البـــــول (الادرار) Urine

البـــــول : عبارة عن محلول مائي معقد اصفر اللون يحوي على املاح غير عضوية ومواد عضوية ناتجة من عمليات الايض للمركبات الحيوية داخل الجسم ، يمثل الماء ٩٦% من مكونات الادرار الكلية و تشكل اليوريا النسبة الأكبر من المواد العضوية في الادرار وتطرح بكميات كبيرة تصل الى حوالي ٣٠ غم يوميا ، اما المواد غير العضوية تطرح بمعدل ٢٥ غم يوميا واغلبها من الاملاح .

يتكون الادرار نتيجة لترشيح الدم بواسطة الكلى ، حيث تقوم الكليتين بتصفية الدم من الفضلات و يمثل الادرار احد هذه الفضلات التي تنتقل عبر الانابيب الكلوية الى تجويف الكلية ومن ثم الى المثانة للخزن المؤقت لغرض الطرح خارج الجسم . ان معدل ما يطرحه الشخص البالغ الطبيعي من الإدرار حوالي (١- 1.5 لتر) يوميا، وتتغير هذه الكمية بالاعتماد على كمية الماء المأخوذ من قبل الجسم وكمية ما يطرح عن طريق الرئتين والجلد ، واعتمادا على درجة حرارة المحيط الخارجي (تقل كمية ما يطرح من الادرار في الأجواء الحارة) .

تحصل في بعض الحالات المرضية زيادة كمية الادرار المطروح ويطلق على هذه الحالة كثرة التبول Polyuria كما يحصل عند الأشخاص المصابين بداء السكر، وتوجد حالة معاكسة تتميز بقلة كمية الادرار المطروح وتعرف بقلة التبول Oliguria كما في حالة حصى الكلى ، اما حالة انقطاع البول كليا فتعرف بعدم التبول او احتباس البول Anuria وتحصل هذه الحالة عند قصور الكلى (الفشل الكلوي) Renal failure .

جـدول يبيـن اهـم مكـونات الادرار

الماء والمكونات العضوية		
المكون	mg / 100 ml	gm / 24 hr
الماء	-	١٤٠٠
اليوريا	١٥٠٠	٢٥
الامونيا	٥٠	٠,٨
الكرياتينين	١٣٠	٢
الحوامض الامينية	٤٠	٠,٦
حامض اليوريك	٢٥	٠,٤
المجموع الكلي للنيتروجين	١٠٠٠	١٥
الفوسفات	١٠٠	١,٥
المكونات غير العضوية (الايونات)		
المكون	mg / L	mg / 24 hr
ايون الصوديوم	١٣٠	٢٠٠
ايون البوتاسيوم	٤٥	٧٠
ايون الكالسيوم	٧	١٠
ايون المغنيسيوم	١٠	١٥
ايون الكلوريد	١٤٠	٢٠٠

صفـات الادرار

الادرار محلول مائي اصفر اللون (تبني- كهرماني) ، وان التغير في لون الادرار يمكن ان يشير الى حالة غير اعتيادية نتيجة لبعض الحالات المرضية او بسبب تناول بعض الادوية . البول يتميز بالشفافية وتصنف الشفافية الى (رائق ، ضبابي ، عكر) وتتوقف درجة شفافية البول على محتواه من المواد العالقة فكلما زادت هذه المكونات كلما كان البول اكثر عكوره .

البول المطروح حديثا اما حامضي او قاعدي ويتراوح الاس الهيدروجيني (٥-٨) وعند ترك نماذج الادرار الحامضية لفترة طويلة تتحول الى قاعدية بسبب تفكك اليوريا وتكوين الامونيا ، تزداد حامضية الادرار في حالة الحمى ، داء السكر (نتيجة لازدياد كمية الاجسام الكيتونية المطروحة مع الادرار) ، كذلك بسبب اكسدة كميات كبيرة من البروتينات التي تكون حامض الكبريتيك ، واكسدة الحوامض النووية والدهون الفوسفاتية التي تحرر حامض الفسفوريك . وتزداد قاعدية الادرار في حالات احتباس البول والتداوي بالأدوية القاعدية (بيكاربونات الصوديوم و سترات البوتاسيوم) . يمكن معرفة تفاعل الادرار من خلال الفحص باستخدام ورق عباد الشمس Litmus paper (اذا اصبح لون الورقة وردي – احمر فالبول حامضي التفاعل ، واذا تحولت الورقة الى اللون الأزرق فيكون قاعدي التفاعل) ، او باستخدام ورق الاس الهيدروجيني pH. Range paper . يتأثر الاس الهيدروجيني بعدة عوامل منها الطعام المتناول ، ويفضل تكرار فحص الاس الهيدروجيني للإدرار لبيان ثبوت حامضية او قاعدية الادرار .

الوزن النوعي للإدرار اكثر من الماء بسبب المواد المذابة فيه ، اذ ان الوزن النوعي الطبيعي للإدرار (١,٠١٠ – ١,٠٢٥) ويزداد الوزن النوعي للأدرار في حالات الحمى ، التهاب الكلى الحاد و البول السكري بسبب زيادة كمية الكلوكوز في الادرار ، اما نقصان الوزن النوعي فيحصل في حالة التهاب الكلى المزمن وداء السكر لزيادة حجم الادرار . ان قياس الوزن النوعي للإدرار يعتبر من أسهل الطرق لقياس وظيفة الكلى وقدرتها على تركيز المكونات المطروحة او التخفيف. اذ ان في الكلية السليمة يكون الوزن النوعي لنماذج الادرار على الأقل ١,٠٢٤ ، اما في الكلية المصابة يكون اقل من ١,٠٢٠ .

يشمل التحليل الروتيني للإدرار اجراء عدد من الفحوصات العامة وتكتب النتيجة بتقرير بالشكل التالي :

اسم المريض:	**التاريخ :**
اللون :	تبني (كرماني)
الشفافية :	رائق
التفاعل :	حامضي
الوزن النوعي :	١,٠١٥ ـ١,٠٢٥
الزلال :	لا يوجد (-)
السكر (كلوكوز) :	لا يوجد (-)
الاجسام الكيتونية :	لا يوجد (-)
البيليروبين :	لا يوجد (-)
املاح الصفراء :	لا يوجد (-)
اليروبيلينوجين :	لا يوجد (-) او قليل جدا
الفحص المجهري :	لا يوجد رواسب

الخصائص الكيميائية للبول Chemical properties of urine

اولا: المكونات الطبيعية للبول : وتنقسم إلى قسميين أساسيين هما :

A. المكونات النيتروجينية للبول وتشمل :١ - اليوريا ٢ - حامض االيوريك ٣- الكرياتينين
B. المكونات غيرالنيتروجينية وتشمل :١- قليل من الأحماض الامينية ٢ - فيتامينات ٣- الايونات وتشمل (الكلوريد ، الفوسفات ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، المغنيسيوم ، السلفات و الكالسيوم)

ثانيا : المكونات غير الطبيعية في البول :

١- سكـر الكـلوكـوز Glucose : وجود السكر بصورة غير طبيعية فى البول هى حـالة مرضية تسمـى Glycosuria. ، وقد يظهر الكلوكوز في الادرار في حالات غير مرضية لاسباب خلل في الكلية وهذه الحالة تسمى Renal glycosuria . وكذلك يظهر الكلوكوز في الادرار في حالات الاجهاد و بعد تناول وجبات غنية بالكربوهيـدرات . من اهم الحالات التي يظهر فيها الكلوكوز في الادرار الإصابة بمـرض السكـر ، اذ ان الأشخاص الذين لديهم مستوى سكر الكلوكوز في الدم اعلى من (180 mg/100 m1) ، يظهر لديهم الكلوكوز في الادرار وذلك لتجاوز مستوى الكلوكوز العتبة الكلوية Renal threshold . ويظهر الكلوكوز في الادرار كذلك عند النساء الحوامل.

الكشف عن وجود سكر الكلوكوز فى البول يتم من خلال استخدام شرائط الغمس ، حيث تكون هذه الشرائط مخصصة للكشف عن الكلوكوز اذ تحوي على انزيم Glucose oxidase . ان بقاء لون الشريط اصفر يدل على عدم وجود الكلوكوز في الادرار ، اما ظهور اللون (الأخضر الفاتح -الأزرق) يعتبر دليل على وجود الكلوكوز في الادرار ، وان اللون يعتمد على كمية الكلوكوز في الادرار ، وتتم المقارنة مع لوحة الألوان المرفقة مع علبة الأشرطة .

يستخدم كاشف بندكت للكشف عن وجود سكر الكلوكوز فى البول، هذا الكشف يعتمد على اختزال ايونات النحاسيك الازرق في الوسط القاعدي الى النحاسوز على شكل راسب برتقالي – احمر ، ويعتمد اللون الناتج من الفحص على مقدار اختزال ايونات النحاسيك والذي بدوره يعتمد على كمية الكلوكوز الموجودة في النموذج ، فكلما زاد الكلوكوز تغير لون الراسب من الأخضر(+١) الى الأصفر(+٢) الى البرتقالي (+٣) ثم الأحمر (+٤) ..

٢- الأجسام الكيتونية Ketones bodies

وجود الأجسام الكيتونية فى البول تعتبر حالة مرضية تسمى Ketonuria ، و من اهم الحالات التى تظهر فيها الكيتونات فى البول .

١- الإصابة بمرض السكر، اذ تقل عملية اكسدة السكريات وتحرير الطاقة مما يؤدي الى الاعتماد على اكسدة الدهون بصورة رئيسية لتحريرالطاقة ، مما يؤدي الى تراكم كميات كبيرة من Acetyl CoA ، والذي يتحول فيما بعد الى Acetoacetate و β- hydroxyl butrate و Acetone والتي تسمى الحوامض الكيتونية Keto Acid او الاجسام الكيتونية Ketone bodies .

٢- تنتج الاجسام الكيتونية في حالات الصيام لفترات طويلة ، المجاعات، الرجيم القاسي و التركيز في الطعام على تناول كميات كبيرة من الدهون والاستغناء عن السكريات

ان الكشف عن وجود الاجسام الكيتونية فى البول هو جزء هام من تحليل الادرار الروتيني خصوصا في حالة وجود الكلوكوز في الادرار . ويمكن الفحص عن وجود الاجسام الكيتونية في الادرار باستخدام فحص جرهاردت Gerhardt test الذي يعتمد على استخدام محلول كلوريد الحديديك ١٠% ، او باستخدام فحص روثيرا Rothera test الذي يستخدم كاشف sodium nitroprusside ومحلول الامونيا المركزة ، ويمكن ان يستخدم هذا الفحص على شكل اشرطة Ketostix

٣- البروتين (الزلال) Albumin

عندما يمر الدم في الكليتين للشخص السليم يحصل ترشيح لمكونات الدم ، فتطرح الفضلات ويحتفظ بالمواد التي يحتاجها الجسم ومنها البروتينات . معظم جزيئات البروتينات تكون كبيرة الحجم ولاتستطيع المرور عبر الكبيبات الكلوية الا في حالة وجود تلف في انسجة الكلى . يظهر البروتين في الادرار نتيجة لترشيح جزء من بروتينات البلازما خلال الغشاء الكبيبي للوحدات الكلوية ،اذ تترشح البروتينات ذات الوزن الجزيئي القليل والحجم الصغير. ان البروتين الرئيسي الذي يمكن ان يتواجد في الادرار هو الالبومين وتعرف هذه الحالة بالبول الزلالي Albuminuria ، ومن ثم الجزيئات الأكبر الكلوبيولينات ، الا انه ظهور الفايبرنوجين ذو وزن جزيئي العالي يعكس حالة مرضية شديدة . وقد يحدث نزول البروتين في الادرار نتيجة لعدم إعادة امتصاصه في النبيبات الكلوية ، اذ في الشخص السليم تعيد هذه القنوات امتصاص البروتينات بعد مرورها من الكبيبات بكميات قليلة .

الحالات غير المرضية التي يتواجد فيها البروتين في البول هي حالات الحمل وخاصة في الأشهر الأخيرة ، التمرينات الرياضية العنيفة وكذلك نتيجة حالات الحمى الشديدة ،اما اهم الحالات المرضية التي يظهر فيها البروتين في البول امراض ، أمراض القلب ، أمراض الجهاز البولي و التهاب البروستات .

يمكن الكشف عن وجود الألبومين فى البول بإستخدام التسخين ومحلول حامض الخليك ٥% ، اذ ان تسخين الجزء العلوي من أنبوب حاوي على الادرار يؤدي الى ظهور راسب ابيض نتيجة لوجود املاح الفوسفات او الزلال ، فعند إضافة قطرات من محلول حامض الخليك ٥% اختفاء الراسب يدل على وجود املاح الفوسفات ، اما بقاء الراسب يدل على انه زلال . يستخدم حامض السلفوساليسيليك اسد Sulfosalicylic acid للكشف عن وجود الألبومين فى البول، اذ عند إضافة ٥ قطرات من محلول ٢٠% حامض السلفوساليسيليك تتكون عتمة بيضاء دلالة على وجود الزلال ، ويمكن استخدام شرائط الغمس Albustix .

٤. البيليروبين Bilirubin

وهي مادة صفراء اللون تنتج عن تكسر كريات الدم الحمراء وتحلل بروتين الهيموغلوبين بواسطة النظام الاندوبلازمي ، اذ يتحول جزء الهيم الى البيليروبين وينتقل الى الكبد ثم الى الأمعاء عن طريق قناة الصفراء ويطرح مع البراز في الحالات الطبيعية . وجود البلوروبين فى البول تعتبرحالة غير طبيعية (حالة مرضية تسمى مرض الصفراء) ،تظهر هذه الحالة في حالة ارتفاع مستوى البيليروبين في الدم عن (2.5 mg/100ml) من الحالات التى يظهر فيها البلوروبين فى البول:أمراض الكبد ، وجود حصوات فى الحويصلة المرارية و التكسر السريع لكريات الدم الحمراء.

٥- أملاح الصفراء(Bile salts)

تصنع أحماض واملاح الصفراء من الكوليسترول فى الكبد وتنقل الى المرارة للخزن، تعمل على تسهيل عملية تحلل الدهون بواسطة انزيم Lipase وتسهيل امتصاصها . تظهر املاح الصفراء في الادرار في حالة انسداد قناة الصفراء Obstruction to the biliary tract مما يسبب ازدياد مستواها في الدم وبالتالي ظهورها في الادرار ، كذلك في حالة امراض الكبد ، وارتفاع مستوى الكوليسترول وتكون حصاة المرارة .

6 - الدم Blood

وجود خلايا دم حمراء أو هيموغلوبين حر فى البول بصورة غير طبيعية تعتبر حالة مرضية تسمى هيماتوريا . من الحالات التى يتواجد فيها الدم بالبول:

a- إلتهابات فى القناة البولية والمثانة خاصة عند السيدات . **b-** الإصابه بالبلهارزيا و وجود حصى الكلى **c-.** أمراض سيولة الدم وعدم التجلط (الهيموفيليا) . **d-** سرطان الدم . **e-** الأورام مثل أورام حوض الكلية والمثانة والبروستات **f-** تناول أدوية تعمل على سيولة الدم . **j-** أسباب خلقية مثل تكيس الكلى الوراثى.

٧- النيتريت Nitrites in urine :

ان ظهور ايون النتريت يعتبر دليل على التهابات المجاري البولية بسبب وجود البكتريا في المجاري البولية التى تعمل على تحويل nitrate إلى nitrite

تكـوين البـــول

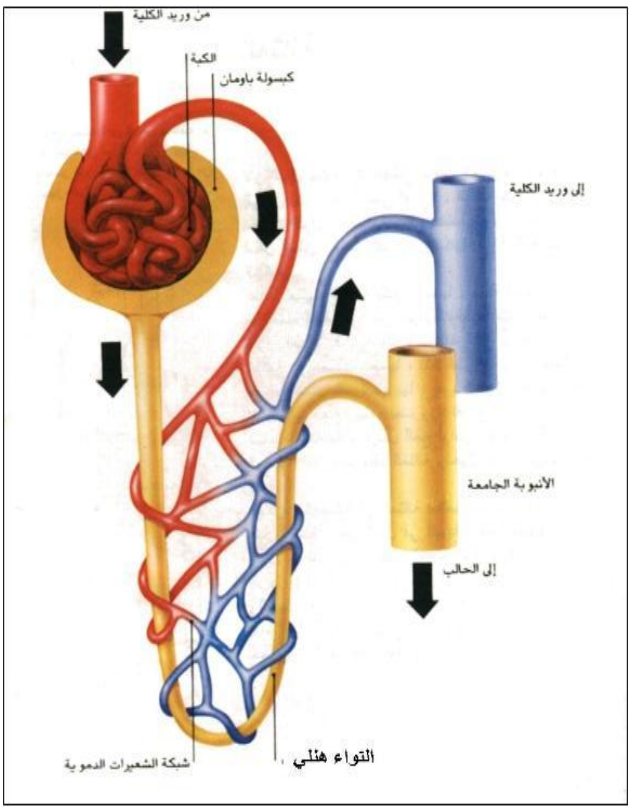
تزال الفضلات من الدم بواسطة الكلى ومنها الى المثانة حيث تخزن مؤقتا ثم تطرح خارج الجسم كبول . تحتوي كل كلية على مايقارب مليون من الوحدات العاملة التي تسمى الوحدات الكلوية (النفرون)Nephron ، وكل وحدة من هذه الوحدات تتكون من كرة من الشعيرات الدموية تدعى بالكبيبة Glomerulus والتي بدورها ترتبط بقناة صغيرة تدعى النبيب Tubule ، وان عملية تكوين الادرار تحصل من خلال ثلاث مراحل رئيسية تحصل في كل وحدة كلوية ، وكما يلي :

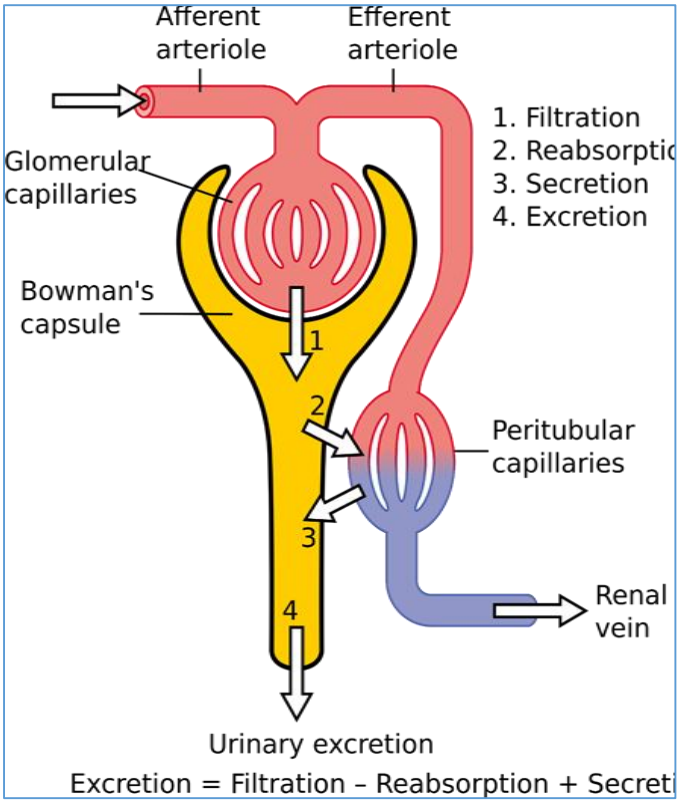
١.. **الترشيح الكبيبي Glomerular filtration** : يرشح الدم المار في الوحدات الكلوية من خلال شعيرات الكبيبة ويعبر الراشح الى النبيب عبر غشاء الكبيبة ، وهذا الراشح يحوي على جميع مكونات الدم عدا البروتين الذي لا يعبر من خلال غشاء الكبيبة الطبيعي .

٢.. **الافراز النبيبي Tubular secretion** : تضاف الى الراشح خلال مروره في النبيب مواد ذائبة أخرى من خلال جدار النبيب والتي تفرز من خلال الاوعية الدموية الملامسة لجدار النبيب .

٣.. **إعادة الامتصاص النبيبي Tubular reabsorption** : في هذه المرحلة يعاد امتصاص جزء من الماء والمكونات الذائبة من خلال جدار النبيب واعادتها الى الدم .

ان ناتج المراحل الثلاثة أعلاه يعبر خلال نبيبات جامعة كبيرة Larger collection tubules الى الحالب ثم الى المثانة ، بعد ذلك يطرح كبول خارج الجسم ، وعليه فان مكـونات البـول تكون ناتجة من العملية ، البـول = [(الترشيح الكبيبي + الافراز النبيبي) – إعادة الامتصاص النبيبي] .





نماذج البول وطرق جمعها

يعتبر البول وسطا ممتازا لتكاثر البكتريا وعليه يجب ان تجمع نماذج الادرار في اوعية معقمة ونظيفة كيميائيا ، كما يجب ان يفحص الادرار عند اجراء التحليل العام بعد نصف ساعة من جمعه ، وعند الضرورة يحفظ في الثلاجة لفترة لا تتجاوز الساعتين وبعد ذلك يجب تدفئة النموذج قبل الفحص لترسب الفوسفات واليورات في البول البارد .

ومن اهم نماذج الادرار وطرق جمعها :

١.. النموذج العشوائي : يجمع البول في وعاء مخروطي الشكل ويغطى بشريحة زجاجية لتجنب التغيرات التي قد تحصل في الاس الهيدروجيني ، ويجب ان يعلم الوعاء باسم المريض والتاريخ . ان نماذج البول تختلف في تراكيز المكونات الموجودة فيها من نموذج لأخر حسب الحالة الفسيولوجية للجسم ونوع الغذاء وكمية السوائل المأخوذة .

٢.. نموذج الصباح الباكر : يفضل هذا النموذج لأجراء تحليل الادرار العام الروتيني وكذلك لأجراء فحص الحمل ، حيث تكون المكونات اعلى تركيز في هذا النموذج مقارنة بالنماذج الأخرى .

٣.. النموذج المؤقت لفترة محددة من الزمن : تحتاج بعض التحاليل الوظيفية للكلى الى جمع نماذج لفترة محددة من الزمن ، وتجمع هذه النماذج لوقت محدد ابتداء" وانتهاءا" بمثانة فارغة وتحتاج بعض هذه التحاليل الى جمع نماذج الادرار في ساعات معينة .

٤.. نموذج ٢٤ ساعة : يتغير تركيز معظم مكونات الادرار من وقت لأخر في اليوم الواحد ، لذلك يجب جمع نماذج الادرار لـ ٢٤ ساعة لقياس الافراز الكمي للمكونات الكيميائية للإدرار . تعطى تعليمات للمريض كي يفرغ مثانته من الادرار ويهمل هذا النموذج في بداية توقيت جمع النموذج لـ ٢٤ ساعة ، ثم تجمع كل نماذج الادرار خلال ٢٤ ساعة في قناني كبيرة معقمة وتكون حاوية على مواد حافظة ، توضع نماذج الادرار خلال فترة الجمع في الثلاجة للمحافظة على النماذج من التغيرات التي يمكن ان تطرأ عليها .

٥.. نموذج قسطرة : يجمع الادرار في انابيب خاصة ويستعمل فقط في حالة عدم إمكانية الحصول على الادرار من المريض بصورة اعتيادية كما هو الحال عند احتباس البول .

٦.. نموذج الفحص البكتيرولوجي : يجمع الادرار في قنينة معقمة ونظيفة ، ويفضل اهمال الكمية الأولى من الادرار وجمع النموذج الوسطي من البول حيث يترك الجزء الأول من البول ينساب ، بعد ذلك يجمع الجزء الوسطي بالقنينة المعقمة وتغلق فورا ، لتجنب تلوث النموذج .

التغيرات التي تطرأ على نماذج الادرار اثناء الخزن وكيفية المحافظة عليها

١.. التغيرات التي تطرأ على نماذج الادرار اثناء الخزن : تتغير بعض مكونات الادرار نتيجه تلوثه بالبكتريا خصوصل عند جمعه في قناني غير معقمه ، يمكن التقليل من هذه التغييرات بحفظ النماذج مبردة في اوعية مغسولة جيدا ، وعند خزن الادرار تتحول اليوريا الى كاربونات الامونيوم ومن ثم التحلل وتحرير الامونيا وبصورة خاصة عندما يكون الادرار قاعدي التفاعل ، وعليه فان هذا النموذج يكون غير صالح لقياس تركيز اليوريا ، الامونيا ، النيتروجين الكلي ، الكلوكوز والاس الهيدروجيني .

$$NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3 \longrightarrow 2\ NH_3 + CO_2 + H_2O$$

كما ان هذه التغيرات يمكن ان تغير شكل الرواسب والخلايا الموجودة في نماذج الادرار مما يؤدي الى صعوبة تشخيصها عند الفحص المجهري . من التغيرات الأخرى التي تحصل على الادرار اثناء الخزن ترسب الفوسفات في البول القاعدي التفاعل والتي يمكن إعادة اذابتها بإضافة القليل من محلول ٥% حامض الخليك ، كما تترسب اليورات عند تبريد الادرار ويمكن اذابتها بمجرد التدفئة للنموذج . من التغيرات الأخرى تأكسد مادة اليروبيلينوجين الى مادة اليوربلين والتأكسد السريع لحامض الاسكوربيك ، وقبل اجراء أي فحص للادرار يجب خلط النموذج مع جميع رواسبه .

٢.. المواد الحافظة للادرار : لمنع حصول التغيرات المذكورة أعلاه عند خزن نماذج الادرار تستعمل المواد الحافظة . وان نوع التحليل المراد اجراءه على نموذج الادرار هو الذي يحدد اختيار المادة الحافظة المستخدمة ، ومن اهم المواد الحافظة للادرار ما يلي :

A. حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid : يستعمل حامض الهيدروكلوريك بكثرة لحفظ نماذج الادرار ، ويكفي استخدام ١٠ مل من الحامض المركز او ١٠٠مل من الحامض بتركيز ١نورمالي لجمع نماذج الادرار لـ ٢٤ ساعة . ان استخدام هذا الحامض مناسب لقياس النيتروجين ، الامونيا ، الكالسيوم ، الفوسفات و ketosteroids ، ولكنه غير مناسب لقياس اليورات بسبب ترسبها بهذا الحامض ، ونادرا ماتستخدم حوامض أخرى مثل حامض الكبريتيك المركز ، اذ ان ١مل من حامض الكبريتيك المركز يكفي لجمع نموذج ٢٤ ساعة لقياس Catecholamine's .

B. التلوين Toluene : يستخدم هذا المركب كمادة حافظة عندما يراد قياس تركيز الصوديوم ، البوتاسيوم ، حامض اليوريك والبروتينات ، ويضاف ١٠ مل من التلوين لحفظ نموذج ٢٤ ساعة .

C. الهيبيتان Hibitane: يستعمل لحفظ نماذج الادرار المعدة لقياس سكر الكلوكوز ، وذلك بإضافة كمية قليلة من محلول ٥% Hibitane .

D. حامض الخليك الثلجي Glacial acetic acid : يستخدم هذا الحامض بإضافة ١٠ مل منه لحفظ نموذج الادرار لـ ٢٤ ساعة ويستعمل هذا الحافظ لقياس الاسكوربيك اسد و 5-Hydroxyindol acetic acid .