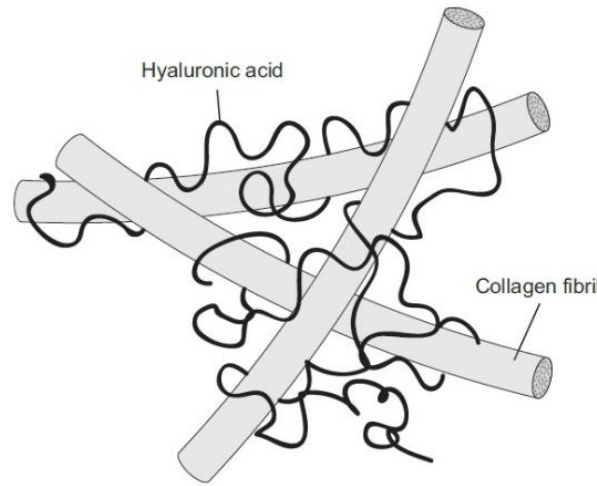
فردية تعرف بسلاسل ألفا مصطفة في تكوين حلزوني ثلاثي triple helix وتتصل هذه

التكوينات الحلزونية مع بعضها لتشكل ليفيات كولاجينية والتي بدورها تشكل الألياف الكولاجينية (انظر الشكل 3). علماً أن معظم الكولاجين في الخلط الزجاجي من النمط 2[14].

يتكون كولاجين الخلط الزجاجي من 7 إلى 28 ليفاً نانوميترى القطر . وقاعدة الجسم الزجاجي تحتوي على أعلى كثافة لألياف الكولاجين، تليها الطبقة القشرية في البيت الخلفي ثم البيت الأمامي [16].

2.6.2.5. حمض الهالورنيك

هو مركب أيوني سالب الشحنة يتألف من بلا كبريت غليوزأمينوغليكان وهو جزيء طويل غير متفرع ملتف على شكل شبكة ملتوية ويتصل في مواقع محددة مع ليفيات الكولاجين ويحافظ على وجود فراغات بين الليفيات الكولاجينية.



الشكل 4 : العلاقة بين الليفيات الكولاجينية وحمض الهالورنيك

إن الليفيات الكولاجينية مع حمض الهالورنيك يشكلان معا شبكة قوامها الهيكلي من الليفيات الكولاجينية مملوءة بحمض الهالورنيك (انظر الشكل 4) فإذا تحركت ألياف الكولاجين خارج

الشبكة ازدادت لزوجة الجسم الزجاجي بفعل حمض الهيالورنيك و على العكس إذا تحرك حمض الهيالورنيك خارج الشبكة انكمش الجسم الزجاجي [14].

3.6.2.5. الخلايا

يوجد نوعين من الخلايا الطبيعية في الجسم الزجاجي وهما الخلايا الزجاجية والخلايا الليفية، والخلايا الأكثر وفرة هي الخلايا الزجاجية 90% والتي تتوضع في القشر الزجاجي وتنتج حمض الهيالورنيك وتعمل كبالعات أما الخلايا الليفية فتتوضع بشكل أساسي في قاعدة الجسم الزجاجي ويعتقد أنها تنتج الكولاجين [14].

4.6.2.5. المواد منخفضة الوزن الجزيئي

فيما يتعلق بالمواد منخفضة الوزن الجزيئي في السائل الزجاجي مثل الشوارد والسكر فقد درست على نطاق واسع عند الوفيات في سياق الاستقصاءات الطبية الشرعية؛ حيث استخدمت كبديل عن التحاليل الدموية التي لا يستطيع إجراؤها للجثث بسبب التحلل الكبير الذي يطرأ على الدم والأنسجة [1-2]. ومن الملفت للانتباه وجود عدد قليل من الدراسات حول تركيز هذه المواد في الخلط الزجاجي عند الأحياء، ومن الناحية العملية معظم التراكيز المتوفرة حول هذه المواد مصدرها دراسات أجريت على الحيوانات. بالتالي يمكن قبول تراكيز هذه القيم عندما ندرس -على سبيل المثال - العلاقة بين تراكيز هذه المواد ما بين الخلط الزجاجي والدم، ولا يمكن الاعتماد على تراكيز الشوارد المأخوذة من الدراسات المجراة على الحيوانات وتطبيقها على البشر؛ حيث أظهرت الدراسات وجود اختلافات كبيرة بين تركيز هذه المواد ما بين أنواع الحيوانات المختلفة. الجدول 1: يظهر الاختلافات الكبيرة في تركيز الشوارد والسكر ما بين المصل الدموي والسائل الزجاجي عند أنواع مختلفة من الحيوانات؛ حيث تم أخذ عينات الدم

والخلط الزجاجي في وقت واحد بعد القتل الرحيم للحيوان أو أثناء تخديره، أما المعلومات حول تركيزها عند البشر فقد تم الحصول عليها عند إجراء عمليات استئصال الزجاجية vitrectomy. حيث نستخلص ما يلي عند دراسة ذلك الجدول :

- مستويات الصوديوم في الدم أعلى قليلاً من مستوياتها في السائل الزجاجي.
- مستويات البوتاسيوم مختلفة ما بين الدم والخلط الزجاجي اعتماداً على دراسة أنواع مختلفة للحيوانات.
- مستويات الكلوريد أعلى قليلاً في السائل الزجاجي منها في الدم.
- مستويات الكالسيوم أخفض في السائل الزجاجي منها في الدم.
- مستويات السكر أخفض في السائل الزجاجي منها في الدم منه الدم.

السكر(ملمول/ليتر)	Ca ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺		
3.8-6.1	2.1-2.8	95-110	135.145	3.5-5.1		القيم المرجعية للدم البشري
3.5					الزجاجي	البشر[17]
9.1					البلازما	
				4.2	الزجاجي	البشر[18]
				3.6	البلازما	
3.0		105	134	9.5	الزجاجي	الأرنب[19]
5.7		105	143	5.6	البلازما	
				5.2	الزجاجي	الأرنب[20]
				5.0	البلازما	

				5.4	الزجاجي	الكلب [20]
				3.9	البلازما	
	1.4	120	137	4.6	الزجاجي	البقرة [21]
	2.5	103	145	6.3	البلازما	
	1.6		142	5.6	الزجاجي	البقرة [22]
	2.6		146	6.9	البلازما	
2.4					الزجاجي	البقرة [23]
3.8					البلازما	
	1.9	113	134	4.3	الزجاجي	الحصان [24]
	3.0	99	140	5.2	البلازما	
	1.4	118	142	5.0	الزجاجي	الخنزير [21]
	2.8	103	152	7.5	البلازما	
	2.6			3.6	الزجاجي	قرد هندي صغير [25]
	4.9			4.2	البلازما	

الجدول 1: مقارنة بين مستويات الشوارد والسكر في الخلط الزجاجي والبلازما (القيم المرجعية

وفقا لمخبر الكيمياء السريرية في مشفى كالوريناس - ستكهولم - السويد).

5.6.2.5. المركبات الأخرى

يحتوى الجسم الزجاجي على تراكيز منخفضة من مواد أخرى مثل البيكربونات - البروتينات - الشحوم والحموض الأمينية.

7.2.5. ديناميات السوائل داخل العين

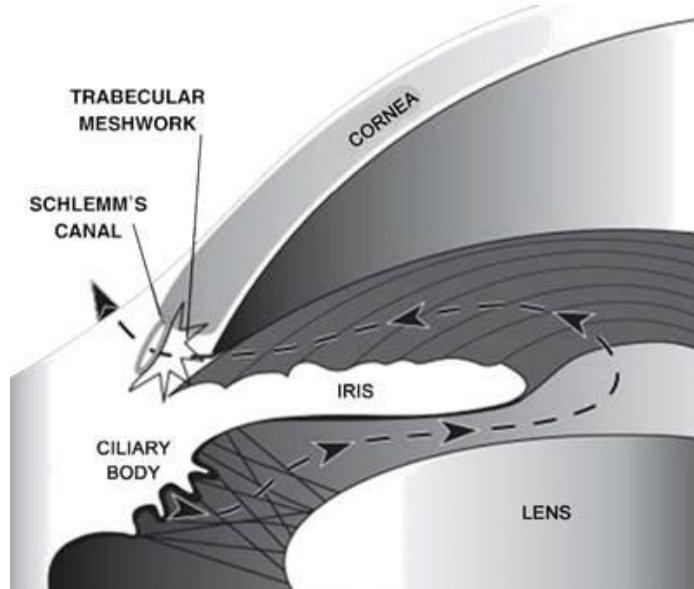
تدخل المستقلبات وتغادر الجسم الزجاجي عبر موقعين هما: غرفتي الخلط المائي والشبكية.

1.7.2.5. الخلط المائي

هو سائل هلامي شفاف شبيه بالبلازما، ولكنه يحتوي على تراكيز منخفضة من البروتين موجود في الغرفة الأمامية ؛ حيث يشغل الفراغ بين القرنية والعدسة، وحجمه $250 \mu\text{L}$ وموجود في الغرفة الخلفية ؛ حيث يشغل الفراغ بين الوجه الخلفي للقرنية والجسم الهدبي والوجه الأمامي للجسم الزجاجي و حجمه $60 \mu\text{L}$ ميكرو لتر (انظر الشكل 6).

والخلط المائي يحافظ على الضغط داخل العين، ويزود القرنية والعدسة بالمغذيات لأنهما بلا توعية [15].

يتم إنتاج الخلط المائي من قبل الجسم الهدبي ويفرز في الغرفة الخلفية ثم يتدفق حول العدسة ويدخل الغرفة الأمامية عبر الحدقة و وينزح منها من خلال الشبكة التريبقية (الصلبة) Trabecular meshwork عبر قناة شليم إلى الأوردة فوق الصلبة (انظر الشكل 5).



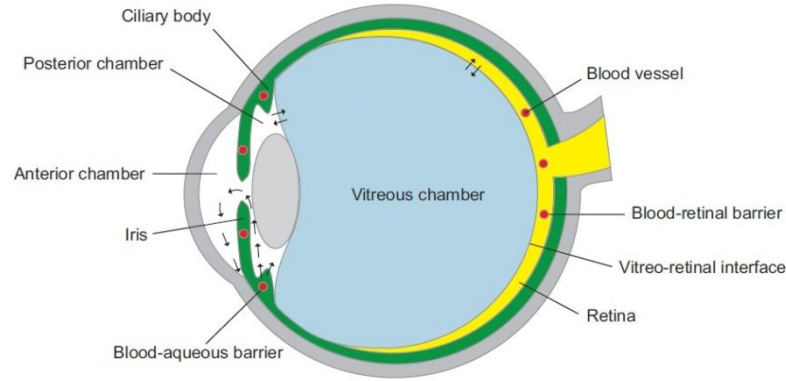
الشكل 5 : الجسم الهدبي في العين وحركة الخلط المائي

2.7.2.5. الحواجز الدموية في العين Blood-ocular barriers

تشبه إلى حد كبير الجهاز العصبي المركزي المفصول عن الدوران الدموي بالحاجز الدموي الدماغي Blood-brain barriers، فالسوائل العينية مفصولة عن الدوران الدموي عن طريق ما يسمى الحواجز الدموية العينية.

إن غرفتي الخلط المائي مفصولتان عن الدوران الدموي بالحاجز الدموي الخلطي المائي Blood- aqueous barriers والذي يتألف من الظهارة الهدبية والأوعية الشعرية في القرنية، وعلى هذا الحاجز تسيطر عملية دخول المستقلبات من الدوران الدموي إلى داخل العين [26].

إن غرفة الخلط الزجاجي والشبكية مفصولتان عن الدوران الدموي بالحاجز الدموي الشبكي Blood-retinal barrier والذي يتألف من شعيرات لا نفوذة في الدوران الشبكي واتصالات وثيقة بين الخلايا الظهارية الشبكية tight-junctions between retinal epithelial cells



الشكل 6 : الحواجز الدموية في العين

وهذا الحاجز يسمح للقليل من المنتجات الاستقلابية الهامة بالدخول إلى الشبكية فعلى هذا

الحاجز تسيطر عملية خروج المستقبلات من الجسم الزجاجي إلى الدم [26].
(انظر الشكل 6).

يطلق على الحدود بين الجسم الزجاجي والشبكية اسم الوصل الزجاجي الشبكي vitreo-retinal interfance، وهي ليست حدود بالمعنى الحقيقي ولكنه مركب مؤلف من القشر الزجاجي والصفحة القاعدية لخلايا الشبكية المجاورة [27]. بين الغرفة الخلفية والجسم الزجاجي لا توجد حواجز، وهناك انتشار حر بين الخلط المائي والزجاجي [26].

عند حقن الوريد بمواد اختبارية فإنها تنتشر بشكل منفعل أو مُيسر إلى الجسم الزجاجي بكميات قليلة، وتصل دائما لتراكيز أعلى على الوجه الامامي للجسم الزجاجي لأنها تدخل من الغرفة الخلفية والدوران الشعري أكثر من دخولها عبر الحاجز الدموي الشبكي للعين [26].

تمنع الحواجز الدموية العينية الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات من الدخول إلى الغرف داخل العين؛ حيث يصل تركيز البروتينات إلى $1/200$ فقط من تركيزها داخل البلازما [26]. ومع ذلك فالمواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض لا تتأثر بنظام الحاجز الدموي، ولكنها تدخل للجسم الزجاجي من خلال الانتشار المنفعل. لذلك فمن المتوقع أن تكون مستويات هذه المواد في الجسم الزجاجي كما هي الحال بغيرها من السوائل خارج الخلوية مثل البلازما والسائل الدماغي الشوكي. (انظر الجدول 1). وهذا ليس هو الحال دائما؛ حيث أن النشاطات الاستقلابية لخلايا الجسم الزجاجي والأنسجة المحيطة به مثل شبكية العين - الجسم الهدبي أو العدسة لها تأثير هام على تراكيز تلك المركبات [28].

الحاجز الدموي الشبكي ذو نفوذية منخفضة حتى بالنسبة للمواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض، أما الحاجز الدموي المائي فهو أكثر مرونة بعض الشيء وبسبب هذه الحواجز تنعكس التغيرات في المجرى الدموي ببطء نسبي على الجسم الزجاجي. وعلى سبيل المثال بعد الحقن الوريدي للغلوكوز تصل مستوياته في الجسم الزجاجي إلى 78% من تركيز الحالة المستقرة بعد 15 دقيقة، وإلى 93% بعد 30 دقيقة؛ حيث يشكل تركيز الغلوكوز بالجسم الزجاجي في الحالة المستقرة 49% من تركيزه في البلازما [29].

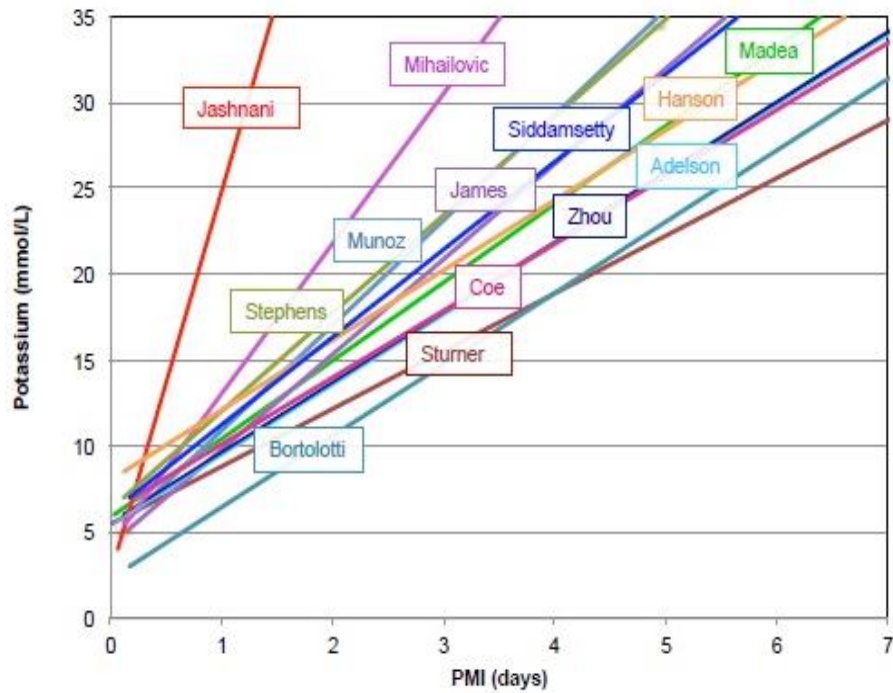
8.2.5. البوتاسيوم وتقدير زمن الوفاة

إن تقدير زمن الوفاة من أهم واجبات الطبيب الشرعي، ويتم ذلك من خلال حساب الفترة الفاصلة بعد الوفاة وقد أصبح البحث عن طرق سهلة وموثوقة تستخدم لإنجاز هذه المهمة عملاً مقدساً في مجال العلوم الطبية الشرعية .

بالرغم من كل التطور التقني الذي وصلنا إليه في أيامنا هذه ما يزال قياس درجة حرارة المستقيم من أكثر الطرق الشائعة الاستخدام سريراً لتقدير زمن الوفاة، ومع ذلك تبقى هذه الطريقة محدودة الاستخدام ؛ حيث تتعدم فائدتها عندما تتساوى درجة حرارة الجسم مع درجة حرارة الهواء المحيط، وهذا يعني أن فائدتها المثلّية تكون خلال أقل من 24 ساعة فقط. وهناك طرق أخرى تشمل استجابة العضلات الهيكلية على التنبيه الميكانيكي أو الكهربائي ، أو ردود فعل الحديقة على التنبيه الكيميائي.

ولكن هذه الوسائل يمكن أن تطبق فقط خلال فترة ما بعد الوفاة المبكرة. وبعد ذلك يلجأ الطبيب الشرعي لتقدير زمن الوفاة اعتماداً على الصمّل الجيفي والزرقة الرمية ودرجة تحلل الجثة ومهاجمة الحشرات لها ، ولكن جميع تلك الطرق تتأثر بالعديد من العوامل التي تجعلها أقل دقة.

إن إحدى أهم الطرق التي تم اكتشافها من قبل علماء الطب الشرعي على مدى عقود هو تقييم الارتفاع بتركيز بوتاسيوم السائل الزجاجي تحت الظروف الفيزيولوجية؛ حيث إن مستوى البوتاسيوم يكون عالياً في جميع خلايا الجسم، ويصل بعد الوفاة إلى



الشكل 7 : معادلات مختلفة لتقدير زمن الوفاة مع خطوط انحدارها.

حوالي 150 ملمول / لتر [30]. فبعد الوفاة تفقد الأغشية الخلوية خاصيتها النقل الغشائي الفعال والنفاذية الغشائية الانتقائية وتدرجياً يتسرب البوتاسيوم من داخل الخلايا إلى السوائل خارج الخلوية المحيطة، فالجسم الزجاجي يحتوي على عدد قليل من الخلايا وبالتالي فإن عينة الخلط الزجاجي عند الأحياء تحتوي على تركيز من البوتاسيوم مماثل تقريباً لتركيزه في السوائل خارج الخلوية ؛ حيث يبلغ تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي عند الأحياء 3.5 – 4.2 ميلي ملمول/لتر (انظر الجدول 1).

وسبب ارتفاع البوتاسيوم بالخلط الزجاجي هو تسريه من الخلايا المحيطة في شبكية العين والمشيمية، وقد استخدم هذا الارتفاع منذ ستينيات القرن الماضي لتقدير زمن الوفاة [6-8] ، [31-45]. وبالرغم من الأبحاث العديدة والمكثفة لا يوجد اتفاق على المعادلات التي تُوصَف هذا الارتفاع (انظر الشكل 7 والجدول 2)

الملاحظات	Max PMI (h)	عدد الحالات	المعادلة	الباحث
	21	209	$PMI = 5.88 [K^+] - 31.53$	Adelson et al.(1963)[6]
	104	125	$PMI = 7.14 [K^+] - 39.1$	Sturner et al.(1964)[7]
	310	203	$PMI = 5.88 [K^+] - 47.1$	Hanson et al. (1966) [8]
معادلة خاصة من أجل $PMI < 6 \text{ h}$	100	145	$PMI = 6.15 [K^+] - 38.1$	Coe.(1969).[46]
استبعدت حالات الغرق وموت الرضيع المفاجئ والاضطراب الشاردي ودرجات الحرارة المتطرفة	35	1427	$PMI = 4.20 [K^+] - 26.65$	Stephens & Richards (1987) [35]
استبعدت حالات ارتفاع اليوريا والاحتضار الطويل	130	107	$PMI = 5.26 [K^+] - 30.9$	Madea et al.(1989)[36]
تضمنت الدراسة الهيبيوكزانتين	80	100	$PMI = 4.32 [K^+] - 18.35$	James et al.(1997)[39]
استبعدت حالات الاستشفاء	40	133	$PMI = 3.92 [K^+] - 19.04$	Munoz et al. (2001) [40]
	27	62	$PMI = 5.88 [K^+] - 32.71$	Zhou et al. (2007) [43]
اشتملت الدراسة حالات الانتان والسل	50	120	$PMI = 1.076 [K^+] - 2.81$	Jashnani et al. (2010) [44]
	110	164	$PMI = 5.77[K^+] - 13.28$	Bortolotti et al. (2011) [47]
	60	70	$PMI = 1.377[K^+] - 9.050$	Salam et al.(2012)[48]
تم تكرار فحص العينة	30	32	$PMI = 2.749 [K^+] - 11.98$	Mihailovic et al.(2012)[49]
	170	210	$PMI = 4.701 [K^+] - 29.06$	Siddamsetty et al. (2013)[50]
	35.18	308	$PMI = 2.71 [K^+] - 20.19$	Tumram et al.(2014)[51]
	78.5	100	$PMI = 2.88 [K^+] - 11.86$	Swain et al.(2015)[52]
	46	207	$PMI = 4.962 [K^+] - 47.21$	Tatiya et al.(2015)[53]

Kulkarni et al.(2016)[54]	PMI = 5.27 [K+] – 33.33 (1)	200	42.40	الأولى للعين اليمنى والثانية للعين اليسرى ولكن لا يوجد فرق جوهري بينهما
	PMI = 5 [K'] – 31.15 (2)			
Vaita et al.(2017)[55]	PMI = 3.32 [K+] – 15.52	50	72.45	

الجدول 2. معادلات ارتفاع البوتاسيوم في الخط الزجاجة

جميع المعادلات المقترحة تقوم تقريباً على أساس انتشار البوتاسيوم من الخلايا المحيطة إلى الجسم الزجاجة وفقاً لنموذج خطي وهذا قد يكون منطقياً خلال فترة محددة بعد الوفاة ولكنه ليس مناسباً خلال المرحلة المبكرة بعد الوفاة وكذلك خلال الفترات المتأخرة، فعندما يكون بوتاسيوم الخط الزجاجة هو أهم وسيلة لتقدير زمن الوفاة فعلى الأرجح سيعرض منحنى الانتشار على شكل حرف S، والذي يمكن أن يتغير إلى اليمين أو إلى اليسار، ويُظهر منحدرات مختلفة اعتماداً على العوامل المؤثرة المختلفة. إن كمية البوتاسيوم ضمن الخلايا في مقلة العين محدودة ، وبالتالي فإن زيادة البوتاسيوم في الخط الزجاجة تشكل منحنى خطي متقارب asymptotic curve. ومن العوامل المقترحة المؤثرة على تلك الاختلافات درجة حرارة المحيط [21 ، 33 ، 37 ، 56 ، 57] ، طول فترة النزاع النهائي [6 ، 36] ، الفشل الكلوي [36] ومستوى الكحول في وقت الوفاة [36، 58]. وسوف تناقش تلك العوامل لاحقاً

1.8.2.5. فائدة الخط الزجاجة في تقدير زمن الوفاة

يحافظ الجسم على تركيز عال للبوتاسيوم ضمن الخلايا ، وعادة يكون تركيز البوتاسيوم ضمن الخلايا أعلى من 2 – 40 ضعف تركيزه في الوسط السائل خارج الخلوي [59]، ويتم الحفاظ على هذا التركيز العالي ضمن الخلايا من خلال التوازن بين الشحنات الكهربائية داخل وخارج

الغشاء الخلوي ومن خلال قوى الاستقلاب النشطة التي تضخ الشوارد الكهربائية انتقائياً عبر الغشاء الخلوي. وبعد الموت يحصل توازن ما بين الشوارد داخل وخارج خلوية بمعدل ثابت لأن آلية الضخ تتوقف والجدار الخلوي يصبح شبه نفوذ مما يسمح لشوارد البوتاسيوم بالنفوذ من الغشاء حتى يحصل التوازن الشاردي، وإن معدل تسرب البوتاسيوم الثابت الذي يحصل بعد الموت عبر الغشاء الخلوي يمكننا من استخلاص معادلة تسمح بتحديد زمن الوفاة .

إن الزيادة في تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بعد الوفاة درست بشكل واسع في الأدب الطبي، كما درست العلاقة بين هذه الزيادة وزمن الوفاة.

وكان (Naumann 1959) [60] من أوائل الباحثين الذين أشاروا إلى أن الزيادة الحادة في تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بعد الوفاة تعود إلى التبدلات في النفوذية الغشائية الناجمة عن الانحلال الذاتي لأغشية الخلايا الشبكية والمشيمية في العين. وفي وقت لاحق أكد (Jaffe 1962) [61] ارتفاع البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بعد الوفاة وكان أول من اقترح نموذج إحصائي للعلاقة بينهما؛ حيث أنجز 31 تشريحاً واقترح وجود ارتباط لوغاريتمي بين الفترة الفاصلة بعد الموت وتركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي، كما أنه استبعد في دراسته أن يكون التبخر هو السبب في ارتفاع تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي من خلال البرهنة على ثبات تركيز الصوديوم والكلوريد بعد الوفاة في الخلط الزجاجي. ثم أجرى الباحث (Sturner 1963) [62] دراسة على 91 جثة واقترح معادلة بإيجاد الخط المستقيم الأكثر ملائمة وقام بحسابها بطريقة المربعات الصغيرة وهي:

$$PMI \text{ (hours)} = 7.14 [K^+] - 39.1$$

الخطأ المعياري للخط الأكثر ملائمة لديه كان 4.7 ساعة مع معامل ارتباط 0.99. ثم برهن (Adelson 1963) [6] أن الارتفاع بمستويات البوتاسيوم بعد الوفاة كان خطياً بمرور الزمن، واستخدم (Sturner and Gantner 1964) [7] هذا الارتفاع الخطي لتقدير زمن الوفاة من خلال اقتراح نموذج انحدار خطي يمثل العلاقة بين بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة حيث كان مدى الثقة confidence interval لهذا النموذج $4.7 \pm$ سا عند مستوى 95% ولم يكن هناك أي تأثير للزيادة في زمن الوفاة على مدى الثقة، ولكن التطبيق الأمثل لهذا النموذج بعد الـ 24 ساعة الأولى التي تلي الوفاة، وبدراسة مقارنة لـ (Hansson et al. 1966) تمت على 203 جثث امتد زمن الوفاة فيها من 3-310 ساعة تبين أن هناك ازدياداً كبيراً في مستويات البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وبدا أن الزيادة استمرت حتى 120 ساعة حيث حصل نوع من التوازن أو الاستقرار في انتشار البوتاسيوم عند هذا الوقت [8]، واقترحت الدراسة أن تقدير زمن الوفاة بهذه الطريقة يبقى بعيداً عن الحقيقة وتكمن فائدته في تقدير الزمن الأعظمي للوفاة. وأكد (Lie 1967) على دقة المعادلة التي أوجدها (Sturner and Gantner 1964) وذلك بدراسة شملت 88 جثة؛ حيث تبين أنه وجدت في أربع حالات فقط اختلافات تجاوزت 1 ميلي مول / لتر بين البوتاسيوم المعايير والبوتاسيوم المتوقع [31]. و خفّض (Adjutant and Coutselinis 1972) مدى الثقة بتحديد زمن الوفاة بهذه الطريقة حتى $3.3 \pm$ سا عند مستوى 95% من خلال قياس وحيد للبوتاسيوم خلال 12 سا من الوفاة ومن المثير للاهتمام أنهما خفضا مدى الثقة حتى $1.1 \pm$ سا عند مستوى 95% بأخذ عينات الخلط الزجاجي بفواصل زمني محسوب من كل عين مستخدمين الانحدار الملاحظ في ارتفاع البوتاسيوم واستقراء زمن الوفاة باعتبار البوتاسيوم في اللحظة صفر للوفاة 3.4 ميلي مول/ لتر ورغم هذه التقنية ظلت النتيجة صالحة للتطبيق حتى 12 ساعة فقط ووجدت تلك الدراسة أنه في ثلثي الحالات كان الزمن

الفعلي للوفاة ضمن مدى الثقة $1.1 \pm$ سا لزمن الوفاة التقديري ، ومن الفوائد الأخرى لطريقة أخذ العينات المزدوجة هذه أنه إذا كانت قيمة بوتاسيوم العينة الثانية تتوضع خارج حدود المنحدر التقديري لخط انحدار البوتاسيوم فهذا بدوره يوحي أن العينة الثانية أخذت بعد 12 ساعة من الوفاة[32] ومع ذلك أظهرت العديد من الدراسات أن استخدام تقنية العينات المزدوجة لم تسفر عن نتائج واعدة. وأكدت أيضاً العديد من الدراسات التي أجريت على الكلاب أن الزيادة في بوتاسيوم الخلط الزجاجي تتناسب مع الزيادة في زمن الوفاة[64,63]. وأظهرت دراسة (Agrawal et al. 1983) المجرة على 99 عينة أخذت من 50 جثة وجود معامل ارتباط مثالي ($R = 0.985$) بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة[65]. كما قيّمت دراسة تجريبية كبيرة أجراها (Stephen and Richards 1987) شملت 1427 حالة زمن وفاتها يمتد حتى 35 ساعة ووجدت أن مدى الثقة عند مستوى 95% هو $20 \pm$ سا أعظماً عند التنبؤ العكسي بزمن الوفاة مقابل كل نقطة من تراكيز البوتاسيوم، وأن معامل التحديد ($R^2 = 0.347$) ومعادلة الانحدار الخطي التي تم الحصول عليها لتركيز بوتاسيوم (Y) مقابل الزمن (X) هي :

$$Y = 0.238X + 6.342$$

وشككت هذه الدراسة بالعلاقة بينهما بعد 35 ساعة من الوفاة وكانت التوصية باستخدام هذه المعادلة حتى 35 ساعة فقط[35] . لقد تم مراجعة الدراسات حول العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة من قبل ميديا ورفاقه (Madea et al 1989) وأشاروا إلى أن الاختلافات في حدود الثقة بين الدراسات المختلفة تحد من فائدة بوتاسيوم الخلط الزجاجي كمساعد في تقدير زمن الوفاة، ودرسوا الوفيات المفاجئة ووفيات المشافي الذين عانوا من أمراض مزمنة وفي كلا النوعين كان مدى الثقة بتحديد زمن الوفاة هو $34 \pm$ سا عند مستوى 95% وذلك

حتى 120 ساعة بعد الوفاة، وفي الحالات التي كان تركيز البولة عندها أقل من 100 mg/dl انخفض حد الثقة عند مستوى 95% حتى ± 22 سا ووصل حتى ± 20 سا عند استبعاد الحالات التي زادت بها فترة النزع النهائي عن 6 ساعات [36]. ودرس (parks et al 1989) بوتاسيوم الخلط الزجاجة عند 91 حالة وكان الهدف التحديد الدقيق لزمن الوفاة وسجلت الدراسة فترة ثقة عند مستوى 95% ± 10.5 سا خلال الـ 24 ساعة الأولى للوفاة وازداد بعد ذلك مع زيادة زمن الوفاة ؛ وفي نفس الدراسة ابتكروا طريقة كيميائية لتحديد زمن الوفاة تدمج ما بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجة ومستوى الثري ميتيل ثيرامين (3-MT) في بطامة الدماغ (القسم الوحشي للنواة العنسية) وبينوا أن دقة طريقة (3-MT) لوحدها ليست أفضل من طريقة مستوى البوتاسيوم كما أن طريقة (3-MT) تتأثر بسبب الوفاة كالأدوية المأخوذة قبل الموت ولكن استخدام الطريقتين معاً يحسن من دقة تحديد زمن الوفاة [66]. وذكر (Zangg et al 1997) وجود تغيرات في مستوى البوتاسيوم بمرور الزمن تساعد على تحديد زمن الوفاة؛ حيث أخذ عينات من الخلط الزجاجة والنسيج الكبدي لحيوانات (Cervus Elphus and Odocillus Hemonus) وخلص إلى أن تحليل الخلط الزجاجة يوفر معلومات كيميائية حيوية تلعب دوراً حاسماً في تقدير زمن الوفاة [67]. ثم أجرى (Munoz et al 2001) [40] دراسة في إسبانيا على 133 حالة امتدت حتى 40 ساعة استبعد منها حالات الاستشفاء وتبين له وجود علاقة ارتباط خطية بين تركيز البوتاسيوم والخلط الزجاجة ومثل معادلة الانحدار الخطي التي تم الحصول عليها لتركيز بوتاسيوم (Y) مقابل الزمن (X) على الشكل التالي:

$$Y = 0.17 X + 5.60$$

وأكد (Jashnani et al 2010) [44] بدراسة أجريت في الهند على 120 حالة امتدت حتى 50 ساعة بعد الوفاة اشتملت حالات الانتان والسل وجود علاقة ارتباط خطية بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي والفترة الفاصلة بعد الموت وكان الانحدار لديه شديداً مقارنة بباقي معادلات الانحدار في الدراسات الأخرى (انظر الشكل 7) :

$$Y = 0.929 X + 2.616$$

وكذلك أجرى (Mihailovic et al 2012) [49] على 32 حالة امتدت حتى 30 ساعة بعد الوفاة تم فيها تكرار أخذ العينات بفواصل زمنية بين العينين وأثبت وجود علاقة ارتباط خطية بين مستوى البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة ($r = 927$) وكان لديه معدل انحدار شديد ولكن أقل منه عند Jashnani et al 2010 (انظر الشكل 7) :

$$Y = 0.36 X + 4.35$$

وأكدت مجموعة من الدراسات الأخرى الحديثة فائدة دراسة تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي في تحديد زمن الوفاة من خلال إيجاد معادلات انحدار خطية اختلفت بشكل متفاوت من دراسة لأخرى أمكن بناءً عليها وضع صيغ رياضية للتنبؤ بالفترة الفاصلة بعد الوفاة (Salam et al 2012; Siddamsetty et al 2013; Tumran et al 2014; Swain et al 2015; Tatia et al 2015; Kulkarni et al 2016; Vaita et al 2017) [55,54,53,52,51,50,48] (انظر الجدول 2). وينكر أن (Kulkarni et al 2016) درس 200 حالة امتدت حتى 42.40 ساعة بعد الوفاة ووضع معادلة للعين اليمنى وأخرى للعين اليسرى ولكن لم يكن هناك فرق جوهري بين المعادلتين (انظر الجدول 2).

2.8.2.5. صياغة معادلة على أساس بوتاسيوم الخلط الزجاجي :

إن العديد من المعادلات والصيغ الرياضية وثقت في الأدب الطبي لتقدير زمن الوفاة بدقة بالاعتماد على تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي. ومعظم تلك المعادلات استندت إلى نموذج الانحدار الخطي على افتراض أن الزيادة في تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي هي خطية إلى حد ما بمرور الزمن وتتم تلك التغيرات بمعدل ثابت. إن المعادلة الأكثر انتشاراً وضعت من قبل (Sturner 1963) والتي نصح (Coe 1989) [68] باستخدامها في الممارسة العملية وهي :

$$PMI \text{ (hours)} = 7.14 [K^+] - 39.1$$

ومن المساوئ الأساسية لهذه المعادلة حسب (Madea et al 1990) أن لها انحدار مسطح [69] لذلك نصح ميديا ورفاقه باستخدام معادلتهم [36] وهي:

$$PMI \text{ (hours)} = 5.26 [K^+] - 30.9$$

وبالتالي الانحدار الخطي في معادلة ميديا ورفاقه أكبر منه في معادلة شتورنر. ويرأي ميديا ورفاقه أن معادلة شتورنر بالغت بشكل مطرد في تقدير زمن الوفاة بسبب الميل المسطح لخط انحدارها وبالتالي فإن ليس لديهم انحرافاً مطرداً على اعتبار أن ميل خط الانحدار في معادلتهم أكبر منه عند شتورنر. وفضلوا استخدام المعادلات الأكثر انحدار لتقدير زمن الوفاة لتجنب الزيادة المطردة في تقدير زمن الوفاة (انظر الشكل 6).

وصاغ جيمز ورفاقه (James et al 1997) [39] المعادلة التالية اعتماداً على تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي:

$$\text{PMI (hours)} = 4.32 [K^+] - 18.35$$

وأعطت هذه المعادلة زيادة متوسطة في تقدير زمن الوفاة بمقدار 4 ساعات مع انحراف معياري (SD=18houes) وباستبدال بياناتهم بمعادلة شتورنر وميديا ورفاقه على التوالي تبين أن هناك زيادة في التقدير بمقدار 9 ساعات وانحراف معياري (SD=30hours) عند الأول و نقص في التقدير بمقدار ساعتين وانحراف معياري (SD=22) عند الثاني .

أجرى جاميرو ورفاقه (Gamero et al 1992)[70] دراسة مقارنة على مجموعة معادلات صيغت لتقدير زمن الوفاة اعتماداً على تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة من قبل عدة باحثين؛ حيث أبدوا رأياً بأن معادلة (Cespedes et al 1979) تعطي تقديرات زمنية أقل عند الاستقراء[71]، بينما المعادلة المقترحة من قبل (Adjutantis and Coutselinis 1972) أدت لنقص مطرد في تقدير زمن الوفاة[32]؛ ولم يلاحظوا مثل هذا التباين في معادلة (Madea et al 1989)[36] وبالتالي فإن هذه المعادلة تعطي تقديراً لزمن الوفاة بدون وجود انحراف مطرد في تقدير زمن الوفاة وهذا يعني أن رأي (Gamero et al 1992) كان مماثلاً لرأي (Madea et al 1990) بأن معادلة شتورنر تعطي زيادة مطردة في تقدير زمن الوفاة [70,69,62].

قام لانغه ورفاقه (Lange et al 1994)[38] بتحليل البيانات الأساسية لست معادلات لباحثين مختلفين (Sturner et al 1963;Hughes 1965;Lie 1967;Coe 1969;Stegmaier 1986;Madea et al 1971)[73,46,31,72,62] وكان هدف الدراسة تحديد زمن الوفاة بدقة تعلو دقة أي معادلة منفردة واستخدموا البيانات الأساسية لتلك الدراسات خلال الفترة الزمنية الممتدة بين عامي 1963-1989 والمقارنة بين 790 حالة؛ حيث توصلوا إلى أن العلاقة بين

تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة ليست خطية بشكل كامل و إن تباين البواقي residual variability لبوتاسيوم الخلط الزجاجي كدالة على زمن الوفاة لم يكن ثابتاً. وقاموا بصياغة نموذج لتقدير زمن الوفاة يتكيف مع هذه العلاقة اللا خطية و يغير من تباين البواقي. تم جمع البيانات الأساسية من الدراسات الست لصياغة خط منحنى واحد بمستوى ثقة 95% واستخدم هذا المنحنى للتنبؤ بزمن الوفاة من أجل قيم بوتاسيوم الخلط الزجاجي بمختلف مستوياته المنخفضة والمتوسطة والعالية. وتوصلت الدراسة إلى أن موثوقية دقة تقدير زمن الوفاة تنقص كلما ازداد بوتاسيوم الخلط الزجاجي وأن دقة هذا النمط المنحنى تفوق دقة أي من تلك الدراسات بمفردها .

أعد أورتمان ورفاقه (Ortman et al 2016) [74] دراسة لبيان دقة تقدير زمن الوفاة من خلال بوتاسيوم الخلط الزجاجي باستخدام خمس معادلات لباحثين مختلفين (Strner et al 1964;Madea et al 1989;James et al 1997;Munos et al 2001;Jashnani et al 2010) [44,40,39,36,7] طبقت على 600 عينة عشوائية، وتم حساب متوسط الفرق والانحراف المعياري عند فترة ثقة 95 % بين الزمن الحقيقي والزمن المتوقع للموت وتبين أن أفضل النتائج كانت مع المعادلات بانحدار وسطي يتراوح ما بين 0.17-0.19 ميليمول/ ل /سا أما المعادلات بانحدار سطحي أو حاد فقد أعطت انحرافاً معيارياً كبيراً بين الزمن الحقيقي للوفاة والزمن المتوقع ولم تسمح بالتالي بتقدير زمن الوفاة بشكل معقول.

1.2.8.2.5. الانحدار وثابت الانحدار الخطي

على الرغم من كل التقارير المتضاربة في الأدب الطبي بخصوص الاختلاف في مدى الثقة عند مستوى 95% للدراسات المختلفة التي تقدر زمن الوفاة بحساب تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي

إضافة للتضارب حول أي من تلك المعادلات هو الأفضل فإن هناك إجماع على أن هناك زيادة خطية بمستوى بوتاسيوم الخلط الزجاجة مرتبطة بازدياد زمن الوفاة (Hansson et al 1966;jaffe 1962;Bito 1970;Adjutantis and Coutselinis 1972;Komuro and Oshiro 1977;Foerch et al 1979;Blumenfeld et al 1979;Forman and Butts et al 1980;Farmer et al 1985;Choo-Kang et al 1983; Stephen and Richards 1987 [35,80,79,78,77,76,33,32,75,61,8]. وبعض هذه الدراسات وجد أن ارتفاع بوتاسيوم الخلط الزجاجة يكون على طورين ويكون الطور الأول أكثر انحداراً ويمثل الساعات الأولى بعد الوفاة (Coe 1969;Choo-Kang 1983)[80,46].

أجرى (Sturner 1963) و (Sturner and Ganter 1964) دراسة على 54 حالة ووجد أن الانحدار Slope: 0.14 ميلي مول / ل/سا والثابت Intercept 5.6 ميلي مول/ل [7,62]. والانحدار عند (Adelsone et al 1963) 0.17 ميلي مول/ل/سا والثابت 5.36 ميلي مول/ل [6]، بينما وجد (Hughes 1965) أن نموذج الانحدار الخطي ثنائي الطور حيث يرتفع بوتاسيوم الخلط الزجاجة بانحدار أعظمي 0.12 ميلي مول/ل/سا والثابت هو 4.98 ميلي مول/ل [72] . وفي دراسة شملت عينات تعود لفترة طويلة بعد الوفاة تصل حتى 250 ساعة بعد الوفاة كان الانحدار 0.17 ميلي مول/ل/سا وكان الثابت كبيراً 8 ميلي مول /ل (Hansson et al 1966) [8]، بينما وجد Coe أن الانحدار 0.332 ميلي مول/ل/سا خلال الـ 6 ساعات الأولى من الوفاة وبعد ذلك أصبح الانحدار 0.1625 ميلي مول/ل/سا والثابت كان 4.99 ميلي مول/ل و 6.19 ميلي مول/ل على التوالي. أما دراسة (Adjutantis and Coutselinis 1972) [32] التي درست عينات مأخوذة خلال زمن قصير بعد الوفاة يصل

فقط حتى 12 ساعة وجدت أن الانحدار كان كبيراً 0.55 ميلي مول/ل/سا وهذه الدراسة تتماشى مع الدراسات التي تقول بأن ارتفاع بوتاسيوم الخلط الزجاجي يكون ثنائي الطور بمرور الزمن بعد الوفاة (Coe 1969;Choo-Kang et al 1983) [79,46]. إن دراسة (Stephens and Richards 1987) التي أجريت على عينة كبيرة من الجثث غير المجمدة 1427 عينة من كل الاعمار وجدت ارتفاع البوتاسيوم في الخلط الزجاجي هو ارتفاع خطي بمرور الزمن وأن الانحدار 0.238 ميلي مول/ل/سا والثابت 6.342 ميلي مول/ل [35]. وأيضاً أكد (Madea et al 1989) وجود علاقة ارتباط خطية بين بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة تمتد حتى 120 ساعة وأن الانحدار 0.19 ميلي مول/ل/سا والثابت 5.88 ميلي مول/ل [36]. وكذلك وجدت دراسة (Jame et al 1997) أن الانحدار 0.23 ميلي مول/ل/سا والثابت 4.2 ميلي مول/ل [39]. وفي دراسة شملت البيانات الأساسية لست دراسات كما فعل (Lange et al 1994) بهدف استخلاص معادلة خطية بسيطة مناسبة كان الانحدار 0.173 ميلي مول/ل/سا والثابت 5.695 ميلي مول/ل وكان هذا الانحدار أشد من الانحدار عند بعض الدراسات (Sturner 1963;Adelsone et al 1963) [6,62] والانحدار مسطح أكثر منه عند ميديا (Madea 1989) [36]. والانحدار عند (Munos et al 2001) 0.17 ميلي مول/ل/سا والثابت 5.60 ميلي مول/ل [40] ، أما عند (Jashnani et al 2010) 0.929 ميلي مول/ل/سا والثابت 2.616 ميلي مول/ل [44] والانحدار هنا أشد منه عند كل الدراسات الأخرى، ووجدت دراسة أجريت في مصر من قبل (Salam et al 2012) أن الانحدار 0.72 ميلي مول/ل/سا والثابت 6.57 ميلي مول/ل [48] ويلاحظ أيضاً أن الانحدار كان شديداً، وعند (Tatiya et al 2015) فقد كان الانحدار 0.204 ميلي مول/ل/سا والثابت 9.6315 ميلي مول/ل فترة الثقة كانت ± 16.74 سا [53]، والانحدار عند

(Kulkarni et al 2016) بدراسة شملت 200 حالة وامتدت حتى 42.40 ساعة بعد الوفاة كان 0.19 و 0.2 ميلي مول/ل/سا والثابت 6.34 و 6.23 ميلي مول/ل وذلك للعين اليمنى واليسرى على التوالي بدون أن يجد فرقاً ذو دلالة إحصائية وكانت معادلته أقرب أى معادلة ميديا[54] ، وفي دراسة (Vaita et al 2017) التي امتدت حتى 72.45 ساعة بعد الوفاة وشملت 50 عينة كان الانحدار 0.3 ميلي مول/ل/سا والثابت 4.67 ميلي مول/ل[55]

9.2.5. العوامل المؤثرة في تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي

إن استخدام تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي في تقدير زمن الوفاة بقي محدوداً لأن العديد من الباحثين وصلوا لنتائج مختلفة من جهة، ولعدم وجود معادلة موحدة بين تلك الدراسات، والسبب وراء ذلك أنه يوجد العديد من العوامل التي من الممكن أن تؤثر على حالة بوتاسيوم الخلط الزجاجي بعد الوفاة. وقد صنفت تلك العوامل إلى عوامل خارجية وعوامل داخلية (Coe 1989) [68]: العوامل الخارجية تتضمن طريقة أخذ العينات، الأدوات والأجهزة المستخدمة، درجة حرارة المحيط الذي توجد فيه الجثة ورطوبة الجو. وقد يكون بعضها المسؤول عن الاختلافات في نتائج الدراسات مثل طريقة أخذ العينات والأدوات والوسائل المستخدمة لإنجاز التحاليل. وأهم العوامل الداخلية التي من الممكن أن تؤثر على تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي الحالة الاستقلابية للمتوفى قبل الموت و العمر.

1.9.2.5. درجة حرارة المحيط : تحدث العديد من الباحثين عن تأثير درجة حرارة المحيط على

بوتاسيوم الخلط الزجاجي بعد الوفاة، وكان (Komuro and Oshiro 1977) [33] من أوائل الرواد الذين وثقوا لوجود تأثير هام لدرجة حرارة المحيط على تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي بعد الوفاة ؛ حيث وجدوا أن الجثث الموجودة في وسط درجة حرارة دافئة أو عالية لديها معدل زيادة

في تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي أكثر من الجثث الموجودة وسط درجة حرارته أخفض. ونفس الملاحظة وثقت من قبل (Coe 1973)[68] الذي لاحظ بأن درجة حرارة المحيط المرتفعة تسرع الارتفاع بمستوى تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي أكثر منه عند الجثث الموجودة بدرجات حرارة الغرفة. تم إثبات نفس التأثير على الحيوانات من خلال دراسة أجراها (Schoning and Strafuss 1980) على الكلاب البالغة المهجنة؛ حيث لاحظا أن مستوى بوتاسيوم الخلط الزجاجي ارتفع بشكل ثابت مع ارتفاع درجات الحرارة[64]. وقام الباحثين (Mc Laughlin and Mc Laughlin 1987:1988) بدراسة على الخلط الزجاجي للخيول والمواشي والخنازير لتقييم تأثير درجة الحرارة على الكيمياء الحيوية للخلط الزجاجي بعد الوفاة، وتم دراسة التأثير على العينات ضمن درجات الحرارة بين 4° - 37° خلال فترات زمنية مختلفة؛ حيث لاحظا أن تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي كان أكثر استقراراً بشكل عام في درجات الحرارة المنخفضة ويزداد مع مرور الوقت، ومع رفع درجات حرارة العينات في الحواضن[81,21]. وفي المقابل لم يلاحظ بعض الدارسين أي تأثير هام لدرجات الحرارة على مستويات بوتاسيوم الخلط الزجاجي مثل (Jaffe 1962, Adelson et al 1963, Sturner 1963, Sturner and G)[7,62,6,61]. وذكر (Bray 1984) في دراسته ان ارتفاع الانحدارات في تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي بعد الوفاة كان موحداً ضمن مدى درجات الحرارة المختلفة، على الرغم من أن تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي في تلك الدراسة كان منخفضاً في العينات بدرجة حرارة باردة أكثر من العينات الموضوعة بوسط درجات حرارة أعلى ولكن تلك الاختلافات لم تكن ذات دلالة إحصائية هامة[56].

2.9.2.5. الحالة الاستقلابية للمتوفى قبل الموت:

بناءً على الدراسة التي أعدها (Madea et al 1989) [36] على الوفيات المفاجئة والوفيات التي حدثت بعد أمراض مزمنة ضمن مدى زمني امتد حتى 120 ساعة بعد الوفاة، تم تحديد زمن الوفاة بمعايرة بوتاسيوم الخلط الزجاجة ضمن مدى ثقة ± 34 سا عند مستوى 95% [36]، وعلى اعتبار أن (Coe 1969) [46] أول من لاحظ أن اليوريا من أكثر مركبات الخلط الزجاجة المعايير ثباتاً بعد الموت فقد اعتبرت تلك الدراسة أن مستويات اليوريا العالية في الخلط الزجاجة من المؤشرات الدقيقة على احتباس اليوريا قبل الوفاة وليست من نواتج المركبات ما بعد الوفاة. ولاحظت تلك الدراسة أن ميل الانحدار لتحديد زمن الوفاة يعتمد على كمية احتباس النتروجين يوريا في الجثث؛ ففي الحالات التي كان فيها تركيز اليوريا أقل من 100mg/dl انخفض مدى الثقة بتحديد زمن الوفاة إلى ± 22 سا عند مستوى 95% ولما تم استبعاد الحالات التي زادت فيها فترة النزح النهائي عن 6 ساعات ازداد انخفاض مدى الثقة بتحديد زمن الوفاة إلى ± 20 سا عند مستوى 95%، وبالتالي فإن استبعاد كل من الحالات التي يزيد فيها تركيز اليوريا عن 100mg/dl والحالات التي تزيد فيها فترة النزح النهائي قبل الوفاة عن 6 ساعات معاً يجعل مدى الثقة بتحديد زمن الوفاة ± 20 سا عند مستوى 95%. وأيد ذلك كل من (Sturner 1963) و (Aelsone et al 1963) حيث لاحظا أن قيم البوتاسيوم في الخلط الزجاجة المأخوذ من الجثث التي عانى أصحابها من أمراض مزمنة كانت أعلى بشكل شاذ من قيم البوتاسيوم المأخوذ من الوفيات التي قضت بأمراض حادة أو نتيجة حوادث رضية [6,62]. وهذه الاختلافات ربما تعود إلى نتيجة تأثير التوازن الشاردي الذي يحدث قبل الوفاة بفعل الأمراض المزمنة، وهذا يمكن أن يفسر مدى الثقة بتحديد زمن الوفاة ± 22 سا عند مستوى 95% المثبت من قبل ميديا عندما استبعد الحالات التي كان تركيز اليوريا عندها أكثر من

100mg/dl؛ حيث أن اليوريا تلعب دوراً مركزياً في الاستقلاب الشاردي فإن أي خلل في الاستقلاب اليوريميائي قد يشكل دليلاً على وجود أمراض مزمنة. وعلى العكس من ذلك فقد وجدت دراسة (Hansson et al 1966) أن تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي لم يتأثر بسبب الوفاة [8] وهذا متناقض تماماً مع النتائج التي توصل إليها (Madea et al 1989) [36] الذين أفادوا بأن العلاقة بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي والفترة الفاصلة بعد الوفاة تكون أفضل في الوفيات المفاجئة والرضوض. وكذلك قد يؤثر القصور الكلوي على بوتاسيوم الخلط الزجاجي بعد الوفاة لأنه يزيد مستويات البوتاسيوم خارج الخلية [36].

3.9.2.5. العمر:

لاحظت دراسة لـ (Gardiner et al 1990) أن هناك تأثير للعمر على الكيمياء الحيوية للخلط الزجاجي بعد الوفاة مثبت إحصائياً؛ حيث أجريت الدراسة على عينات من الخلط الزجاجي مأخوذ من الدجاج من نوع (Gallus Domesticus) ووجد الباحثون أن هناك تغيرات هامة في تركيز الأيونوزين، الهيبوكزاننتين، حمض البول، الأوراسيل واليوريدين تترافق مع التقدم في العمر؛ فبعد الأسابيع الأولى من الحياة يبدأ تركيز تلك المركبات بالانخفاض الذي يستمر مع التقدم بالعمر وهذا يعود لتبدلات وراثية في الاستقلاب و للتقدم في العمر [82]. ولاحظت الدراسة التي أجراها (Crowell and Duncan 1974) على الخلط الزجاجي لمجموعة من الكلاب أن هناك زيادة في مستوى البوتاسيوم عند الكلاب من المجموعات العمرية الصغيرة مقارنة بالكبيرة وفسرت الدراسة هذا الاختلاف بأنه ربما يعود لصغر الكرة العينية عند الكلاب الصغيرة الذي شكل صعوبات في سحب العينات من الخلط الزجاجي وربما أدى ذلك إلى تلوث العينة بسائل الخلط المائي أو الدم [83]. وفي نفس السياق اقترح كل من (Blumenfeld et al

1980 Mason et al 1979) أن العمر يؤثر على تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة بعد الوفاة؛ حيث أن ميل الانحدار أشد عند الأطفال منه عند البالغين وهذا يمكن أن ينسب إلى أن قطر العين عند الأطفال أصغر منه عند البالغين ومن المهم أن نأخذ هذا الاختلاف في الأقطار عندما نقدر زمن الوفاة [84,77] . وأوضح (Madea et al 1994) أن ميل التراكيز (التدرج) الموجودة في العين البشرية ساعد بانتشار المكونات الكيميائية الحيوية من الشبكية إلى الخلط الزجاجة بعد الوفاة ، وبما أن قطر العين - الذي يلعب دوراً في الانتشار - عند الأطفال أصغر منه عند الكبار تكون مكونات الخلط الزجاجة بعد الوفاة عند الاطفال أعلى منها عند الكبار وذلك وفقاً لقانون فيكس للانتشار (Ficks Law of Diffusion)، ولهذا فإن المعادلات التي تستخدم للتنبؤ بزمن الوفاة عند الكبار غير مناسبة لتطبق على الأطفال لأن تركيز شوارد البوتاسيوم عندهم في الخلط الزجاجة أعلى [85]. ويذكر أن تأثير قطر الخلط الزجاجة عند مجموعات عمرية مختلفة قد درس بكثير من التفاصيل من قبل (Larsen et al 1971) [86].

4.9.2.5 . العوامل المؤثرة الأخرى [74]:

١. مكان أخذ العينات : من جثث مقبولة في المشافي أم أحضرت للتحقيقات الجنائية. وهل هي وفيات مفاجئة أم جنائية أم رضية.

٢. طول فترة النزع النهائي قد تؤثر على مستوى تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجة لذلك استبعدت بعض الدراسات الحالات التي زادت فترة النزع النهائي عن 6 ساعات.

٣. التأثير الاحتمالي لمستوى الكحول في الدم لحظة الوفاة؛ حيث أشارت دراسة (Medea et al 1989) إلى احتمال وجود تأثير للإدمان الكحولي لحظة الوفاة على شوارد

الخلط الزجاجي وذلك لأن الكحول من الممكن أن يلعب دوراً في التأثير على أسمولية السائل الزجاجي وبالتالي يؤثر على تركيز الشوارد في الخلط الزجاجي [36].

٤. توزع الحالات خلال الفترة الفاصلة بعد الوفاة.

٥. الأدوات المستخدمة لأخذ العينات وطريقة أخذها؛ حيث قامت معظم الدراسات بسحب العينات بإبرة عقيمة قياس 16-20، وتم السحب على بعد 5-6 مم عن اللم وادخلت الإبرة باتجاه مركز العين وتم سحب من 1-2 مم من الخلط الزجاجي.

٦. الطرائق المستخدمة لتحليل العينات هل تمت بالمقياس الضوئي اللهبى flame photometer أم بطريقة التحليل الشاردي Ion selective method.

٧. هل تم تجميد العينات أم تم تحليلها مباشرة؛ حيث أظهرت دراسة (Jashnani et al 2010) أن تجميد العينات لا يؤثر على العلاقة بين البوتاسيوم وزمن الوفاة [44].

٨. هل العلاقة بين البوتاسيوم وزمن الوفاة هي علاقة خطية أم منحنى له طورين كما هو الحال عند (Coe 1969) [46].

وقد أشارت دراسة (Crowell and Duncan 1974) المجراة على الكلاب بأن وزن الكلب - الذي يعكس عمره - يؤثر على تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي بعد الوفاة [83] بدون وجود دراسات حول ذلك عند البشر.

10.2.5. فائدة مكونات الخلط الزجاجي الأخرى في تقدير زمن الوفاة :

على الرغم من أن البوتاسيوم درس بشكل واسع كأحد مكونات الخلط الزجاجي لتقدير زمن الوفاة إلى أن هناك مكونات أخرى للخلط الزجاجي تلعب دوراً في تقدير زمن الوفاة مثل الهيبوكزانين، الكالسيوم والمغنسيوم ولكنها ليست مجالاً للبحث هنا .

11.2.5. الفرق في بوتاسيوم الخلط الزجاجي بين العينين :

إن العوامل المختلفة التي نوقشت سابقاً والتي من الممكن أن تؤثر على تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي هي السبب الأساسي وراء عدم التوافق حول فائدة الخلط الزجاجي في تقدير زمن الوفاة. ومن أهم القضايا التي أثارت عدم فائدة المكونات الكيميائية الحيوية للخلط الزجاجي في تقدير زمن الوفاة وجود فروقات في تلك المكونات بين عينين في زمن وفاة متماثل. افترض معظم الباحثين في دراساتهم أن المكونات الكيميائية الحيوية للخلط الزجاجي متماثلة في العينين وتحدث التغيرات فيه بمعدل متماثل بمرور الوقت. ومع ذلك ظهرت دراسات تحدثت عن وجود فرق جوهري في المكونات الكيميائية الحيوية للخلط الزجاجي بين العينين بعد فترة زمنية متماثلة من الوفاة (Balasooriya et al 1984) [87] و (Madea 1989) [36]؛ حيث شملت تلك الفروقات بين العينين البوتاسيوم، الصوديوم، الكلورايد والكالسيوم ولكنها لم تشمل اليوريا. وذكرت دراسة لاحقة (Pounder et al 1998) بأن هناك فروقا بين العينين في تركيز البوتاسيوم تباين بين 0 - 2.34 ميلي مول/ل أو 0% - 21.8% من المتوسط [88]. وهذا بدوره طرح أسئلة حول عدم فائدة الخلط الزجاجي في تقدير زمن الوفاة ولكن بالمقابل ذكر المؤلفون أنه من المحتمل أن تلك الفروقات تعود لطرائق أخذ العينات. واكتشفت دراسة ل (Tagliaro et al 2001) وجود اختلافات في تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي لكتلتا

العينين وذلك باستخدام تقنية أخذ العينات الجزئي والرحلان الكهربائي الشعري، ولكن تلك الاختلافات في مستويات البوتاسيوم بين العينين عند فترات زمنية متماثلة بعد الوفاة لم تكن ذات دلالة إحصائية؛ وهذا بدوره عزز من إمكانية استخدام الخلط الزجاجي كوسيلة مهمة في تقدير زمن الوفاة [89]. وعلى الرغم من أن (Kulkarni et al 2016) وضع صيغتين رياضيتين لتوقع زمن الوفاة خاصتين بالعين اليمنى واليسرى إلا أنه لم يجد فرقاً جوهرياً بينهما [55] انظر الجدول 2 .

12.2.5. تقدير زمن الوفاة بالطرق غير الكيميائية [90]

يعتمد تقدير زمن الوفاة على:

- i. معدل الهبوط الحراري وهو الأهم.
- ii. الزرقة الجيفية.
- iii. الصلابة الجيفية.
- iv. عملية التفسخ.
- v. المنعكسات الموتية (فوق الحياتية) المثارة كهربائياً.
- vi. إفراغ المعدة والجهاز الهضمي.
- vii. Flow Cytometry
- viii. فعاليات الحشرات.
- ix. معالم مسرح الحادث.

أولاً: معدل الهبوط الحراري

إن درجة الحرارة T تنقص على الشكل التالي:

- درجة كل ساعة خلال الـ 8 ساعات الأولى بعد الوفاة.
- درجة كل ساعة ونصف إلى ساعتين خلال الـ 16 ساعة التالية لـ 8 ساعات الأولى (8-24 ساعة).

ملاحظة: تصبح درجة حرارة الجثة معادلة لدرجة حرارة الوسط المحيط بعد 24 ساعة.

وتكون معادلات معدل الهبوط الحراري لتقدير زمن الوفاة غير دقيقة في بعض الحالات وهي:

١. درجة حرارة الجثة تعادل درجة حرارة الوسط المحيط أو أقل منه.
٢. وجود تغيرات حرارية نهائية ليلية خاصة في المناطق الصحراوية.
٣. إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط أكثر من 32 درجة مئوية.
٤. في حالة وفاة مع ارتفاع درجة حرارة الجثة لأسباب انتانية أو أية أسباب أخرى قبل الوفاة.

وقد وضعت معادلات خاصة لتقدير زمن الوفاة اعتماداً على درجات الحرارة وكذلك وضعت مخططات خاصة من أجل ذلك وطبعاً قد لا يكون تقدير زمن الوفاة اعتماداً على درجات الحرارة دقيقاً دائماً وذلك يتبع لفترة الوفاة المقدرة وذلك حسب التالي:

- إذا كانت حالة الوفاة قد حدثت منذ فترة لا تزيد عن 12 ساعة أي $T \leq 12$ فيعد ذلك تقدير درجة حرارة أولي دقيق .
- أما بين 12 - 20 ساعة فيعد تقديراً وسطاً.

- أما أكثر من 20 ساعة يعدّ تقديراً بعيداً أو غير دقيق .

ولتقدير زمن الوفاة بشكل وسطي نلجأ لما يلي :

- نضيف ± 3 ساعات على الأقل إذا حدثت الوفاة منذ فترة لا تزيد عن 12 ساعة $(T \leq 12)$.

- نضيف ± 6 ساعات على الأقل إذا كانت T بين 12 - 20 ساعة .

- نضيف $\pm 8 - 10$ ساعات على الأقل إذا كانت T أكثر من 20 ساعة .

ملاحظة : كلما ارتفعت درجة الحرارة أصبح مجال التقدير أكبر.

ثانياً : الزرقة الجيفية :

- الزرقة الجيفية (الرمية) تمر بثلاث مراحل وهي : الركودة، النفوذ، التشرب .
- ولتحديد زمن الوفاة بالاعتماد على الزرقة نقوم بتطبيق ضغط (بواسطة جهاز خاص بوزن (2 كغ /سم²) ثم نرفع هذا الجهاز ونلاحظ الفترة اللازمة لعودة الزمن).

المرحلة	الزمن المنقضي منذ الوفاة	الزمن اللازم لعودة اللون
الركودة (1 - 8) ساعة	2 ساعة	5 - 10 ثواني
	4 ساعة	30 ثانية وسطياً
	6 - 8 ساعة	1 - 2 دقيقة
النفوذ (10 - 24) ساعة	10 - 12 ساعة	5 - 8 دقيقة
	14 - 16 ساعة	8 - 10 دقيقة

10 - 15 دقيقة	18 - 24 ساعة	
أكثر من 15 دقيقة	24 - 48 ساعة	التشرب (24 - 48) ساعة

ثالثاً : الصمل الرمي (الصلابة العضلية الرمية):

نذكر قاعدة الساعتين : ينتقل الصمل للأسفل ساعتين ساعتين حتى يصل الطرفين السفليين يستغرق 12 ساعة ليشمل كامل الجسم ثم يحدث الارتخاء والترتيب نفسه من الأعلى إلى الأسفل.

الصلابة	زمن الوفاة
العضلات والمفاصل مرتخية (استرخاء أولي) يعني الصلابة لم تتشكل	أقل من 2 - 3 ساعات
الصلابة متشكلة فقط في المنطقة العلوية (وجه، رقبة ، فك سفلي)	يصل 4 - 6 ساعات
الصلابة متشكلة في كل الجسم	يصل 12 ساعة
العضلات والمفاصل مرتخية بشكل كامل بعد الصمل	لا يقل عن 24 ساعة

ملاحظات:

- هذه الأرقام المذكورة غير دقيقة تماماً وتختلف من مرجع لآخر وترتبط مثلاً بدرجة الحرارة وحالة الوفاة وسبب الوفاة.
- الارتخاء الأولي سببه توقف الفعاليات العصبية الناجمة عن الموت السريري.
- بينما الارتخاء الثانوي سببه نفاذ الغليكوجين من مخازنه في الأعضاء.
- وكل هذا سابق لدخول الجثة بالبراد.

رابعاً: التفسخ

المظهر المميز	زمن الوفاة
تظهر بقعة خضراء على البطن	بنهاية 24 ساعة الأولى
زيد مدمى من الأنف والفم وينبثق البطن	بعد 2 - 5 أيام
تسيل مقلة العين	بعد 7 - 10 أيام
شرانق فارغة بدرجة (18 - 22) درجة مئوية	شهر على الأقل
زوال الأربطة المفصليّة مع بقاء السطوح المفصليّة	3 أشهر على الأقل
زوال السطوح المفصليّة والسطوح الزلقة	6 أشهر على الأقل
العظام مفردة (زوال ارتباطها) ونظيفة (تآكل السطوح المفصليّة) ولونها طباشيري أبيض	6 أشهر وحتى السنة

ملاحظة : سيلان مقلة العين يتعلق بالتحلل الذاتي أكثر من تعلقه بالتفسخ فيما يحدث بروز عيين في التفسخ نتيجة زيادة الضغط بفعل غازات التفسخ.

خامساً : المنعكسات فوق الحياتية (الموتية)

- العضلات يظل فيها نوع من التنظيم الذاتي للتقلص العضلي الذي يدوم لفترات طويلة دون أي علاقة مع المراكز الحيوية الأساسية، فأى عضلة بالجثة إذا قرعنا عليها (حرضنا ميكانيكياً أو كهربائياً) يمكن أن تعطينا استجابة ما حسب زمن الوفاة المنقضي منذ لحظة الوفاة وحتى لحظة القرع .

- عموماً العضلات التي نقرع عليها هي:

- أ- العضلات بين الأمشاط :إذا قرعنا خلال فترة لا تتجاوز ساعة ونصف من الوفاة تؤدي إلى حركة تقرب للأصابع.
- ب- الوجه الأمامي للثالث السفلي للفخذ: القرع عليها يؤدي لتقلص مربعة الرأس الفخذية.

- ت- المنطقة بين لوح الكتف (زاويتي لوح الكتف العلويين) يؤدي القرع إلى تقرب لوح الكتف للإنسي

هذه المجموعات العضلية :

(a) تعطي خلال 1.5 ساعة بعد الوفاة استجابة طبيعية.

(b) تعطي خلال 1.5 - 2.5 ساعة استجابة خفيفة.

(c) تعطي خلال 2.5 - 8 ساعات استجابة غير نظامية (قد تتقلص ولا ترتخي)

تنبيه العين :

A. الطريقة الأولى: جهاز بيل لتنبيه عضلات العين الداخليه (عضلات القزحية): بواسطة

مسمار ناعم يدخل عبر بؤبؤ العين ويعطي تنبيه كهربائي نحصل على النتائج التالية:

الاستجابة	زمن الوفاة
تقلص الحدقة وارتخائها	حتى 2.5 ساعة
تقبض الحدقة فقط	بين 2.5 و 5 ساعات
تقبض مع تشوه بدائرة الحدقة	بين 7 و 18 ساعة
لا يحدث تقبض فقط تشوه بشكل الحدقة	بين 25 - 30 ساعة أكثر من يوم

B. طريقة ثانية : وهي إحداث تنبيه كيميائي في العين :

- تقطير الأتروبين أو البيلوكارين فيحدث تقبض حدقة.
- أو بتقطير الادرينالين يحدث توسع الحدقة.
- تحدث استجابة نظامية إذا كان زمن الوفاة حتى 5 - 7 ساعات أما تقلص (تقبض) او ارتخاء (توسع).
- والطريقة الأفضل هي حقن هذه المواد في البيت الأمامي للعين وعلى هذا فهي تعطي استجابات نظامية حتى بحدود 24 ساعة من الوفاة.

قياس نشاط الغدد العرقية :

- مسح الجلد وتنظيفه باستخدام الإيتير.
- ثم نقوم بحقن الادرينالين (الذي يسبب زيادة إفراز العرق) بمقدار 1 سم³ تحت الجلد.

- يحدث إفراز للغدد العرقية خلال (1-1.5) ساعة من الحقن، وليس مباشرة كما في استجابة القزحية .

- يستمر حتى 30 ساعة بعد الوفاة .

سحب الحيوانات المنوية من الحويصل المنوي للجثة ومراقبة حركتها:

وهي طريقة شائعة علمياً حيث :

- تحتفظ الحيوانات المنوية بحركتها بشكل شبه طبيعي (60%) لمدة عشر ساعات بعد الوفاة.
- وقد تحتفظ بحركة ضعيفة (10-20%) حتى لو كان الوفاة قد حدث منذ 24 ساعة.

فعاليات الحشرات :

- بدرجة حرارة (18-22) درجة مئوية.
- يأتي الذباب ويبيض على فتحات الأجواف الطبيعية من 10 - 15 ساعة.
- تتشكل يرقات بيضاء ناعمة بطول ميليمترات الى 0.5 سم خلال 15 - 30 ساعة.
- وتتمو اليرقات (1سم) خلال 15 يوم.
- وتتحول إلى يرقات ناضجة ثم تتحول إلى يرقة مشرقة محاطة بغلاف كيتيني (تدعى الخادرة) وتدخل في سبات لمدة 15 يوم أيضا (خادرة 15 - 30 يوماً).
- بعدها تتحول إلى حشرة ناضجة مجنحة.
- وجود شرائق فارغة يدل على أن زمن الوفاة شهر على الأقل.

إفراغ المعدة والجهاز الهضمي :

- إذا كانت الوفاة قد حدثت بعد تناول الطعام:
 - فتح المعدة ومراقبة شكل الطعام: من حيث الهضم وتحوله لكيلوس وخروجه للأمعاء، أو بقائه كتلة صلبة أو عجينة أو مفتتة.
 - وعموما المعدة تفرغ محتواها خلال (3 - 6) ساعات بعد آخر وجبة وهذا مهم لأنه من الممكن أن تحوي المعدة على مواد سامة أو كحول تكتشف بالفحص.
- ملاحظات :إذا وجدنا طعاما فهذا يعني أن الوفاة حدثت قبل 6 ساعات.

نمو شعر اللحية:

- حيث تنمو هذه الاشعار بمعدل 0.4 ملم/يوم وبالتالي عند معرفة تاريخ آخر حلقة نستطيع أن نعرف متى توفي بعد آخر حلقة (اعتماداً على طول هذه الاشعار)
- الآلية : بصبغ أشعار لحية الجثة ثم نتف (15) شعرة وعن طريق قياس طول الجزء المصبوغ نستطيع أن نحدد مقدار نمو الشعرة.

طريقة FLOW CYTOMETRY

- يقارن مقدار تخرب DNA وانهدامه في خلايا المتوفي مع مقدار تخرب DNA وانهدامه في خلايا متوفي معروف زمن وفاته.

معالم مسرح الوفاة:

- جثة مرتدية البيجاما — الوفاة حدثت في البيت.
- جثة بثياب العمل — الوفاة حدثت خلال فترة العمل.

- الجثة في غرفة والمصباح مضاء — الوفاة حدثت ليلاً.
- آخر تاريخ للصحف الموجودة في المكان.

6. الاعتبارات الأخلاقية :

تتمثل بموافقة قسم الطب الشرعي بجامعة دمشق ، وسيتم الحصول على موافقة قاضي التحقيق أو النيابة العامة المشرف على الكشف على كل حالة ، كما أن أخذ العينات يأتي في سياق المهام الروتينية للطبيب الشرعي عند الكشف الطبي الشرعي على الجثث .

القسم العملي

7. المواد وطريقة البحث :

قمنا بأخذ عينات الدراسة من الجثث التي أُحضرت إلى مركز الطب الشرعي بحمص للبت في إحدى القضايا الطبية الشرعية على أن يكون زمن وفاتها محدداً بدقة مسبقاً من قبل الطبيب الشرعي الفاحص أو الكادر الطبي المعالج؛ وسبب وفاتها المباشر النزف الدموي، وذلك خلال الفترة الزمنية الممتدة ما بين 2015/03/01 - 2018/02/28، واستبعدنا الجثث التي ثبت لنا أن لديها اضطرابات استقلابية (كبدية كلوية دموية وورمية) أو ظروف علاجية تؤثر على بوتاسيوم الدم. نظم لكل جثة استمارة موحدة تملأ عند أخذ العينات مباشرة تحتوي على جميع المعلومات المتعلقة بالفحص الطبي الشرعي الظاهري للجثة وزمن الوفاة الدقيق والمعلومات التي يمكن أن تؤثر على العلاقة بين زمن الوفاة وتركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي. قمنا بأخذ الخلط الزجاجي (1-2 مل) من إحدى العينين لكل جثة بواسطة سرنج عقيم استعمال مرة واحدة قياس 5 مل ذي رأس معدني قياس (18G)؛ حيث تم سحب الخلط الزجاجي بعد سحب الجفنين وغرز الإبرة على بعد 4 ملم من الحوف وبعمق 4 ملم، أما عند الأطفال تحت السنين فتغرز الإبرة على بعد 2 ملم من الحوف وبعمق 3 ملم وتم سحب السائل ببطء مع الحفاظ على رأس الإبرة باتجاه مركز كرة العين لتجنب الانزياح وشفط الشبكية؛ وتم استبعاد العينات التي تحتوي قطعاً من الشبكية بسبب الشفط الزائد أثناء السحب أو أي سبب آخر لأن ارتفاع البوتاسيوم سيكون كاذباً. وتم حقن محلول ملحي مكان السائل المسحوب لإعادة توتر كرة العين للمحافظة على شكلها لأسباب جمالية؛ وحفظت العينات في عبوات عقيمة (عبوات إندروف) بطريقة التجميد (- 20 درجة مئوية)؛ وتم نقل العينات المجمدة إلى مخبر مشفى التوليد الجامعي بدمشق بشكل دوري ثم أعيدت لوضعها السائل بوضعها بمحم مائي بدرجة 37° مئوية لمدة 10-15 دقيقة. و وضعت كل عينة على جهاز طرد مركزي 3500 دورة بالدقيقة لمدة عشر

دقائق، ثم قمنا بتحليل المادة الطافية بطريقة التحليل الشاردي لمعايرة البوتاسيوم [19]؛ بواسطة جهاز **Easylyte**® Calcium N/K/Ca/PH ANALYZER لشركة MEDICA الموجود في مخبر مشفى التوليد الجامعي بدمشق.

أفرغت النتائج في جداول Microsoft excel office 2007. وتم التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS17.0 (Statistical Packages for the Social Science) .

1.7. التحليل الإحصائي :

١- دراسة علاقة الارتباط بين البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة :

تم دراسة العلاقة بينهما باستخدام معامل الارتباط بيرسون لمعرفة مدى قوة العلاقة بينهما واتجاهها موجبة أم سالبة.

٢- معادلة الانحدار الخطية والصيغة الرياضية :

من خلال المتغيرين زمن الوفاة الحقيقي وقيم بوتاسيوم الخلط الزجاجي المتوافقة معها تم التوصل إلى معادلة تمثل هذه البيانات لاستخدامها في التنبؤ بزمن الوفاة.

والمعادلة على الشكل التالي:

$$Y = aX + b$$

حيث إن :

Y : تمثل تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي مقدراً بالميلي مكافئ / ل وهو المتغير المعتمد

Dependent variable وهو في هذا البحث البوتاسيوم (k).

X : زمن الوفاة الفعلي مقدراً بالساعة وهو المتغير المستقل Independent variable وهو في

هذا البحث زمن الوفاة (PMI).

a : هي ميل خط الانحدار .

b : هي الثابت وهي تمثل قيمة بوتاسيوم الخلط الزجاجي لحظة الوفاة .

وبالتالي فإن صيغة معادلة الانحدار للزمن X هي :

$$X = (Y - b) / a$$

أي أن الصيغة الرياضية للتنبؤ بزمن الوفاة تكون على الشكل التالي :

$$PMI = (K - b) / a$$

٣- توزيع العينات إلى مجموعات زمنية:

قسمت العينات إلى خمس مجموعات وفقاً للزمن الذي انقضى على الوفاة (>6 ساعات)

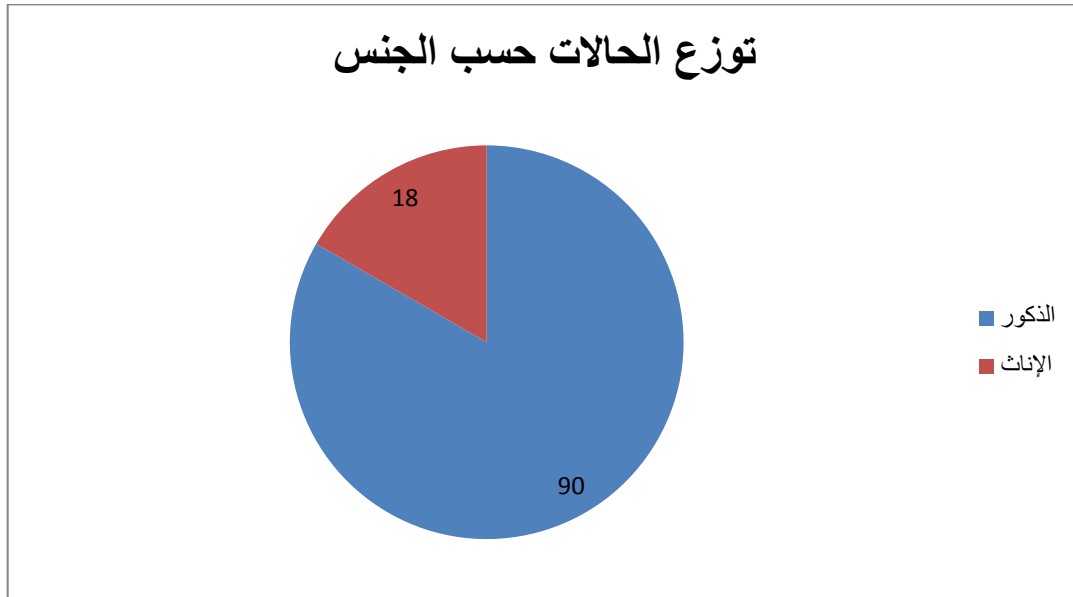
و(12- 6.1) و(18 - 12.1) و(24 - 18.1) و(24<) وذلك لمعرفة متوسط تركيز

بوتاسيوم الخلط الزجاجي لكل مجموعة ومقارنات متوسطات تركيز بوتاسيوم المجموعات الزمنية

مع بعضها باستخدام اختبار (T test).

8. النتائج :

اشتملت الدراسة على 108 حالة معروفة زمن الوفاة مسبقاً (90 ذكراً ، 18 أنثى) أي بنسبة مئوية لكل من الذكور والإناث على التوالي: 83.3 % : 16.7 % ، تراوح زمن الوفاة ما بين 0.75-28 ساعة والمتوسط الحسابي $\text{mean} = 8.9$ ، وتراوحت الأعمار من 6 سنوات حتى 73 سنة والمتوسط الحسابي للأعمار $\text{mean} = 41$ ، ودرجات حرارة الوسط ضمن مدى 2-31° والمتوسط الحسابي 19.3° ، ونسبة الرطوبة بين 30-68 % والمتوسط الحسابي لنسبة الرطوبة 51.3% . والشكل 8 يظهر توزيع الحالات حسب الجنس .



الشكل 8 : توزيع الحالات حسب الجنس

1.8. دراسة علاقة الارتباط بين تركيز البوتاسيوم و زمن الوفاة .

تمت دراسة علاقة الارتباط بين تركيز البوتاسيوم وزمن الوفاة باستخدام معامل الارتباط بيرسون على اعتبار أننا ندرس العلاقة بين متغيرين كميين هما الزمن والبوتاسيوم فتبين أن $(r = 0.943)$ وبالتالي فإن الارتباط بين تركيز البوتاسيوم وزمن الوفاة قوي وموجب وهو دال

إحصائياً عند مستوى معنوية 0.01 وهو مقبول (الجدول 3). أي أن تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة يزداد مع زيادة زمن الوفاة .

K	PMI		
.943(**)	1	Pearson Correlation	PMI
		Sig. (2-tailed)	
		N	
108	108		
1	.943(**)	Pearson Correlation	K
		Sig. (2-tailed)	
		N	
.000	.		
108	108		

جدول 3 : الارتباط (Correlation) بين متغيري الدراسة PMI و K ودلالته الإحصائية

2.8. دراسة معامل الانحدار :

من خلال الجدولين (4 و 5) المرافقين لقيمة معامل الارتباط تبين أنه يمكن الإقرار بوجود علاقة خطية قوية وموجبة يوضحها (الشكل 9) بين تركيز البوتاسيوم و زمن الوفاة ذات دلالة إحصائية على اعتبار أن ($R^2 = 0.889$) أي أن 88 % من التباينات يفسرها نموذج الانحدار وأن الـ 12% ترجع إلى عوامل عشوائية. وإن حد الثقة مقدراً بالساعة (confidence limit) عند مستوى 95% هو ± 1.2 ساعة حيث أن:

$$\text{Confidence Limit (hrs)} = \text{Mean} \pm (\text{Std. Error} \times 1.96).$$

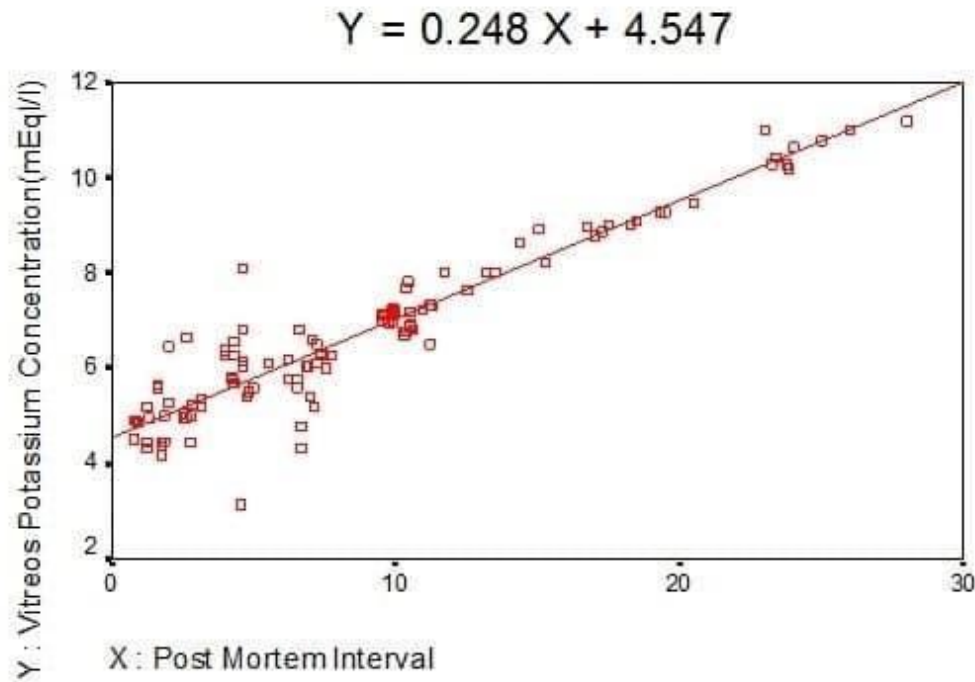
Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	معامل الارتباط (R)
.59612	.888	.889	.943

جدول 4 : معامل التحديد R^2 ومعامل التحديد المصحح .

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	ANOVA
.000	845.695	300.525	1	300.525	الانحدار
		.355	106	37.668	البواقي (Residual)
			107	338.193	الكلية

جدول 5 : اختبار دلالة مربع معامل الارتباط R^2 .

والشكل 9 : يظهر توزعاً لمعظم النقاط قرب الخط المستقيم مما يدل على التوزيع الطبيعي للأخطاء العشوائية.



(Fig 9): Scatter diagram showing correlation between Post Mortem Interval and Vitreous Potassium concentration

3.8. معادلة الانحدار :

الجدول 6 والشكل 9 يظهران أن ثابت خط الانحدار الذي يتوضع على المحور Y ويمثل تركيز البوتاسيوم مقدراً بالميلي مكافئ / لتر يساوي 4.547 ميلي مكافئ / لتر، وميل خط الانحدار هو 0.248 ميلي مكافئ / لتر وهو يمثل معدل ارتفاع تركيز البوتاسيوم كل ساعة مقدراً بالميلي مكافئ / لتر.

Sig.	t	Unstandardized Coefficients		
		Std. Error	B	
.000	47.779	.095	4.547	الثابت (Constant)
.000	29.081	.009	.248	زمن الوفاة (PMI)

جدول 6 : نتيجة تحليل الانحدار.

وبالتالي فإن صيغة معادلة الانحدار لهذه الدراسة :

$$Y = 0.248 X + 4.547$$

وبعد التعويض فإن صيغة معادلة الانحدار هي :

$$K = 0.248 \text{ PMI} + 4.547$$

وبالتالي فإن المعادلة التنبؤية لزمن الوفاة بدرجة حرارة ما بين 2-°31 ° هي :

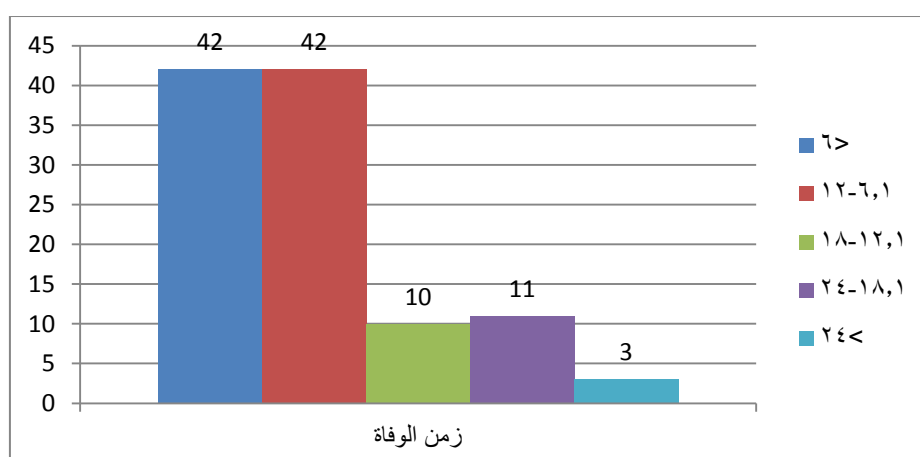
$$\text{PMI} = 4.03 K - 18.33$$

4.8. توزيع الحالات وفقاً لزمن الوفاة الفعلي

تم توزيع الحالات إلى خمس مجموعات وفقاً لزمن الوفاة الفعلي كما يظهر في (الجدول 7) والذي يوضح متوسط تركيز البوتاسيوم ومعامل الارتباط r لكل مجموعه زمنية. والذي يظهر أن متوسط تركيز البوتاسيوم لكل مجموعة يزداد مع زيادة زمن الوفاة، وأن علاقة الارتباط بين البوتاسيوم وزمن الوفاة تزداد بمرور الزمن. والشكل 10 يظهر توزيع الحالات حسب زمن الوفاة.

معامل الارتباط r	المتوسط $k^+(mEq/l)$	المجال* $k^+(mEq/l)$	الحالات		زمن الوفاة(سا)	المجموعة
			%	العدد		
0.530	5.3769	4.92	38.89	42	$6 >$	1
0.796	6.5945	3.65	38.89	42	$12 - 6.1$	2
0.881	8.5000	1.36	9.25	10	$18 - 12.1$	3
0.924	9.8945	2.01	10.19	11	$24 - 18.1$	4
0.984	10.9833	.43	2.78	3	$24 <$	5
* المجال يعني الفرق بين أعلى وأخفض قيمة للبوتاسيوم						

جدول 7 : توزيع الحالات إلى مجموعات وفقاً لزمن الوفاة المعروف مسبقاً ، يوضح متوسط تركيز البوتاسيوم لكل مجموعة زمنية.



الشكل 10 : توزيع الحالات حسب زمن الوفاة.

5.8. دراسة العلاقة بين ارتفاع البوتاسيوم و الجنس :

(الجدول 1,8) يوضح متوسطات تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وفقاً لتوزع الذكور والإناث. وقمنا بإجراء التحليل الإحصائي باستخدام اختبار (T test) لمقارنة متوسط مجموعات العينات مع بعضها فتبين أنه لا يوجد دلالة إحصائية أي أن العلاقة بين الجنس وتركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي غير معنوية وغير مقبولة ($P > 0.05$) (الجدول 2,8):

الانحراف المعياري	المتوسط k^+ (mEq/l)	المجال* k^+ (mEq/l)	الحالات		الجنس	المجموعة
			%	العدد		
1.78445	6.7246	7.85	83.3	90	الذكور	1
1.78682	6.9100	6.30	16.7	18	الإناث	2
* المجال يعني الفرق بين أعلى وأخفض قيمة للبوتاسيوم						

جدول 1,8 : متوسط تركيز البوتاسيوم لمجموعتي الذكور والإناث.

المقارنة	t value	P value	المعنوية
الذكور و الإناث	- 1.850	> 0.05	ليس ذا دلالة

جدول 2,8 : مقارنة بين متوسطات تركيز البوتاسيوم عند مجموعتي الذكور والإناث باستخدام

اختبار T test.

6.8. دراسة العلاقة بين ارتفاع البوتاسيوم و العمر :

(الجدول 1,9) يوضح متوسطات تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وفقاً للمجموعات العمرية التي قسمت لأربع مجموعات. وقمنا بإجراء التحليل الإحصائي باستخدام اختبار (T test) لمقارنة متوسط مجموعات العينات مع بعضها فتبين أنه لا يوجد دلالة إحصائية أي أن العلاقة

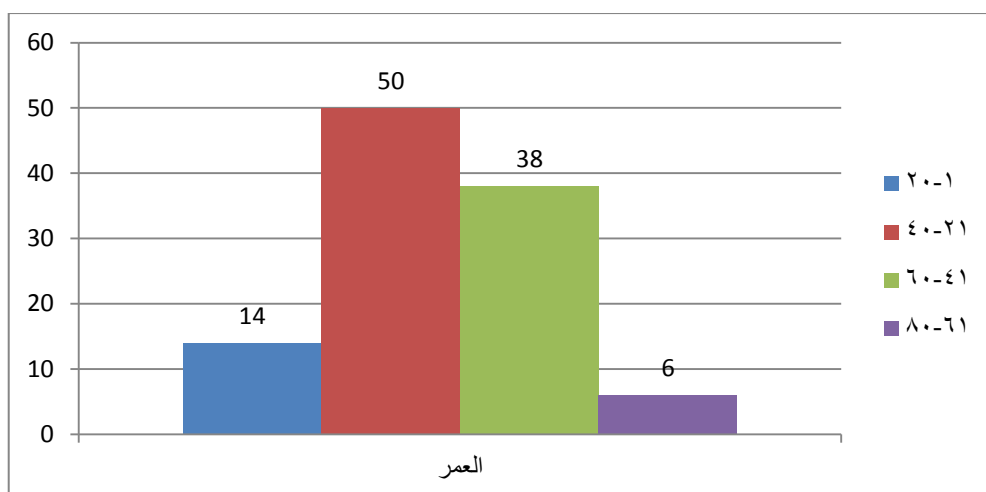
بين العمر وتركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي غير معنوية وغير مقبولة ($P > 0.05$)
(جدول 2,9) والشكل 11 يظهر توزع الحالات حسب المجموعات العمرية.

الانحراف المعياري	المتوسط k+(mEq/l)	المجال* k+(mEq/l)	الحالات		العمر	المجموعة
			%	العدد		
1.62417	6.8571	4.77	12.96	14	20 - 1	1
1.61955	6.5910	7.00	46.30	50	40 - 21	2
1.90339	6.9313	6.70	35.18	38	60 - 41	3
2.78043	6.7750	7.50	5.56	6	80 - 61	4
* المجال يعني الفرق بين أعلى وأخفض قيمة للبوتاسيوم						

جدول 1,9 : متوسط تركيز البوتاسيوم لكل مجموعة عمرية.

المقارنة	t value	P value	المعنوية
1 و 2	1.958	> 0.05	ليس ذا دلالة
1 و 3	0.101	> 0.05	ليس ذا دلالة
1 و 4	- 0.329	> 0.05	ليس ذا دلالة
2 و 3	- 1.478	> 0.05	ليس ذا دلالة
2 و 4	- 0.754	> 0.05	ليس ذا دلالة
3 و 4	- 0.494	> 0.05	ليس ذا دلالة

جدول 2,9 : مقارنة بين متوسطات تركيز البوتاسيوم في المجموعات العمرية باستخدام اختبار T .test



الشكل 11 : توزيع الحالات حسب المجموعات العمرية

7.8. دراسة العلاقة بين ارتفاع البوتاسيوم ودرجات الحرارة :

(الجدول 1,10) متوسطات تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وفقاً لدرجات الحرارة التي قسمت لأربع مجموعات . وقمنا بإجراء التحليل الإحصائي باستخدام اختبار (T test) لمقارنة متوسط مجموعات العينات مع بعضها فتبين أنه لا يوجد دلالة إحصائية أي أن العلاقة بين درجات الحرارة وتركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي غير معنوية وغير مقبولة ($P > 0.05$) (جدول 2,10) والشكل 12 يظهر توزيع الحالات حسب درجات الحرارة.

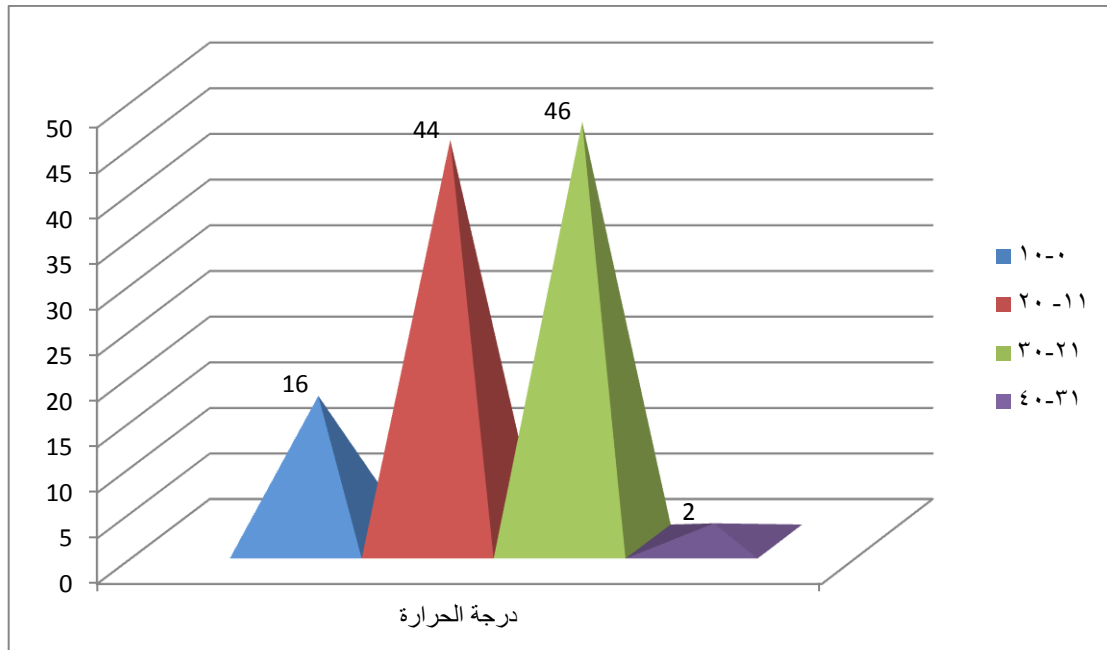
الانحراف المعياري	المتوسط k^+ (mEq/l)	المجال* k^+ (mEq/l)	الحالات		درجة الحرارة	المجموعة
			%	العدد		
2.16480	7.4544	6.23	14.82	16	10 - 0	1
1.77397	6.8416	8.05	40.74	44	20 - 11	2
1.42682	6.2896	6.47	42.59	46	30 - 21	3
1.40714	9.9850	1.99	1.85	2	40 - 31	4
* المجال يعني الفرق بين أعلى وأخفض قيمة للبوتاسيوم						

جدول 1,10 : يوضح متوسط تركيز البوتاسيوم لكل مجموعة وفقاً لدرجات حرارة المحيط.

المقارنة	t value	P value	المعنوية
1 و 2	1.222	> 0.05	ليس ذا دلالة
1 و 3	1.886	> 0.05	ليس ذا دلالة
1 و 4	.588	> 0.05	ليس ذا دلالة
2 و 3	1.592	> 0.05	ليس ذا دلالة
2 و 4	-4.020	> 0.05	ليس ذا دلالة
3 و 4	-12.176	> 0.05	ليس ذا دلالة

جدول 2,10 : مقارنة بين متوسطات تركيز البوتاسيوم في مجموع العينات وفقاً لدرجات

الحرارة باستخدام اختبار T test.



الشكل 12 : توزيع الحالات حسب درجات الحرارة

8.8. دراسة العلاقة بين ارتفاع البوتاسيوم ونسبة الرطوبة :

(الجدول 1,11) يوضح متوسطات تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وفقاً لنسبة الرطوبة التي

قسمت لأربع مجموعات. وقمنا بإجراء التحليل الإحصائي باستخدام اختبار (T test) لمقارنة

متوسط مجموعات العينات مع بعضها فتبين أنه لا يوجد دلالة إحصائية أي أن العلاقة بين نسبة

الرطوبة وتركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي غير معنوية وغير مقبولة ($P > 0.05$)
(جدول 11,2):

الانحراف المعياري	المتوسط k^+ (mEq/l)	المجال* k^+ (mEq/l)	الحالات		نسبة الرطوبة	المجموعة
			%	العدد		
1.20168	6.1953	4.52	15.74	17	40 - 30	1
1.67811	6.7367	6.68	33.33	36	50 - 41	2
2.03301	6.8374	7.00	25	27	60 - 51	3
1.93657	7.0407	7.85	25.93	28	70 - 61	4
* المجال يعني الفرق بين أعلى وأخفض قيمة للبوتاسيوم						

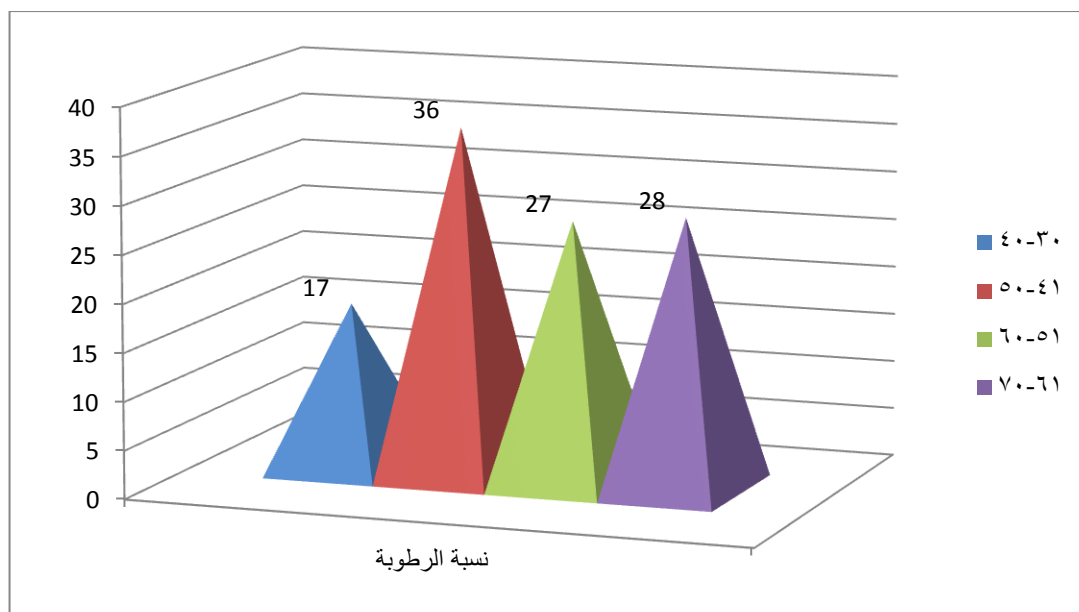
جدول 1,11 : متوسط تركيز البوتاسيوم لكل مجموعة وفقاً لنسبة الرطوبة.

المقارنة	t value	P value	المعنوية
1 و 2	-0.407	> 0.05	ليس ذا دلالة
1 و 3	-1.381	> 0.05	ليس ذا دلالة
1 و 4	-2.035	> 0.05	ليس ذا دلالة
2 و 3	-0.450	> 0.05	ليس ذا دلالة
2 و 4	-0.729	> 0.05	ليس ذا دلالة
3 و 4	-0.500	> 0.05	ليس ذا دلالة

جدول 2,11 : مقارنة بين متوسطات تركيز البوتاسيوم في مجموع العينات و نسبة الرطوبة

باستخدام اختبار T test.

والشكل 13 يظهر توزيع الحالات حسب نسبة الرطوبة في الجو.



الشكل 13 : توزيع الحالات حسب نسبة الرطوبة

9.8. مقارنة بين زمن الوفاة الفعلي وزمن الوفاة التقديري باستخدام معادلة هذه الدراسة:

قامت الدراسة بإجراء مقارنة ما بين زمن الوفاة الفعلي وزمن الوفاة المقدر باستخدام الصيغة الرياضية التي أوجدتها هذه الدراسة باستخدام اختبار (Paired t test) وتبين عدم وجود فرق جوهري بين الزمنين ($P > 0.05$) (الجدول 12).

المقارنة	t value	P value	المعنوية
الزمن الفعلي و زمن الوفاة التقديري	0.089	> 0.05	لا يوجد فرق جوهري

جدول 12 : مقارنة بين الزمن الفعلي وزمن الوفاة التقديري باستخدام اختبار T test.

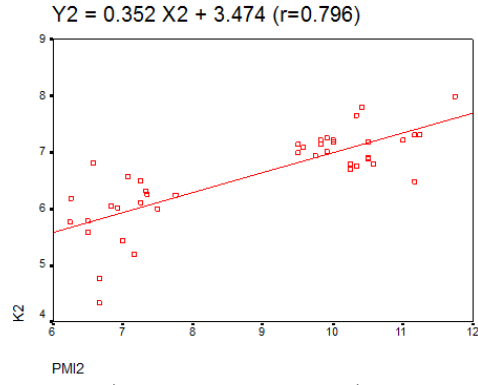
10.8. القيم الإحصائية للانحدار وفق المجموعات الزمنية:

الجدول 13 يوضح القيم الإحصائية لمعادلة الانحدار في كل مجموعة زمنية؛ حيث يبين أن معامل الارتباط r^2 بين تركيز بوتاسيوم الخط الزجاجي وزمن الوفاة يزداد قوة بمرور الزمن، وأن ميل الانحدار يزداد تسطحاً بمرور الزمن.

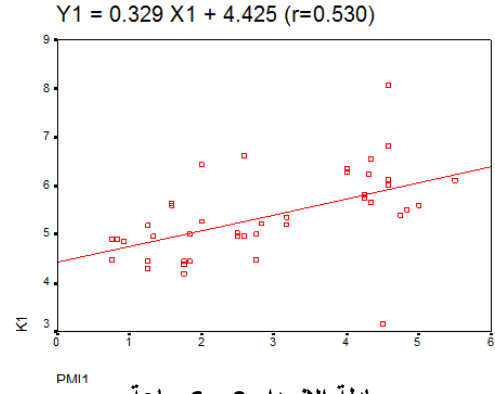
المجموعة	ميل الانحدار	الثابت	الارتباط r
> 6 ساعة	0.329	4.425	0.530
12 - 6.1	0.352	3.474	0.796
18 – 12.1	0.236	4.906	0.881
24 – 18.1	0.274	3.990	0.924
< 24 ساعة	0.139	7.334	0.984

جدول 13 : القيم الإحصائية للانحدار وفقاً للمجموعات الزمنية .

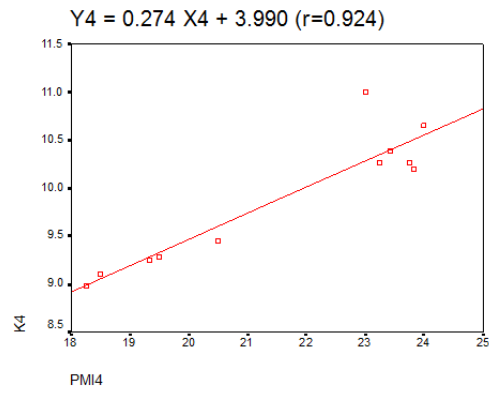
والشكل 14: يظهر منحدرات المجموعات الزمنية الخمسة التي شملتها الدراسة إضافة إلى معادلة الانحدار الأساسية لهذه الدراسة.



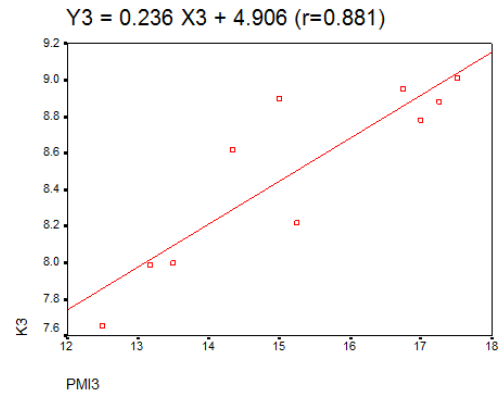
معادلة الانحدار 6.1 – 12 ساعة



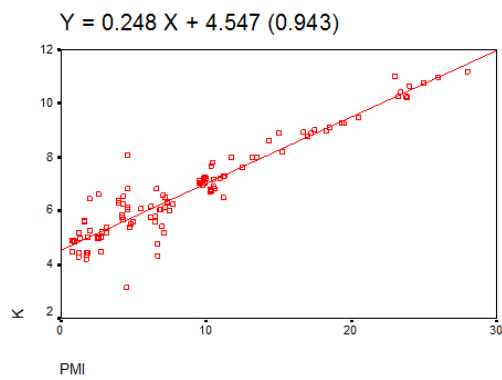
معادلة الانحدار 0 – 6 ساعة



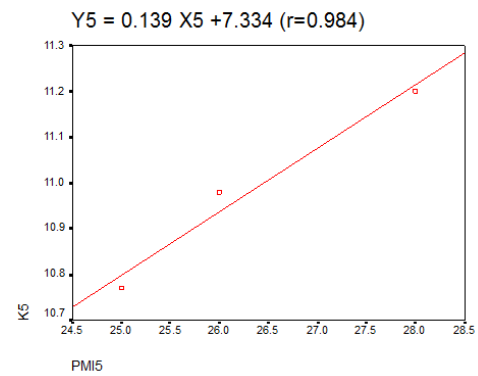
معادلة الانحدار 18.1 – 24 ساعة



معادلة الانحدار 12.1 – 18 ساعة



معادلة الانحدار الأساسية في هذه الدراسة



معادلة الانحدار بعد 24 ساعة

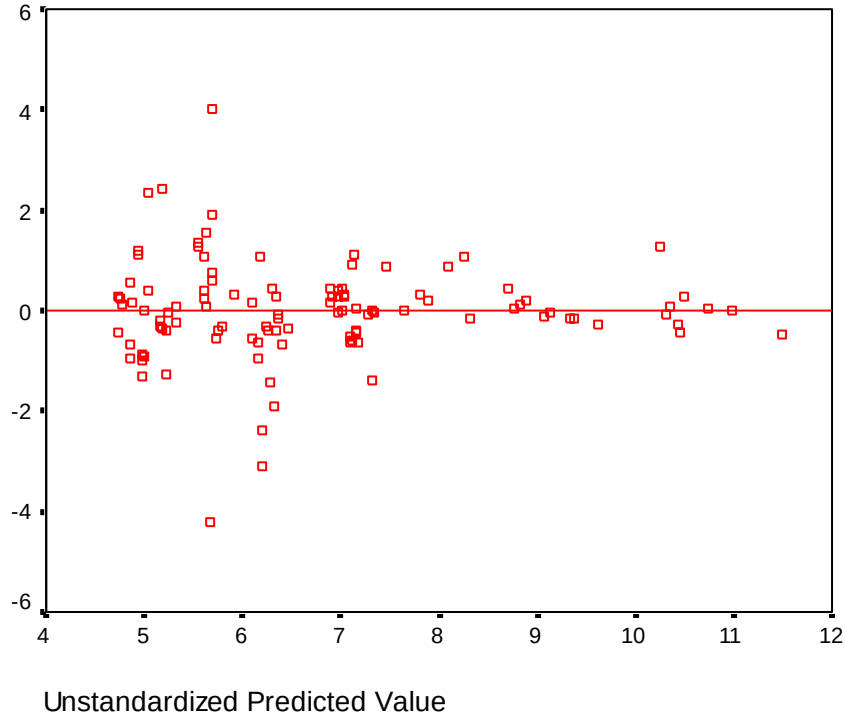
الشكل 14: معادلات الانحدار لمجموعات الدراسة الخمسة مع معادلة انحدار الدراسة.

9. المناقشة :

على الرغم من أن العديد من وسائل الجسم قد تكون مفيدة في التحاليل الكيميائية لتقدير زمن الوفاة ، إلا أن أهمها على الإطلاق الخلط الزجاجي بالعين لأنه يمكن الحصول عليه بسهولة وبكمية كافية لإجراء التحاليل وبعيد عن التلوث؛ فهو حامل نسبياً وقليل التأثير بالتبدلات المفاجئة التي تطرأ على كيمياء الدم في الجسم البشري. وبالتالي فإن تقدير زمن الوفاة بهذه الطريقة يقدم فوائد كثيرة أثناء مجريات التحقيقات الجنائية[91] وكذلك أثناء إجراءات المحاكم المدنية المتعلقة بالإرث الشرعي[92] على اعتبار أنه يحدث تبدلات كيميائية في الخلط الزجاجي مرتبطة مع زيادة الفترة الزمنية بعد الوفاة [93].

أظهرت الدراسة الحالية وجود علاقة ارتباط قوية وموجبة ذات دلالة جوهريّة بين مستوى بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة ($r = 0.943$) (الجدول 3) وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات التي أظهرت قيم (r) مشابهة تقريبا[38,39,41,48,52,53,54,91,94,95,96,97,98]. وبالتالي يمكن الإقرار بوجود علاقة خطية ذات دلالة إحصائية بين تركيز البوتاسيوم وزمن الوفاة في وفيات النزوف (الجدول 4 و Fig9). وأيد هذه الملاحظة العديد من الدارسين[7,35,36,39,76,78,94]. وإن سبب هذا الارتفاع هو الانحلال الذاتي لخلايا الطبقتين الشبكية والمشيمية الذي يحصل بعد الموت ويسمح بالتالي بخروج البوتاسيوم خارج الخلايا لينتشر بسهولة إلى الخلط الزجاجي [31,60]. ولكن (Hughes 1965) [72] و (Coe 1989) [68] و (Adjutantis 1972) [32] وجدوا أن العلاقة بين تركيز البوتاسيوم وزمن الوفاة ليست خطية بسيطة وإنما ثنائية الطور حيث يكون الانحدار أشد خلال الساعات الأولى ثم يصبح أكثر تسطحاً. وربما هذا ما دفع الباحث Coe 1969 [46] لوضع معادلة خاصة من أجل زمن وفاة متوقع أقل من ست ساعات (الجدول رقم 2).

وفي دراستنا وجدنا أن العلاقة بينهما خطية حتى 28 ساعة بعد الوفاة ؛ ولم نتمكن من دراستها بعد ذلك بسبب صعوبة الحصول على العينات. ففي الشكل 15 يتبين أن النقاط تتوزع بشكل



الشكل 15 : تحليل الأخطاء العشوائية للنموذج

شريط أفقي متساوي حول الصفر مما يدل على أن النموذج لا يعاني من مشكلة عدم تجانس تباين الخطأ العشوائي ولا توجد حاجة لاستخدام علاقة من درجات أعلى، وأن 95% من الأخطاء المعيارية وقعت ضمن المدى (-2 , 2) وبالتالي فإن توزيع الأخطاء هو توزيع طبيعي وبالتالي استوفى الشروط الواجب توافرها لتحليل الانحدار الخطي .

كما أن الشكل 9 يوضح شكل الانتشار للعينات الذي يدل على أن العلاقة خطية بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة وزمن الوفاة الناجم عن النزوف. وإن معامل التحديد R^2 كما ظهر في الجدول 4 أظهر أن 88% من التباينات (الانحرافات الكلية في قيم المتغير Y الذي يمثل البوتاسيوم) يفسرها نموذج الانحدار ، وإن الـ 12% من التباينات ترجع إلى عوامل عشوائية

أخرى غير متضمنة بنموذج الانحدار وهذا يدل على جودة توفيق النموذج؛ حيث كانت قيمة الثابت في المعادلة التي حصلنا عليها هي 4.547 ميلي مكافئ/ل وهذه القيمة مشابهة لقيم الثابت في الدراسات الأخرى مع فروقات بسيطة زيادة أو نقصان [49,48,46,39,36,7,6]. وميل خط الانحدار في معادلة هذه الدراسة هو 0.248 ميلي مكافئ/ل وهو أعلى قليلاً من بعض الدراسات [46,36,7,6] وأخفض من دراسات أخرى [91,49,48]. وهو يماثل تقريباً دراسة James et al [39] التي أجريت في أستراليا. كما هو موضح بالجدول (14) .

وبذلك تكون معادلة الانحدار التي تربط بين تركيز البوتاسيوم كمتغير معتمد (Y) وزمن الوفاة كمتغير مستقل (X) والمناسبة لبلدنا طبقاً لدراستنا هي : $(Y = 0.248 X + 4.547)$ ، في ظروف بلدنا وضمن مدى درجة حرارة يتراوح بين 2 - 31°. والصيغة الرياضية لحساب زمن الوفاة التنبؤي لهذه الدراسة هي $(PMI = 4.03 K - 18.33)$.

وربما يعود سبب الاختلاف في الثابت وميل الانحدار إلى اختلاف المدى في درجات الحرارة في تلك البلدان التي أجريت فيها تلك الدراسات أو لوجود أسباب أخرى للوفاة شملت تلك الدراسات إضافة إلى أن ارتفاع درجات الحرارة يسرع التحلل في الساعات الأولى بعد الوفاة مما يجعل ارتفاع البوتاسيوم حاداً ثم يصبح الانحدار أقل ميلاً وأكثر انتظاماً كما في دراسة (Salam et al (2012) و Tumram et al (2014) [96,48] اللتان أجريتا في مصر والهند على التوالي ، ويكون ارتفاع البوتاسيوم أقل حدة في الساعات الأولى بعد الوفاة في درجات الحرارة المعتدلة كما في دراستي Adelson et al [6] و Madea et al [36] اللتان أجريتا في ألمانيا .

الميل (ميلي مكافئ/ل)	الثابت (ميلي مكافئ/ل)	عام الدراسة	الباحث
0.17	5.36	1963	Adelson et al[6]
0.14	5.6	1964	Sturner et al[7]
0.332	4.99 (X<6 h)	1969	Coe[46]
0.162	6.19 (X>6 h)		
0.19	5.88	1989	Madea et al[36]
0.23	4.2	1997	James et al[39]
0.16	7.35	2001	Madea et al[98]
0.72	6.57	2012	Salam et al[48]
0.36	4.35	2012	Mihailovic et al[49]
0.368	7.43	2014	Tumram et al[91]
0.347	4.118	2015	Swain et al[52]
0.204	9.6315	2015	Tatiya et al[53]
0.19 R	6.34 R	2016	Kulkarni et al[54]
0.2 L	6.23 L		
0.3	4.67	2017	Vaita et al[55]
0.248	4.547	2018	Our Study

جدول 14 : الثابت وميل خط الانحدار لبوتاسيوم الخلط الزجاجي بمرور الزمن بعد الوفاة وفقاً لعدة دراسات .

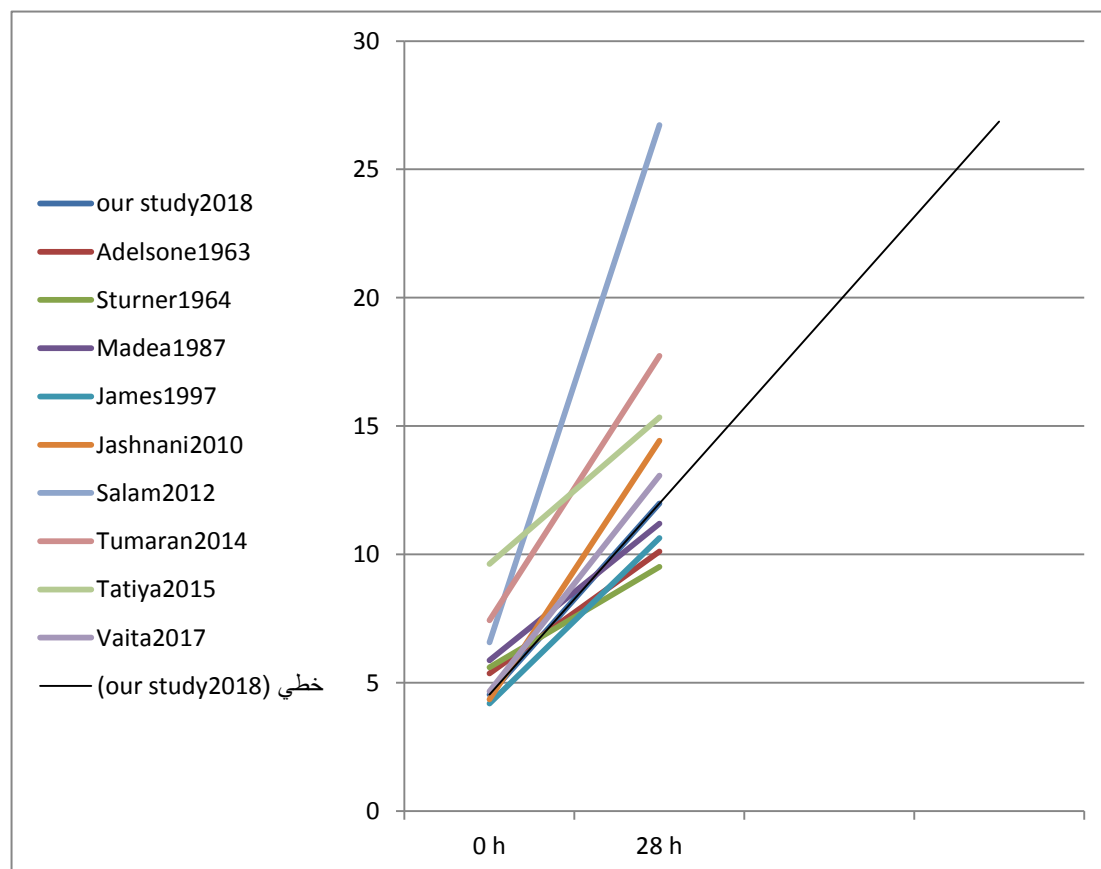
أظهرت الدراسة الحالية أن مستوى بوتاسيوم الخلط الزجاجي يزداد مع زيادة زمن الوفاة (جدول 6) وهذا يتوافق مع الدراسات الرائدة في هذا المجال مثل : دراسة Agrawal RL et al 1983 [65]، Jaffe FA et al 1962 [61]، Lie JT 1967 [31]، Coe JI et al 1969 [46]، Farmer JG et al 1985 [78]، Madea B et al 1989 [36] ومع العديد من الدراسات الحديثة التي درست هذا الموضوع مثل : دراسة Salam H et al 2012 [48]،

Rognum TO et al [53] Tatiya HS et al 2015 [52] Swain R. et al 2015

16 [97] 2016 [98] Ortman J et al 2016 [55] Vaita et al 2017. والشكل

يظهر الانحدار الخطي لمعادلة الدراسة ومعادلات الانحدار لمجموعة من الباحثين من دول

مختلفة.



الشكل 16: الانحدار الخطي لمعادلة الدراسة ومعادلات مجموعة من الباحثين

وإن دراسة العوامل الداخلية والخارجية التي من الممكن أن تؤثر على العلاقة بين تركيز

البوتاسيوم وزمن الوفاة - كالعمر والجنس و درجة الحرارة و نسبة الرطوبة وسبب الوفاة والفصل

من السنة الذي حدثت فيه الوفاة وتجميد العينات - أظهرت في دراسات مختلفة عدم تأثير تلك

العوامل على العلاقة بين مستوى بوتاسيوم الخلط الزجاجي بمرور الزمن بعد الوفاة[44] ، على

الرغم من أن (Komura and Oshiro 1977)[33] و(Coe 1973) [68] وجدا تأثيرا

لارتفاع درجة الحرارة على العلاقة بين البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة وبدراسة أهم العوامل وهي الجنس ، العمر ، درجة الحرارة و الرطوبة، لم يتبين وجود أي تأثير لها على مستوى بوتاسيوم الخلط الزجاجي بمرور الزمن بعد الوفاة ؛ حيث تظهر الجداول (2,2 و 2,3 و 2,4 و 2,5) عدم وجود أي علاقة ذات دلالة معنوية بين مستوى البوتاسيوم و الجنس والعمر ودرجة حرارة المحيط و نسبة الرطوبة على التوالي. وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات [68,62,61,7,6].

المقارنة بين الزمن التقديري والزمن الفعلي:

بعد تطبيق التحليل الإحصائي المناسب (الجدول 12) تبين أنه لا يوجد فرق جوهري بين الزمن الفعلي للوفاة وزمن الوفاة التقديري باستخدام معادلة هذه الدراسة، وبالتالي نقبل فرضية العدم وهي أن زمن الوفاة الفعلي يساوي زمن الوفاة التقديري، وبالتالي يمكن استخدام هذه المعادلة في حساب زمن الوفاة بمعرفة تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي لحظة الكشف على الجثة ضمن الشروط التي أجريت بها هذه الدراسة.

المقارنة بين الزمن التقديري لهذه الدراسة والزمن التقديري للمعادلات أخرى:

بمقارنة معادلة هذه الدراسة مع معادلة Sturner1964 ($PMI = 7.14 \times K - 39.1$) ومعادلة Adelson1963 ($PMI = 5.88 \times K - 31.53$) تبين أنه لا يوجد فرق جوهري بين الزمن المقدر باستخدامهما وبين هذه الدراسة، بينما كان هناك فرق جوهري بين الزمن المقدر من معادلة هذه الدراسة وباقي المعادلات التي تمت المقارنة معها، والسبب في ذلك ربما يعود لاختلاف البيئة بين تلك الدول أو أن سبب الوفاة يؤثر على العلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجي وزمن الوفاة ، والجدول 4 يوضح ذلك.

المقارنة	t value	P value	المعنوية
معادلة الدراسة و Sturner1964	0.451	> 0.01	لا يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Adelson1963	2.220	> 0.01	لا يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Madea1989	-20.250	< 0.01	يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و James1997	39.114	< 0.01	يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Munoz2001	-77.089	< 0.01	يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Jashani2010	-8.788	< 0.01	يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Salam2012	-19.346	< 0.01	يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Tatiya2015	141.667	< 0.01	يوجد فرق جوهري
معادلة الدراسة و Vaita2017	16.350	< 0.01	يوجد فرق جوهري

جدول 15 : مقارنة بين الزمن التقديري لمعادلة هذه الدراسة ومعادلات أخرى باستخدام اختبار T .test

وإن حد الثقة في معادلة هذه الدراسة كان منخفضاً بالمقارنة مع معادلة Sturner1964 ومعادلة Adelson1963 على الرغم من عدم وجود فرق جوهري بين الزمن المقدر باستخدامهما وبين هذه الدراسة؛ وربما يعود ذلك إلى أن هذه الدراسة اقتصرت فقط على دراسة الوفيات التي كان سببها الوفيات النزفية، ومما يدعم تأثير سبب الوفاة على حد الثقة أن Madea et al.(1989) قد خفض حد الثقة من ± 34 ساعة إلى ± 22 ساعة عندما استبعد الحالات التي تجاوزت أرقام البولة عندها 100 mg/dl وخفضها إلى ± 20 سا عند استبعاد الحالات التي زادت بها فترة النزح النهائي عن 6 ساعات[36]. والجدول 16 يظهر حد الثقة ومعدل ارتفاع تركيز البوتاسيوم بالميلي مكافئ/سا إضافة إلى عدد الساعات الأعظمي بعد الوفاة الذي شملته كل دراسة، وذلك وفقاً لعدة باحثين.

الباحث	عدد الساعات الأعظمي للدراسة	معدل ارتفاع تركيز البوتاسيوم (meq/l/h)	حد الثقة (سا)
Sturner et al.(1964)[7]	104	0.14	±4.7
Adelson et al.(1963)[6]	21	0.17	±10
Coe.(1969).[46]	100	0.33	±12
Adjustantis and Coupselinis(1972)[32]	12	0.73	±3.3
Agarwal et al.(1983)[65]	24	0.52	±3.39
Stephens & Richards (1987)[35]	35	0.238	±20
Madea et al.(1989)[36]	120	0.203	±20
Govekar et al.(1990)[99]	60	0.15	±5.7
Bhavesht et al.(2014)[95]	57	0.29	±7.6
Tatiya et al.(2015)[53]	46	0.204	±16.74
Our Study(2018)	28	0.248	±1.2

الجدول 16:العلاقات الإحصائية لتركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة عند بعض الباحثين

دراسة القيم الإحصائية للانحدار خلال المجموعات الزمنية:

الجدول 13 يظهر أن ميل الانحدار خلال الـ 12 ساعة الأولى بعد الوفاة كان أكبر منه خلال الساعات اللاحقة؛ بينما علاقة الارتباط بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة وزمن الوفاة كانت متوسطة خلال الـ 6 ساعات الأولى أي أضعف منها خلال الساعات اللاحقة ، وبعد 12 ساعة من الوفاة أصبح الميل أقل انحداراً ولكن علاقة الارتباط أصبحت أقوى بعد الـ 6 ساعات الأولى. وربما يعود ذلك للطبيعة ثنائية الطور للعلاقة بين تركيز بوتاسيوم الخلط الزجاجة وزمن الوفاة، ولكن زيادة قوة علاقة الارتباط بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجة مع ازدياد الفترة الفاصلة بعد الموت بعد الـ 6 ساعات الأولى يجعل الدراسة تتصح باستخدام هذه المعادلة بعد الـ 6 ساعات الأولى من الوفاة .

10. الخلاصة :

يوجد علاقة ارتباط خطية قوية وموجبة ذات دلالة معنوية عند نسبة ثقة 95 %
($r = 0.943$) بين مستوى البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة ، و إن معدل ارتفاع
البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بعد الوفاة هو 0.248 ميلي مكافئ / ل / سا ، وإن الصيغة
الرياضية التنبؤية لزمن الوفاة وفقاً لهذه الدراسة هي ($PMI = 4.03 X - 18.33$) وذلك
عندما تتراوح درجة الحرارة ما بين 2 - 31 ° . وإن هذه العلاقة لا تتأثر بدرجة حرارة الجو ونسبة
الرطوبة والعمر والجنس.

11.التوصيات

١. إن استخدام معادلة هذه الدراسة سيحسن من دقة تحديد زمن الوفاة في وفيات النزوف ضمن الظروف البيئية لبلدنا .
٢. إن استخدام هذه المعادلة مع الطرق الفيزيائية المستخدمة لتحديد زمن الوفاة سيحسن من دقة تقدير زمن الوفاة .
٣. إن استخدام الطرق الكيميائية ومنها بوتاسيوم الخلط الزجاجي لتقدير زمن الوفاة لأشلاء الجثث سيعطي نتائج أفضل من الطرق غير الكيميائية لأنها تعتمد بمعظمها على وحدة العضوية الجسدية الكاملة للمتوفى.
٤. ينصح باستخدام هذه المعادلة في تقدير زمن الوفاة للوفيات التي يتوقع أنه مضى عليها أكثر من 6 ساعات .
٥. التوسع مستقبلاً بإجراء الدراسات المماثلة على وفيات غير نزفية .

دراسة الارتباط بين تبدلات تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفيات الناجمة عن النزوف

الملخص :

الهدف : إن الهدف من هذا البحث دراسة الارتباط بين تبدلات تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة عند الوفيات الناجمة عن النزوف، وإيجاد صيغة رياضية لحساب زمن الوفاة ، بالإضافة إلى دراسة مدى تأثير العمر و الجنس و العوامل المحيطة من درجة الحرارة والرطوبة على العلاقة بين تركيز البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة .

المواد وطريقة الدراسة : أجريت الدراسة في مركز الطب الشرعي في حمص - سورية على 108 حالات (90 ذكراً : أنثى 18) أحضرت إلى المركز لدراسة إحدى القضايا الطبية الشرعية خلال الفترة الزمنية الممتدة من 2015/03/01 - 2018/02/28. وتم أخذ عينات من الخلط الزجاجي لإحدى العينين قبل البدء بالكشف الطبي الشرعي على الجثث وتم تجميد العينات بدرجة حرارة (-20 °) ثم تم تجميعها ونقلها خلال فترات زمنية دورية ليتم تحليلها في مخبر مشفى التوليد الجامعي بدمشق بجهاز Easylyte® Calcium N/K/Ca/PH ANALYZER باستخدام كواشف من شركة ميدিকা الأميركية .

النتائج : لقد وجدت الدراسة أن هناك علاقة ارتباط خطية قوية وموجبة بين البوتاسيوم في الخلط الزجاجي وزمن الوفاة ($R = 0.943$) وميل خط الانحدار هو 0.248 ميلي مكافئ /ل / سا والثابت هو 4.547 ميلي مكافئ /ل / سا وإن الصيغة الرياضية لتقدير زمن الوفاة هي (PMI $= 4.03 \times K - 18.33$) وذلك بدرجة حرارة ما بين 2-31°. ولا يوجد تأثير معنوي إحصائياً لدرجة الحرارة والرطوبة والعمر والجنس على مستوى البوتاسيوم .

الخلاصة : يمكن تحسين دقة تحديد زمن الوفاة باستخدام الصيغة الرياضية التي توصلت لها الدراسة ، ونحتاج لدراسات أخرى من محافظات مختلفة في سورية نظراً للتنوع المناخي الواسع في بلادنا الذي قد يؤثر على معدل ارتفاع البوتاسيوم في الخلط الزجاجي بمرور الزمن بعد الوفاة.

الكلمات المفتاحية : زمن الوفاة - البوتاسيوم - الخلط الزجاجي - الفترة الزمنية ما بعد الموت .

A Study of the correlation between Vitreous Humor Potassium Levels and the Time of bleeding-caused Death

Abstract :

Aim: This paper has been carried out to Study the correlation between Vitreous Humor Potassium Levels and the Time of bleeding-caused Death, and to find a formula proposed to calculate the post mortem interval (PMI) by finding the regression equation and to study the effects of environmental factors like temperature and humidity and age and sex on it.

Material and Methods: this present study carried out in Homs Forensic Medical Center: Syria on 108 cases(90 male:18female) were brought to the mortuary from the period 1st March 2015 to 28th, February 2018. The vitreous humor fluid was taken from one of the eyes just before the commencement of medicolegal examination and refrigerated at temperature (-20°). The samples for vitreous humor potassium were analyzed on Easylyte[®] Calcium N/K/Ca/PH ANALYZER. The reagent used were from Medica Company, USA.

Result: There was positive linear relationship between vitreous potassium concentration and PMI ($R = 0.943$), The slope of regression was 0.248mEq/L/hr, the intercept was 4.547mEq/L/hr and the proposed formula is ($PMI = 4.03 \times K - 18.33$) as the temperature between 2 - 31° and there was no significant effect of temperature, humidity, sex and age on vitreous potassium level after death.

Conclusion: This present formula proposed will improve the accuracy of determination the PMI. We still need other studies from another cities in Syria, because of variable environment which may effect on potassium concentration.

Keywords : Post- mortem interval, Potassium, Time since death, Vitreous humor, Vitreous fluid.

- 1 Coe JI. Postmortem chemistry update. Emphasis on forensic application. Am J Forensic Med Pathol. 1993;14:91-117.
- 2 Palmiere C, Mangin P. Postmortem chemistry update part I. International journal of legal medicine. 2012;126:187-98.
- 3 Madea B. Is there recent progress in the estimation of the postmortem interval by means of thanatochemistry? Forensic Sci Int. 2005;151:139-49.
- 4 Sturner WQ, Gantner GE, Jr. Postmortem Vitreous Glucose Determinations. J Forensic Sci. 1964;9:485-91.
- 5 Sippel H, Mottonen M. Combined glucose and lactate values in vitreous humour for postmortem diagnosis of diabetes mellitus. Forensic Sci Int. 1982;19:217-22.
- 6 Adelson L, Sunshine I, Rushforth NB, Mankoff M. Vitreous potassium concentration as an indicator of the postmortem interval. J Forensic Sci. 1963;54:503-14.
- 7 Sturner WQ, Gantner GE, Jr. The postmortem interval. A study of potassium in the vitreous humor. Am J Clin Pathol. 1964;42:137-44.
- 8 Hansson L, Uotila U, Lindfors R, Laiho K. Potassium content of the vitreous body as an aid in determining the time of death. J Forensic Sci. 1966;11:390-4.
- 9 Coe JI. Use of chemical determinations on vitreous humor in forensic pathology. J Forensic Sci. 1972;17:541-6.
- 10 Madea B, Lachenmeier DW. Postmortem diagnosis of hypertonic dehydration. Forensic Sci Int. 2005;155:1-6.
- 11 Byard RW, Summersides G. Vitreous humor sodium levels in immersion deaths. J Forensic Sci. 2011;56:643-4.
- 12 Snell RS, Clinical anatomy By Regions, 9th ed. Philadelphia, Lippincott

Williams and Wilkins;2011.P.549-562

- 13 Drake RL, Vogal AW, Mitchell AWM, GRAY'S ANATOMY for STUDENT, 3th ed. Arabic Virsion by Students Group from Damascus Un.Revised by Dr. Bayan ALsaid;2018:P927-951.
- 14 Sebag J. The vitreous. Structure, function and pathobiology: Springer Verlag; 1989.
- 15 Remington LA. Clinical anatomy and physiology of the visual system: Butterworth-Heinemann 2012.
- 16 William Tasman EAJ. Duane's Foundations of Clinical Ophthalmology: Lippincott; 1998.
- 17 Lundquist O, Osterlin S. Glucose concentration in the vitreous of nondiabetic and diabetic human eyes. Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie. 1994;232:71-4.
- 18 Sato Y, Tamai M. [pO₂, pCO₂ and acid-base balance in the human vitreous sample]. Nippon Ganka Gakkai zasshi. 1992;96:1295-9.
- 19 Reddy DV, Kinsey VE. Composition of the vitreous humor in relation to that of plasma and aqueous humors. Archives of ophthalmology. 1960;63:715-20.
- 20 Bito LZ, Davson H. Steady-State Concentrations of Potassium in the Ocular Fluids. Experimental eye research. 1964;3:283-97.
- 21 McLaughlin PS, McLaughlin BG. Chemical analysis of bovine and porcine vitreous humors: correlation of normal values with serum chemical values and changes with time and temperature. Am J Vet Res. 1987;48:467-73.
- 22 Wilkie IW, Bellamy JE. Estimation of antemortem serum electrolytes and urea concentrations from vitreous humor collected postmortem. Canadian journal of comparative medicine Revue canadienne de medecine comparee. 1982;46:146-9.
- 23 Bourwieg H, Hoffman K, Riese K. [Content and distribution of low and high molecular substances in the vitreous body. I. Low

- molecular substances (glucose, lactate, pyruvate) (author's transl)]. Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie Albrecht von Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology. 1974;191:53-65.
- 24 McLaughlin BG, McLaughlin PS. Equine vitreous humor chemical concentrations: correlation with serum concentrations, and postmortem changes with time and temperature. Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire. 1988;52:476-80.
 - 25 Bito LZ. Intraocular fluid dynamics. I. Steady-state concentration gradients of magnesium, potassium and calcium in relation to the sites and mechanisms of ocular cation transport processes. Experimental eye research. 1970;10:102-16.
 - 26 Cunha-Vaz J. The blood-ocular barriers. Survey of ophthalmology. 1979;23:279-96.
 - 27 Levin LAN, Siv F. E.; Ver Hoeve, James; Wu, Samuel; Kaufman, Paul L.; Alm, Albert. Adler's Physiology of the Eye: Mosby Elsevier; 2011.
 - 28 Davson H. The Eye, Vegetative Physiology and Biochemistry: Academic Press; 1984.
 - 29 DiMattio J, Zadunaisky JA. Glucose transport into the ocular compartments of the rat. Experimental eye research. 1981;32:517-32.
 - 30 H Kenneth Walker WDH, J Willis Hurst. Clinical Methods, 3rd edition. . Boston: Butterworths; 1990.
 - 31 Lie JT. Changes of potassium concentration in the vitreous humor after death. Am J Med Sci. 1967;254:136-43.
 - 32 Adjutantis G, Coutselinis A. Estimation of the time of death by potassium levels in the vitreous humour. Forensic Sci. 1972;1:55-60.
 - 33 Komura S, Oshiro S. Potassium levels in the aqueous and vitreous

- humor after death. *Tohoku J Exp Med*. 1977;122:65-8.
- 34 Henry JB, Smith FA. Estimation of the postmortem interval by chemical means. *Am J Forensic Med Pathol*. 1980;1:341-7.
 - 35 Stephens RJ, Richards RG. Vitreous humor chemistry: the use of potassium concentration for the prediction of the postmortem interval. *J Forensic Sci*. 1987;32:503-9.
 - 36 Madea B, Henssge C, Honig W, Gerbracht A. References for determining the time of death by potassium in vitreous humor. *Forensic Sci Int*. 1989;40:231-43.
 - 37 Rognum TO, Hauge S, Oyasaeter S, Saugstad OD. A new biochemical method for estimation of postmortem time. *Forensic Sci Int*. 1991;51:139-46.
 - 38 Lange N, Swearer S, Sturner WQ. Human postmortem interval estimation from vitreous potassium: an analysis of original data from six different studies. *Forensic Sci Int*. 1994;66:159-74.
 - 39 James RA, Hoadley PA, Sampson BG. Determination of postmortem interval by sampling vitreous humour. *Am J Forensic Med Pathol*. 1997;18:158-62.
 - 40 Munoz JI, Suarez-Penaranda JM, Otero XL, Rodriguez-Calvo MS, Costas E, Miguens X, et al. A new perspective in the estimation of postmortem interval (PMI) based on vitreous. *J Forensic Sci*. 2001;46:209-14.
 - 41 Prasad BK, Choudhary A, Sinha JN. A study of correlation between vitreous potassium level and post mortem interval. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ)*. 2003;1:132-4.
 - 42 Madea B, Rodig A. Time of death dependent criteria in vitreous humor: accuracy of estimating the time since death. *Forensic Sci Int*. 2006;164:87-92.
 - 43 Zhou B, Zhang L, Zhang G, Zhang X, Jiang X. The determination of potassium concentration in vitreous humor by low pressure ion chromatography and its application in the estimation of postmortem interval. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*.

2007;852:278-81.

- 44 Jashnani KD, Kale SA, Rupani AB. Vitreous humor: biochemical constituents in estimation of postmortem interval. *J Forensic Sci.* 2010;55:1523-7.
- 45 Tumram NK, Bardale RV, Dongre AP. Postmortem analysis of synovial fluid and vitreous humour for determination of death interval: A comparative study. *Forensic Sci Int.* 2011;204:186-90.
- 46 Coe JJ. Postmortem chemistries on human vitreous humor. *Am J Clin Pathol.* 1969;51:741-50.
- 47 Bortolotti F, Pascali JP, Davis GG, Smith FP, Brissie RM, Tagliaro F. Study of vitreous potassium correlation with time since death in the postmortem range from 2 to 110 hours using capillary ion analysis. *Med Sci Law.* 2011;51 Suppl 1:S20-3.
- 48 Salam H, Shaat E, Hassan M, MoneimSheta A, Hussein H.
Estimation of postmortem interval by analyzing Thanatochemistry and postmortem changes. *AMJ.* 2012;48:335–44
- 49 Mihailovic Z, Atanasijevic T, Popovic V, Milosevic MB, Sperhake JP. Estimation of the postmortem interval by analyzing potassium in the vitreous humor: could repetitive sampling enhance accuracy? *Am J Forensic Med Pathol.* 2012;33:400-3.
- 50 Siddamsetty AK, Verma SK, Kohli A, Puri D, Singh A. Estimation of time since death from electrolyte, glucose and calcium analysis of postmortem vitreous humour in semi-arid climate. *Med Sci Law.* 2014;54:158-66.
- 51 Tumran KT, et al. Thanatochemistry: Study of vitreous humor potassium. *Alexandria Journal of Medicine.* 2014;50:365-368
- 52 Swain R. et al. Estimation of Post-Mortem Interval: A Comparison between Cerebrospinal Fluid and Vitreous Humour Chemistry. *J. Forensic of Legal Med.* 2015;36:144-148.
- 53 Tatiya HS, Kulkarni DG, Punpale SB. Utility of Vitreous Potassium Concentration to Estimate Time since Death. *Indian J of*

Basic and Applied Medical Research. 2015 Dec;6(1):567-575.

- 54 Kulkarni CS, Chavan GC, Jadhao AJ. Medicolegal Study of Determination of Time since Death from Potassium Level in Vitreous Humor. I J of Advances in Medicine. 2016 Nov;3(4):1059-1064.
- 55 Vaitla P, Vani N. Correlation between Vitreous Humor Potassium and Time Since Death. IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry. 2017Jul-Aug;3(4):16-19.
- 56 Bray M. The effect of chilling, freezing, and rewarming on the postmortem chemistry of vitreous humor. J Forensic Sci. 1984;29:404-11.
- 57 Schoning P, Strafuss AC. Determining time of death of a dog by analyzing blood, cerebrospinal fluid, and vitreous humor collected at postmortem. Am J Vet Res. 1980;41:955-7.
- 58 Sturner WQ, Dowdey AB, Putnam RS, Dempsey JL. Osmolality and other chemical determinations in postmortem human vitreous humor. J Forensic Sci. 1972;17:387-93.
- 59 Haas M, Forbush B 3rd. The Na-K-Cl cotransporters. J Bioenerg Biomembr 1998;30:161-72.
- 60 Naumann HN. Postmortem chemistry of the vitreous body in man. Arch Ophthalmol 1959;62:356-63.
- 61 Jaffe FA. Chemical Postmortem changes in the intraocular fluid. J Forensic Sci 1962;7: 231-237.
- 62 Sturner WQ. The vitreous humour: postmortem potassium changes. Lancet 1963;1:807-8.
- 63 Crowell WA, Duncan JR. Potassium concentration in the vitreous humor as an indicator of the postmortem interval in dogs. Am J Vet Res 1974;35:301-2.
- 64 Schoning P, Strafuss AC. Postmortem biochemical changes in canine vitreous humor. J Forensic Sci 1980;25:53-9.
- 65 Agrawal RL, Gupta PC, Bhasin S, Nagar CK. Determination of the time of death by estimating potassium level in the cadaver vitreous

- humour. *Indian J Ophthalmol* 1983;31:528-31
- 66 Sparks DL, Oeltgen PR, Kryscio RJ, Hunsaker JC 3rd. Comparison of chemical methods for determining postmortem interval. *J Forensic Sci* 1989;34:197-206.
 - 67 Zaugg JL, Kinsel ML. Vitreous humor analysis for selected biochemical parameters from cervids in Idaho. *J Wildl Dis* 1997;33:776-82.
 - 68 Coe JJ. Vitreous potassium as a measure of the postmortem interval: an historical review and critical evaluation. *Forensic Sci Int* 1989;42:201-13.
 - 69 Madea B, Herrmann N, Henbge C. Precision of estimating the time since death by vitreous potassium--comparison of two different equations. *Forensic Sci Int* 1990;46:277-84.
 - 70 Gamero Lucas JJ, Romero JL, Ramos HM, Arufe MI, Vizcaya MA. Precision of estimating time of death by vitreous potassium--comparison of various equations. *Forensic Sci Int* 1992;56:137-45.
 - 71 Cespedes F; Castelleno M; Rodrigues MD; Luna A and Villanueva E. Estudio de los valores de calcio, magnesio, cloro, sodio y potasio en el humor vitreo en funcion de la data de la muerte. *Rev. Esp. Med. Legal* 1979; 20: 10.
 - 72 Hughes WM. Levels of potassium in the vitreous humour after death. *Med Sci Law* 1965;5:150-6.
 - 73 Madea B, Henssge C, Staak M. [Postmortem increase in potassium in the vitreous humor. Which parameters are suitable as indicators of antemortem agonal electrolyte imbalance?]. [Article in German]. *Z Rechtsmed* 1986;97:259-68.
 - 74 Ortmann J, Markwerth PH, Madea B. Precision of Estimating the Time since Death by Vitreous Potassium - Comparison of 5 different equations. *J. Forensic Sci. Int.* 2016;269:1-7.
 - 75 Bitó LZ. Intraocular fluid dynamics. I. Steady-state concentration gradients of magnesium, potassium and calcium in relation to the sites and mechanisms of ocular cation transport processes. *Exp Eye*

Res 1970;10:102-16.

- 76 Foerch JS, Forman DT, Vye MV. Measurement of potassium in vitreous humor as an indication of the postmortem interval. *Am J Clin Path* 1979;72: 651-52.
- 77 Blumenfeld TA, Mantell CH, Catherman RL, Blanc WA. Postmortem vitreous humor chemistry in sudden infant death syndrome and in other causes of death in childhood. *Am J Clin Pathol* 1979;71:219-23.
- 78 Forman DT, Butts J. Electrolytes of the vitreous humor as a measure of the postmortem interval. *Clin Chem* 1980;26: 1042.
- 79 Farmer JG, Benomran F, Watson AA, Harland WA. Magnesium, potassium, sodium and calcium in post-mortem vitreous humour from humans. *Forensic SciInt* 1985;27:1-13.
- 80 Choo-Kang E, McKoy C, Escoffery C. Vitreous humor analytes in assessing the postmortem interval and the antemortem clinical status. *West Indian Med J* 1983;32:23-6.
- 81 McLaughlin BG, McLaughlin PS. Equine vitreous humor chemical concentrations: correlation with serum concentrations, and postmortem changes with time and temperature. *Can J Vet Res* 1988;52:476-80.
- 82 Gardiner EE, Newberry RC, Keng JY. Avian vitreous humor concentrations of inosine, hypoxanthine, xanthine, uric acid, uracil and uridine as influenced by age and sex: their relevance as indicators of ante-mortem hypoxia. *Forensic Sci Int* 1990;47:123-7.
- 83 Crowell WA, Duncan JR. Potassium concentration in the vitreous humor as an indicator of the postmortem interval in dogs. *Am J Vet Res* 1974;35:301-2.
- 84 Mason JK, Harkness RA, Elton RA, Bartholomew S. Cot deaths in Edinburgh: infant feeding and socioeconomic factors. *J Epidemiol Community Health* 1980;34:35-41.
- 85 Madea B, Kaferstein H, Hermann N, Sticht G. Hypoxanthine in

- vitreous humor and cerebrospinal fluid--a marker of postmortem interval and prolonged (vital) hypoxia? Remarks also on hypoxanthine in SIDS. *Forensic Sci Int* 1994;65:19-31.
- 86 Larsen JS. The sagittal growth of the eye. 3. Ultrasonic easurement of the posterior segment (axial length of the vitreous) from birth to puberty. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1971;49:441-53.
 - 87 Balasooriya BA, St Hill CA, Williams AR. The biochemistry of vitreous humour. A comparative study of the potassium, sodium and urate concentrations in the eyes at identical time intervals after death. *Forensic Sci Int* 1984;26:85-91.
 - 88 Pounder DJ, Carson DO, Johnston K, Orihara Y. Electrolyte concentration differences between left and right vitreous humor samples. *J Forensic Sci* 1998;43:604-7.
 - 89 Tagliaro F, Bortolotti F, Manetto G, Cittadini F, Pascali VL, Marigo M. Potassium concentration differences in the vitreous humour from the two eyes revisited by microanalysis with capillary electrophoresis. *J Chromatogr A* 2001;924:493-8.
 - 90 Nofal Houssen. *Forensic Medicine*, Damascus Un. Press;2015-2016:P 67-75.
 - 91 Rajinderjit, et al. Role Of Vitreous Potassium Level In Estimating Postmortem Interval And The Factors Affecting It. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2011 Feb;5(1):13-15
 - 92 Khourdi AH. personal status, 10thed. Faculty of Legislation, Damascus Un.;2007-2008:231-
 - 93 Chen YQ, Cai JF, Wen JF. Advances in the Studies of Postmortem Interval Estimation by the Levels of Chemical Components in Human Vitreous Humor after Death *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2009;25(1):53-6.
 - 94 Munoz Barus JI, Suarez-Penaranda J, Otero XL, Rodriguez Calvo MS, Costas E, Miguens X et al. Improved estimation of postmortem interval based on differential behaviour of vitreous potassium and hypoxanthine in death by hanging. *For. Sci. Int*.

2002 Jan 24; (125):67-74.

- 95 Bhavesh B, et al. Estimation of Postmoetem Interval by Measuring Potassium Level in Vitreous Humour. J Indian Forensic Med. 2014 Oct-Nov;36(4).
- 96 Tumran KT, et al. Thanatochemistry: Study of vitreous humor potassium. Alexandria Journal of Medicine. 2014;50:365-368
- 97 Rognum TO, et al, Estimation of Time since Death by Vitreous Humor Hypoxanthine, Potassium, and Ambient Temperature. J. Forensic Sci. Int. 2016;262:160-165.
- 98 Ortmann J, Markwerth PH, Madea B. Precision of Estimating the Time since Death by Vitreous Potassium - Comparison of 5 different equations. J. Forensic Sci. Int. 2016;269:1-7.
- 99 Govekar G, Kumar B, Dixit PC et al. Study of Potassium in Vitreous in Relations to the Time since Death and Cause of Death. J. Forensic Medicine and Toxicology. 1990; IV (1):26-28.