مكونات السائل المنوي

الدكتور محمد موسى
رئيس برنامج التلقيح الاصطناعي ونقل الأجنة
بالمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة /أكساد/

- **النطاف Spermatozoa:** تتشكل في الانبيبات الناقلة للمني في الخصية، وتخزن في البربخ، وتكون مسؤولةً عن إخصاب البويضة.
- **بلازما السائل المنوي Seminal plasma:** تتشكل بوساطة الغدد الثانوية الملحقة بالجهاز التناسلي الذكري وتمتزج مع النطاف فقط عند القذف.

تختلف إفرازات الغدد الملحقة للذكور كيميائياً عن بقية سوائل الجسم بعدة أمور :

- تتميز هذه الإفرازات بوجود عدة مواد معينة مميزة، من بين هذه المواد المعروفة : حمض الستريك، الفوسفات البروستاتي، الفركتوز، الفوسفوريل كولين، الإرجوثيونين، الإينوزيتول، الغليسريل فوسفوريل كولين.
- وجود جسيمات معينة على هيئة حبيبات مختلفة، وكريات وعناصر أخرى جميعها متشابهة من حيث المنشأ الخلوي.
- يمكن أن يحتوي المني قبل الإفراز على بلاعم و بليعمات في البربخ يشك بأنها تتشكل في البربخ وتكون وظيفتها بلعمة النطاف الميتة. تسمى الخلايا من هذا النمط ببلاعم النطاف **(Spermiophages)**.
- تشكل كتلة النطاف من السائل المنوي حوالي 30 %، عند الكباش، وعند الثور 14 %، والخنزير 7 %، والحصان 1.75 %.

خواص السائل المنوي عند حيوانات المزرعة (قيم وسطية)
Semen Characteristics In Different Animal Species

نوع الحيوان	الحجم (مل)	تركيز النطاف ($\times 10^6$ / مل)	مجموع النطاف / القذفة ($\times 10^6$)	PH
الثور Bull	6	1200	7.200	6.75
الجاموس Buffalo	2.5	600	1.500	6.80
الكبش Ram	1.0	3000	3.000	6.40
التيسGoat	1.0	3000	3.000	6.40
الجمل Camel	8.5	400	3.400	7.80
الخنزير Boar	215	250	53.750	7.60
الحصان Stallion	125	120	15.000	7.40

مساهمة أجزاء الجهاز التناسلي في تشكيل السائل المنوي

مساهمة الخصية :

- النطاف.
- أجزاء خلوية تطرح من قبل النطاف في أثناء نضوجها.
- السوائل الخصوية، يتم إفراز هذه السوائل بمعدل (1 مل /100غ من الخصية / الساعة) في الثور البالغ.
- تحتوي السوائل الخصوية على تراكيز مرتفعة من الإينوزيتول، والبوتاسيوم، والكلوريد، وتراكيز أقل من الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم والفوسفور اللاعضوي ويكون البروتين أقل مما هو في بلاسما الدم.
- ومن المركبات الأخرى التستوسترون، والديهايدروتستوسترون وإيبي أندروستيرون.
- **وظائف هذه السوائل مضاعفة وهي كما يلي:**
  - نقل النطاف غير المتحركة من الخصية إلى البربخ.
  - تزويد النطاف ببعض الركائز التي تستفيد منها.

مساهمة البربخ : يساهم بثلاث مواد:

- الغليسريل فوسفوريل كولين (**GPC)**
- الكارنيتين. وظيفته يدخل في عملية أكسدة الحموض الدهنية، وأستيل الكارنيتين يُعدُّ كمصدر للطاقة ودارئ ضد التغيرات السريعة في تركيز أستيل كو أنظيم A في النطاف.
- حمض السياليك والغليكوبروتين. يقوم الغليكوبروتين الموجود في سوائل البربخ بدور مزلق وبذلك يقلل الاحتكاك بين النطاف المزدحمة في ذيل البربخ. يساعد في نضوج النطاف
- يمكن أن تتواجد مستويات عالية من اللاكتات في إفرازات البربخ التي تخدم كركائز قابلة للأكسدة خلال مرور النطاف عبر البربخ.

تساهم **الأمبولا** أيضاً في حجم السائل المنوي. تحتوي إفرازاتها على كمية قليلة من المواد ومن أهمها **الفركتوز**. أيضاً تحتوي إفرازات الأمبولا على **حمض السيتريك**، وعند الخيول على **الإرجوثيونين**.

- معظم الإفرازات المشكلة للسائل المنوي من الحويصلة المنوية والبروستات وغدة كوبر، وتكون مساهمة الحويصلة المنوية أكبر من الغدد الأخرى. إذْ تشكل مساهمة الحويصلة المنوية من حجم القذفة المنوية الطبيعية حوالي 80 %.
- الحويصلة المنوية هي المصدر الرئيسي للفركتوز وحمض السيتريك وحمض الإسكوربيك، بينما غدة البروستات هي مصدر الخلايا المضادة لتراص النطاف.

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للقذفة عند الثيران

- كمية السائل المنوي المنتجة من الثور الطبيعي (تقريباً تكون بمعدل 6 إلى 7 مل / القذفة) وتزداد بازدياد عمر الثور وحجمه، وتحتوي القذفة المنوية تقريباً من 1 إلى 2 بليون نطفة / مل.
- تحتوي القذفة أيضاً على سائل البلازما المنوية التي تتشكل بوساطة الغدد الجنسية الملحقة، وأيضاً تحتوي على خلايا ظهارية ومركبات أخرى.

- تتضمن خصائصها الفيزيائية المحتوى من المواد الجافة، واللزوجة، والكثافة، والباهاء والضغط الأسموزي، والناقلية الكهربائية وكلها تعتمد على نسبة تركيز النطاف.

اللزوجة:

- تعتمد لزوجة السائل المنوي بشكل كبير على تركيز السائل المنوي بالشوارد وعلى تركيز النطاف، وليس على لزوجة البلاسما المنوية بعد إزالة النطاف.
- لزوجة السائل المنوي للثور متغيرة بين 1.75 (80×10^6 / مل) إلى 10.52 (2.260 × 10^6 / مل) ووسطياً 3.74، تقاس بالمقارنة مع الماء المقطر الذي تكون كثافته 1.0 سنتي بويز (وحدة قياس اللزوجة) عند درجة حرارة 20^o م.
- إن لزوجة البلازما المنوية لوحدها عند الثيران نادراً ما تتجاوز نسبة 2,0.

الوزن النوعي:

- يعتمد على العلاقة بين تركيز النطاف و حجم البلازما
- الوزن النوعي للسائل المنوي هو (1,035) عند الثيران، و(1,080) في الكباش و تكون (1,023) في الخنازير مع تذبذب في هذه القيم وسببه الأساسي يعزى إلى تغير النسبة بين النطاف والبلاسما.
- الوزن النوعي للبلاسما المنوية هو حوالي (1,005).

الضغط التناضحي:

- هو ضغط المحلول عندما يكون في حالة توازن مع الماء النقي وذلك عندما يوضع بينهما حاجز نصف نفوذ يسمح بمرور الماء فقط ولكن لا يسمح بمرور المحلول.
- يقارن الضغط التناضحي عند نقطة التجمد مع درجة حرارة التجمد للماء النقي.
- التركيز المولي للسائل المنوي الطازج هو(- 0.56) إلى (- 1.86) أو تقريباً (300 ميلي أسموز) الذي يساوي تقريباً (7.6) ضغط جوي عند الدرجة 37 مْ.
- يكون عند الكباش 9.0، وعند الخنازير 4.8، وعند الخيول 7.8، وعند الأرانب 7.6.

تعود التغيرات الكبيرة في قيم الضغط التناضحي إلى:

أ)- اختلاف تركيز النطاف في العينة.

ب)- اختلاف معدل الاستقلاب.

ج)- الزمن الفاصل بين عملية جمع السائل المنوي و قياس الضغط التناضحي.

د)- كذلك الأحوال الجوية (الجفاف)، وغذاء الحيوان (الأملاح) يمكن أن تؤثر في الضغط التناضحي للسائل المنوي.

تركيز التأين الهيدروجيني والسعة الدارئة للسائل المنوي:

قيم الباهاء (PH) للسوائل المأخوذة مباشرةً من الثيران في المسلخ كما يلي:

- سوائل الخصية: 7.1 إلى 7.82
- المني الموجود في البربخ: 5.9 إلى 6.3
- المني الموجود في الأمبولا: 5.9 إلى 6.8
- سوائل الحويصلة المنوية: 6.08 إلى 6.41
- التأين الهيدروجيني (PH) للقذفة المنوية الطازجة معتدلاً لا تتجاوز قيمته 6.75.

- التلوث الجرثومي للسائل المنوي وكذلك السائل المنوي الحاوي على العديد من النطاف الميتة يمكن أن يشكلا الأمونيا، والتي بدورها يمكن أن تزيد من درجة الباهاء.
- يكون باهاء السائل المنوي المجموع بوساطة المهبل الاصطناعي أخفض من باهاء السائل المنوي المجموع بوساطة جهاز القذف الكهربائي وبوساطة التدليك.
- الجمع المتكرر والمتعاقب للسائل المنوي يؤدي إلى زيادة الباهاء، وكذلك السائل المنوي الذي لا يحوي نطاف وأيضاً السائل المنوي المجموع من ثور يعاني من التهاب البربخ.

السعة الدارئة Buffering capacity:

- عبارة عن القدرة الكيميائية للسائل على امتصاص الحموض أو القلويات مع تغير بسيط للباهاء.
- تنخفض نوعية السائل المنوي للثور نسبياً عندما يكون الباهاء أقل من 5.5 أو أكبر من 9.0 ولكن يملك درءاً منخفضاً عندما يكون الباهاء بين 6.5 – 8.0 .
- السعة الدارئة الطبيعية تعتمد بشكل أساسي على السترات والبيكربونات.

الناقلية الكهربائية:

- بسبب وجود الحمض والأساس، أو وجود الكهارل في السائل المنوي للثيران يكون هذا السائل موصلاً جيداً للتيار الكهربائي.
- متوسط الناقلية الكهربائية للسائل المنوي للثيران هي 104.57 أوم في 1 سم× 10^{-4} عند درجة حرارة 25 مْ.
- تكون الناقلية عند الكباش (63.2)، وعند الخيول (123.0)، وعند الخنازير (129.0)، وعند الأرانب (93.8).

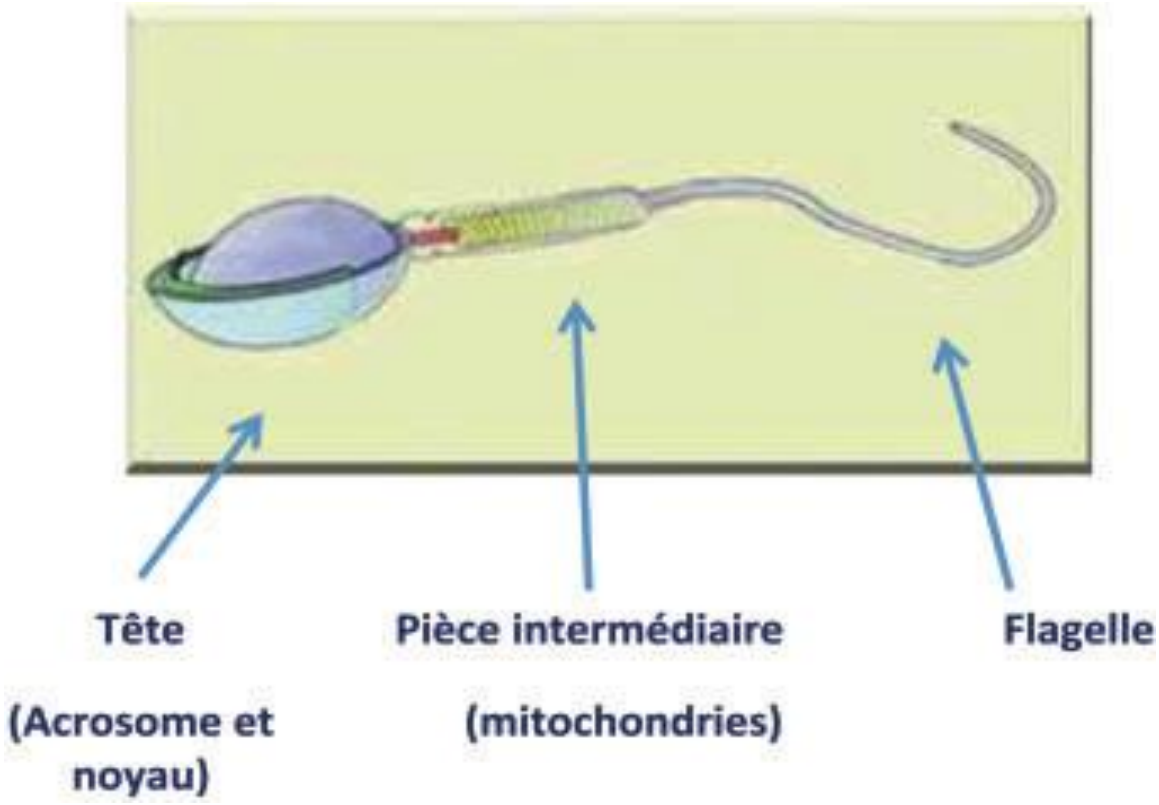
بنية النطفة ومكوناتها
Sperm Structure and Composition

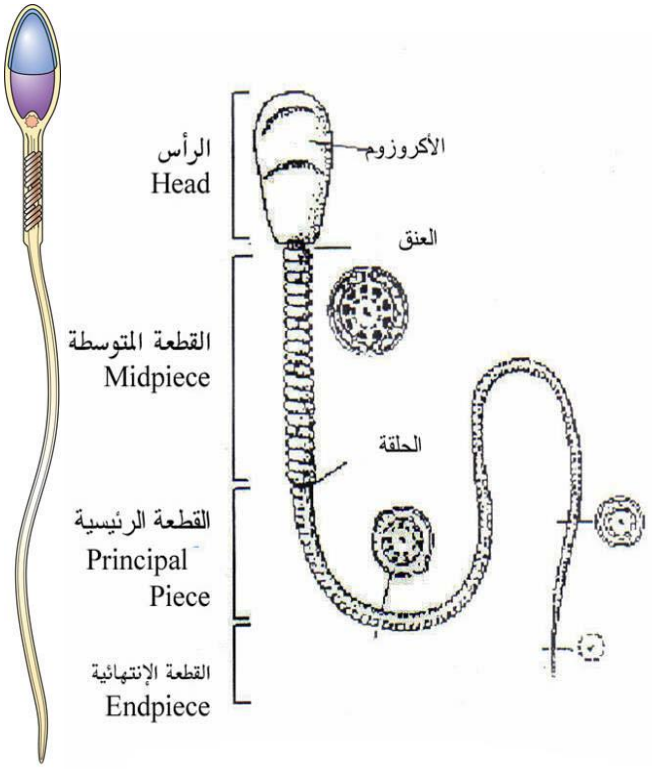
النطفة هي :

- خلية عالية التخصص (اختراق الخلية البيضية).
- خلية مكثفة (تفتقد الهيولى التي هي مميزة لمعظم الخلايا).
- نشيطة استقلابياً (لا تكبر ولا تنقسم أو تتضاعف).
- النظام الاستقلابي المسيطر هو من النمط التقويضي.
- حجمها حوالي 20000/1 بالنسبة إلى البويضة، وطولها حوالي (50 - 70) ميكرون.
- وظيفتها هي التحرك والقدرة على الإخصاب. وهي مكونة من منطقتين مختلفتين وهما:
- رأس النطفة: الذي يضم النواة، ووظيفته هي عبارة عن ناقل للكروماتين الأبوي (DNA).
- الذيل: الذي يشكل عضو الحركة، ويحمل الأنزيمات الضرورية للنشاط الاستقلابي.

فترة تكون النطاف و العدد الكلي للنطاف الموجود بالقذفة تبعا للكائن الحي

الكائن	فترة تكون النطاف	العدد الكلي للنطاف بالقذفة
الكلب	54	1.2 – 2 مليار
القط	47	3 – 153 مليون
الحصان	57	15 مليار
الثور	54	4 – 6 مليار





رأس النطفة:

- يختلف شكله من حيوان إلى أخر فهو بيضاوياً عند الثيران والخنازير والأرانب، ومتطاولاً عند الطيور وشكله مخطوف عند الفأر والجرذ.
- كروماتين كثيف محمي بوساطة غشاء غير نفوذ يحتوي (DNA).
- تحتوي النطفة على نصف المادة الوراثية.
- يغطى الجزء الأمامي للنواة بقبعة تدعى القونس أو الأكروزوم والجزء الخلفي يغطى بغمد سيتوبلاسمي يعرف بالقبعة خلف نووية.
- يحتوي الأكروزوم على العديد من الأنزيمات المحلمهة مثل الأكروزين والهيالورونيداز وأنزيمات نافذة للمنطقة التاجية وهناك عدة أنزيمات محللة تدخل في عملية الإخصاب.

ذيل النطفة:

- ذيل النطفة: يتألف من العنق والقطعة المتوسطة والقطعة الرئيسية والقطعة النهائية.
- عنق النطفة : منطقة ضيقة وتقيس حوالي 1 ميكرون ويصل رأس النطفة بالقطعة المتوسطة.
- بنية العنق غاية في التعقيد وهو أكثر جزء حساسية وهشاشة في النطفة. وأقل ضرر للعنق ينتج عنه انفصال الرأس عن الذيل.
- تغطى كامل منطقة العنق بالغشاء الخلوي الذي يمتد فوق الرأس والقطعة المتوسطة.

- يتوضع العنق عند نهاية قاعدة النواة، ومنها يبدأ الخيط المحوري المعقد الذي يشكل اللب المركزي للقطعة المتوسطة والذيل، وأيضاً يشكل عضو الحركة الأساسي.

القطعة المتوسطة:

- هي القطعة من الذيل الواقعة بين العنق والقطعة الرئيسية.
- اللب المركزي للقطعة المتوسطة وكامل طول الذيل هو الخيط المحوري (عنصر مقلص رئيس). ويتكون من تسعة أزواج من الخيوط أو الأنيبيبات المرتبة بشكل شعاعي حول خيطان مركزيان.
- البنى المميزة التي تميز القطعة المتوسطة هي وجود المصورات الحيوية (المتقدرات) التي تشبه السجق (النقانق)، والتي تنتظم بشكل حلزوني على طول الليفات الموجودة في الذيل. يختلف شكل المتقدرات وحجمها وعددها حسب النوع.
- تفرز الأنزيمات المسؤولة عن الاستقلاب الهوائي واللاهوائي للنطفة السيتوكروم.

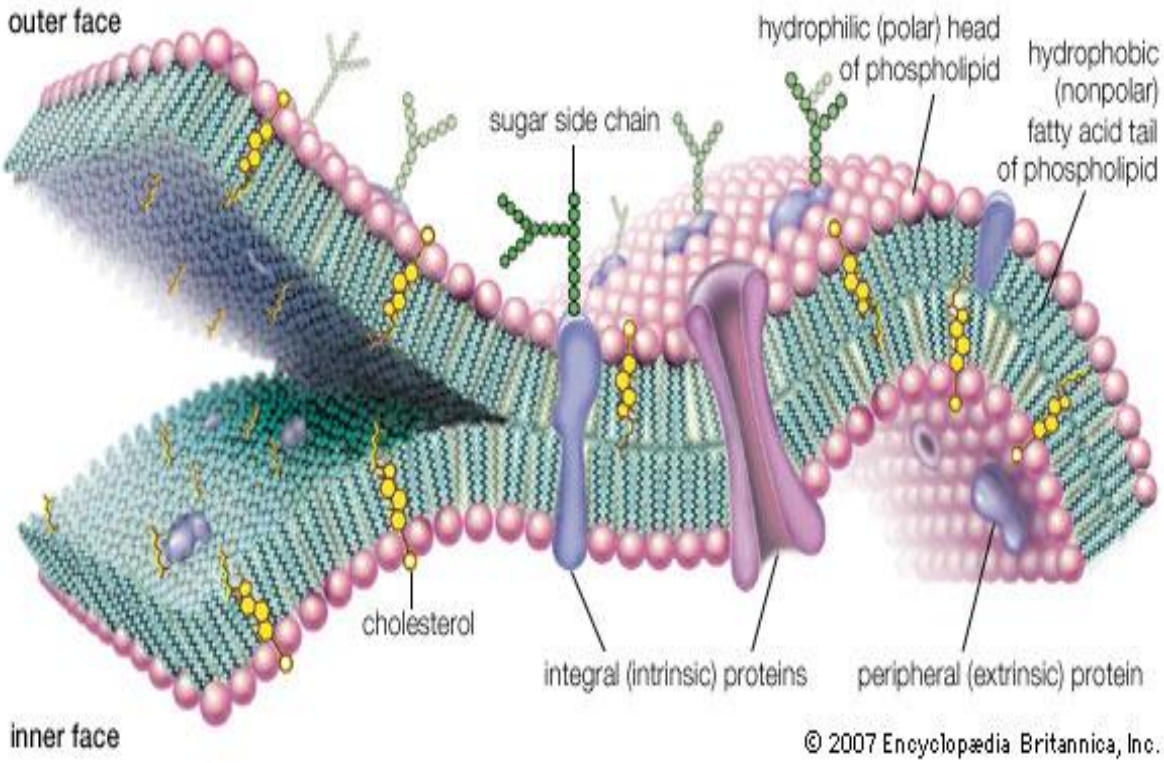
القطعة الرئيسية:

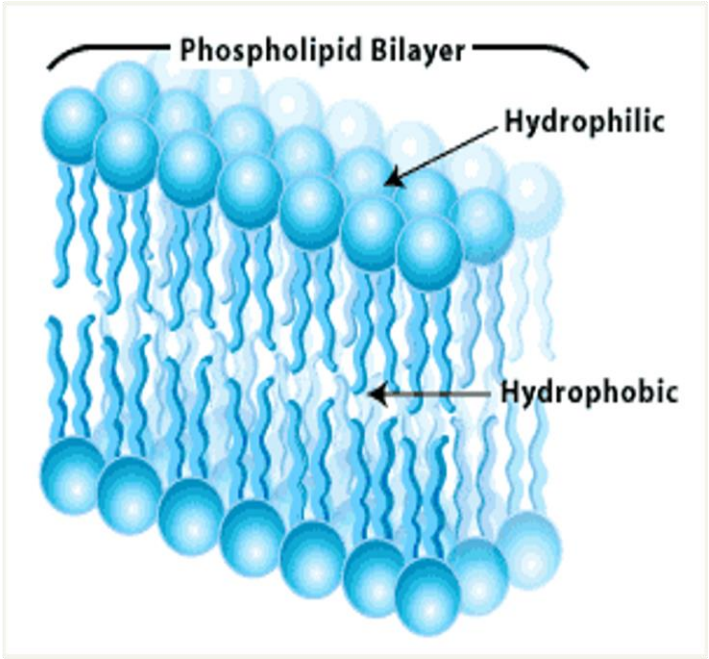
- هي المنطقة المتوضعة خلف الحلقة (نهاية القطعة المتوسطة) وتمتد إلى نهاية الذيل.
- القطعة الرئيسية مكونة مركزياً من الخيط المحوري والليفات المرافقة له.
- القطعة النهائية : هي القطعة التي تقع خلف الغمد الليفي من الذيل. وهي تحتوي فقط على الخيط المحوري المغطى بالغشاء الخلوي.

البنية الدقيقة للنطفة Ultrastructure of Spermatozoa

الغشاء البلاسمي:

- يحيط بكامل النطفة (الذي يكون على تماس مع الوسط الخارجي).
- تختلف طبيعة هذا الغشاء ووظيفته من منطقة إلى أخرى من مناطق النطفة.
- يتكون من ثلاث أجزاء: طبقة دهنية (شحمية) ثنائية، وسطح فاصل للماء فوسفوليبيدي (شحمي فوسفوري)، وغطاء بروتيني سكري.
- الطبقة الشحمية الثنائية: تتكون من فوسفوليبيدات قطبية موجهة بحيث تكون سلاسلها الشحمية الأسيلية الكارهة للماء (Hydrophobic) متجهة للداخل ومجموعاتها الرأسية المحبة للماء والمشحونة قطبياً (Hydrophilic) متجهة نحو الخارج باتجاه المحل (المذيب) القطبي وهو الماء.
- الشحوم المسيطرة (الأكثر تواجداً) هي الشحوم الفوسفورية والكولسترول. غالباً ما يعمل الكولسترول كمادة تحافظ على ثباتية الغشاء.
- تكون البروتينات مختلطة مع الشحوم وتمثل حوالي 50 % من وزن الغشاء وتكون إما جزءاً مندمجاً (أساسياً لبنية الغشاء) أو جزءاً محيطياً (متحداً مع الغشاء لكن يمكن أن يزال بسهولة منه).
- الغطاء البروتيني السكري هو عبارة عن غطاء خارجي للنطفة والمكون من السكريات متعددة.


outer face
hydrophilic (polar) head of phospholipid
hydrophobic (nonpolar) fatty acid tail of phospholipid
sugar side chain
cholesterol
integral (intrinsic) proteins
peripheral (extrinsic) protein
inner face
© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.


Phospholipid Bilayer
Hydrophilic
Hydrophobic

رأس النطفة:

تحاط النواة بغشاء مضاعف الطبقة يحتوي على بعض المسامات، وتكون محاطة بخمسة أغشية:

- الغشاء البلاسمي.
- الغشاء الأكروزومي الخارجي.
- الغشاء الاكروزومي الداخلي.
- الغشاء النووي الخارجي.
- الغشاء النووي الداخلي.
- حفرة الانغراس تتوضع عند قاعدة الرأس وهي عبارة عن منطقة تمفصل (كرة وتجويفها) تعمل على وصل العنق مع الرأس.
- يملك الغلاف النووي عدداً كبيراً من المسام النووية.
- الطبقة الخارجية من الغلاف النووي المضاعف الطبقة والمبطنة لحفرة الانغراس تزداد ثخانتها بحيث تشكل الصفيحة القاعدية المميزة والتي تؤمن الارتباط الفعلي للرأس مع العنق. هذا الاتصال يكون ضعيفاً.

القونس (الجسيم الطرفي) أو الأكروزوم Acrosome :

- هو جسيم حال متخصص له وظيفة نوعية وهي حل الإكليل المشع والمنطقة الشفافة للبويضة ويمهد الطريق للالتحام بين أغشية النطفة والبويضة. وتحتوي على أنزيمات التي تساهم في عملية اختراق الغطاء الخارجي للبويضة.
- تتكون من غشاء مضاعف الطبقة (ثنائي الطبقة).
- يتوضع بين الغشاء البلاسمي وبين الغشاء النووي في منطقة الرأس الأمامية ولها مجموعة من الأغشية خاصة بها: غشاء الجسيم الطرفي الداخلي المجاور للغلاف النووي وغشاء الجسيم الطرفي الخارجي المغلف بالغشاء البلازمي ويلتحم مع تلك البنية في أثناء مرحلة قذف الجسيم الطرفي خارج الخلية أو مرحلة تفاعل الجسيم الطرفي.
- يتواجد بين غشاء الجسيم الطرفي الداخلي والخارجي فجوة تسمى الفجوة القمية Apical vacuole التي تمتد طرفياً حتى الحافة الأمامية لرأس النطفة. تحتوي هذه الفجوة على بروتين سكري وأنزيمات مسؤولة عن اختراق النطفة للبويضة.

عنق النطفة:

- هو القطعة الواصلة بين القطعة المتوسطة والرأس وتُعَدُّ المنطقة الأكثر هشاشة من النطفة، ويحتوي بنية معقدة مؤلفة من:
- القطعة الموصلة.
- المريكز القريب.
- بالإضافة إلى هذه البنيات هناك أيضاً عدة متقدرات صغيرة وغلاف نووي.

بنية ذيل النطفة Sperm Tail Structure

- يقسم ذيل النطفة إلى ثلاثة أقسام تشريحية هي :
- القطعة المتوسطة، والقطعة الأساسية، والقطعة الإنتهائية وتكون جميعها محاطة بغشاء مشترك.

- تشترك جميع أقسام الذيل بالتوضع المركزي للخيط المحوري المؤلف من مزدوجات نبيبية متساوية تحيط بالزوج المركزي.

بيوكيمياء البلازما المنوية
Biochemistry of Seminal Plasma

- **البلازما المنوية** هي سائل خارج خلوي تفيد النطاف كناقل وبيئة لها. وهي مزيج مركب من مفرزات الأعضاء الذكرية الملحقة بجهاز التناسل.
- وظيفتها كمدد طبيعي وكعربة للنقل.
- تساعد البلازما المنوية النطاف على المرور بوساطة إحداث التقلصات في العضلات الملساء للقناة التناسلية عند الذكر والأنثى.
- عند بعض الأنواع تحسّن البلازما المنوية من حركية النطاف بشكل واضح إلى حد ما. بسبب وجود مواد منشطة خاصة في إفرازات الغدة الملحقة المختلفة.
- تقسم المواد المحفزة إلى مجموعتين :
- **المجموعة الأولى :** تشمل العوامل المحفزة النشيطة مثل بعض الأيونات و النيكلوتيدات، التي لا تزال بشكل كيميائي غامضة إلى حد الآن ولكنها على ما يبدو هي منشطات من نمط معين. إحدى هذه المواد تسمى بروتين الحركة الأمامية (Forward-motility protein-FMP) وهو غليكوبروتين يحرض الحركة التقدمية (باتجاه الأمام) للنطاف غير المتحركة وغير الناضجة.
- **المجموعة الأخرى :** تتألف من المواد المغذية للنطاف التي تزود احتياجات الطاقة الاستقلابية من أجل الحركة والبقاء. من هذه المواد الفركتوز المنوي وحمض اللاكتيك.
- تفرز البلازما المنوية تحت تأثير التستوسترون.
- تختلف في أصلها من نوع لآخر.
- عند الثيران أغلب البلازما المنوية تفرز من الغدد الحويصلية بنسبة (40-50 %).
- عند الكباش (50-60 %) تنتج من البربخ.
- عند الخنازير (55-70 %) يفرز من البروستات والغدد البصلية الإحليلية.
- البلازما المنوية مميزة بالمحتوى العالي لمواد عضوية معينة مثل الغليسيريل فوسفوريل كولين (GPC)، حمض السيتريك، الفركتوز، الإينوزيتول، السوربيتول، الإيرغوثيونين، والسبيرمين. وتتواجد أيضاً كميات مختلفة من حمض الأسكوربيك، والحموض الأمينية، الببتيدات، البروتينات، اللبيدات، الحموض الدهنية، وعدة أنزيمات.
- إن وجود الكميات الكبيرة من المواد العضوية في البلازما المنوية يعكس ببساطة نمط الاستقلاب في الغدد الملحقة التي تنتج هذه المواد.
- الغلوبولين المناعي نمط (IgA)
- بالإضافة إلى المواد الهرمونية التي تشمل الأندروجين، الأستروجين، البروستغلاندينات، FSH، LH، المواد الشبيهة بمحفزات القند الكوريونية، هرمون النمو، الأنسولين، الجلوكاجون، البرولاكتين، الريلاكسين، هرمون الغدة الدرقية، الإنسيفالين (الدماغين) اكتشفت في البلازما المنوية.
- من بين المكونات غير العضوية للبلازما المنوية المحتوى العالي للبوتاسيوم، الكالسيوم، والبيكربونات والتي تلاحظ بشكل جزئي.

أهمية دراسة التركيب الكيميائي للبلازما المنوية:

- تقييم مكوّن الأمشاج (مكون الأعراس) والوظيفة الأندروجينية للخصى. إضافة إلى تقييم عدد العمليات الفيزيولوجية المرتبطة بالنشاط الطبيعي للنطاف والأعضاء الملحقة بالجهاز التناسلي الذكري.
- يستخدم كدليل على الاضطرابات الغذائية والهرمونية للأعضاء الملحقة.
- الكشف عن تأثير استئصال المناسل واستئصال أو خزع النخامية على الأعضاء الملحقة.

المكونات اللاعضوية في السائل المنوي عند الثور:

- **الأيونات الموجبة** : الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم.
- **آثار معادن** : البورون - المغنزيوم - الحديد - النحاس - والزنك.
- مركب ثنائي أوكسيد الكربون.
- يحتوي السائل المنوي للثور على مستويات عالية نسبياً من الفوسفور (129 مغ/100 مل). ومعظمه من الشكل العضوي (17 مغ/ 100 مل) وإجمالي الفوسفور الموجود في مني الثور مرتبط بتركيز النطاف إيجابياً.
- مركبات الفوسفور الأخرى الموجودة في المني تكون عبارة عن ناتج الطاقة (أدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) وأحادي الفوسفات الحلقي (cAMP). ومركبات الأدينوزين الفوسفوريل الأخرى الموجودة بشكل كبير في الخلايا المنوية، كما أن السائل المنوي لدى الثور يحتوي الفوسفاجين و الفوسفوأرجينين والفوسفوكرياتين.

المكونات العضوية في السائل المنوي عند الثور:

- المادة الجافة (10 %).
- الكربوهيدرات: فركتوز، فوسفات الهكسوز، إينوزيتول، سوربيتول، مانيتول، إريثريتول، غليسيرول، GPC والغالاكتوز.
- المواد المختزلة الأخرى: حمض الأسكوربيك.
- عديد السكريد: (المادة السكرية التي تشبه الغليكوجين)
- الأحماض العضوية: (بربيونيك - أسيتيك - فورميك - لاكتيك- سوسينيك - مالونيك - جليكوليك - ماليك - والستريك إيزوسيتريك).
- المركبات الحاوية على النتروجين: الأحماض الأمينية، البروتينات، والأمونيا.
- المركبات الحاوية على الفوسفور.
- الفيتامينات والأنزيمات.
- مكونات أخرى.

الفركتوز Fructose:

- هو السكر المنوي الرئيسي في السائل المنوي عند الثيران. يتم إنتاج الفركتوز في الحويصلة المنوية عند معظم الكائنات الحيوانية ويتحكم بإفرازه هرمون التستوسترون.

إن معدل تحلل الفركتوز يمكن تقييمه بطريقتين:

- قياس كمية الفركتوز الذي استهلك في أثناء تحلل الفركتوز.
- أو من خلال تحديد حمض اللبن الذي يتشكل كناتج نهائي.

- في حال غياب الأوكسجين يعتمد السائل المنوي على الفركتوز كمصدر رئيسي للطاقة الاستقلابية. وتحت مثل هذه الظروف تستقلب نطاف الثور الطبيعي الفركتوز بمعدل تقريبي

قدره 2 مغ/ 10^9 خلية متحركة في الساعة بدرجة 37^o م ما يطلق عليه مؤشر تحلل الفركتوز Fructolysis (Index).

- على الرغم من ارتباط معدل تحلل الفركتوز مباشرةً بدرجة حركية النطاف إلا أنه ليس من الضروري أن يعكس القدرة الإخصابية للنطاف.
- أن تحلل الفركتوز مرتبط بالتركيز الأولي لهذا السكر وهو يتأثر أيضاً بوجود أو عدم وجود الـ (O_2)، و كذلك بالقدرة الدارئة لسائل التمديد.
- القيمة الأساسية الطبيعية للفركتوز الموجود في السائل المنوي للثور هي (600-700 مغ/ 100 مل منى).
- الكربوهيدرات الأخرى الموجودة في السائل المنوي للثيران هي الإينوزيتول، السوربيتول، المانيتول، الإيريثريتول، الغليسيرول، GPC و الغالاكتوز.

الإينوزيتول Inositol:

- التركيز العالي من الإينوزيتول هو خاصية السائل المنوي عند الخنزير وهو ينتج عن إفراز الحويصل المنوي. بالإضافة للخنازير فإن السائل المنوي عند الأنواع الحيوانية الأخرى أيضاً يحتوي الإينوزيتول في البلازما المنوية ولكن بتراكيز قليلة جداً. حجم الإينوزيتول الموجود في البلازما المنوية يظهر على شكل حر إضافةً إلى أن كلا النطاف والبلازما المنوية تحوي كمية صغيرة من الإينوزيتول المرتبط.
- عند الكباش، يحتوي سائل الشبكة الخصوية على الإينوزيتول كمركب رئيسي، ويُعدُّ غلوكوز الدم على الأغلب كمصدر مشابه له.
- يحتوي السائل المنوي والبلازما المنوية للثيران إضافةً إلى السوربيتول والإينوزيتول على الأقل ثلاثة مركبات كحولية أخرى متعددة الهدريدات : الغليسيرول الحر، الايرثريتول، دي-المانيتول.

السوربيتول والغالاكتوز:

- **السوربيتول :** سكر كحولي متعلق بشكل مباشر بالفركتوز، يظهر في البلازما المنوية للثور والخنزير والكبش والحصان.
- النطاف السليمة قادرة على أكسدة السوربيتول إلى فركتوز. التحول المؤكسد للسوربيتول إلى فركتوز يزود النطاف بكميات إضافية من الركائز لتحلل الفركتوز وتشكل حمض اللبن.
- **الغالاكتوز :** يفرز من قبل الحويصلات المنوية ويظهر فقط بشكل مرتبط مع البروتين وبالتالي من المحتمل أن يكون غير متوفر للنطاف كركيزة.

حمض السيتريك والفيتامينات:

- يشتق حمض السيتريك عند الثور والخنزير والحصان بشكل رئيسي من إفرازات الحويصل المنوي وهو موجود بتركيز عالٍ نسبياً في مني الثور (510-1100 مغ / 100 مل) وكما هي الحال مع الفركتوز، يتم التحكم بإفرازه من قبل الهرمون الذكري (التستوسترون).
- غير مستخدم كغذاء من قبل النطاف ودوره في البلازما المنوية غير واضح على العموم. لكنه من الملاحظ أنه مسؤول على قدرة البلازما المنوية العالية على ربط الكالسيوم.

يحتوي السائل المنوي للثور إضافة إلى حمض الأسكوربيك (9 مغ / 100 مل) على عدد من فيتامينات B المركبة المنحلة بالماء (الثيامين، الريبوفلافين، حمض البانتوثونيك، النياسين). ترتبط

الحركية الأولية للخلية المنوية إيجابياً بمستويات الثيامين والريبوفلافين والنياسين. وعلى ما يبدو أن الريبوفلافين مسؤول بشكل جزئي عن اللون الأصفر في مني الثور.

البروتينات والأحماض الأمينية والهرمونات والأنزيمات:

- **البروتينات تشكل** حوالي 90 % من إجمالي النيتروجين الموجود في البلازما المنوية للثور إذْ توجد على شكل بروتين طبيعي. يكون حوالي ¾ من هذه النسبة متجلطاً بالحرارة و4/1 يشكل أنزيمات بروتينية.
- إجمالي البروتين الموجود في البلازما المنوية هو 11.5 غ/100 مل (87 % منها تفرز من الحويصلات المنوية). بالإجمال تم تمييز 27 نمط من البروتينات.
- حجم البروتين في البلازما المنوية للثور والكبش والخنزير والحصان كبير.
- وظيفة هذه البروتينات غير واضحة لكن من المقترح أن تكون :

- المشاركة في عملية تفعيل النطاف.

- مسؤولة عن تزويد النطاف بغطاء وقائي لذلك تزيد من مدة الحياة ضمن القناة التناسلية الأنثوية.

- قد يكون هذا الغطاء أيضاً أساسياً للبدء بالتفعيل.

- تشمل البروتينات في البلازما المنوية، البروتينات المرتبطة بالكالسيوم والزنك والحديد، والهرمونات البروتينية، والأنزيمات الحالة للبروتين وللشحم، والفوسفاتاز والغليكوزيداز المنوية.
- تحتوي البلازما المنوية عند الثيران **بروتينات مرتبطة بالخصوبة** والتي تكون منبئة لخصوبة الثور. المصادر الأولية لها هي الحويصلات المنوية والأمبولا.
- من بين البروتينات الموجودة (**اللاكتوفيرينات** Lactoferrins و**الترانسفيرينات** Transferrins) التي هي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالحديد. اللاكتوفيرينات موزعة بشكل جيد في بلازما النطفة.
- عند الخنازير تنشأ اللاكتوفيرينات بشكل رئيسي من الحويصلات المنوية.
- **لاصقات النطاف** هي من عائلة البروتينات المفرزة وتظهر في القناة التناسلية للخنازير والخيول والثيران.
- **بروتين السائل المنوي الحامضي Seminal Fluid Protein** (SFP - kDa 12.9) هو بروتين رئيسي في البلازما المنوية للثور والذي ينتمي إلى عائلة البروتينات اللاصقة للنطاف ومن المقترح أن عملها هو كعامل مضاد لتفعيل النطاف عند الثور.
- تفرز هذه البروتينات من الحويصلة المنوية وتنشط عملية تفعيل النطاف المحرضة من قبل الهيبارين و البروتينيات الدهنية مرتفعة الكثافة (HDL). وتعمل أيضاً كعوامل استقرار للنطاف إذْ تمنع التحلل الشحمي الحادث قبل أوانه لسطح النطفة.
- تحتوي البلازما المنوية للثيران على البروتينات المضادة للميكروبات التي تمنع نموها وتسبب التحلل الذاتي للإيشريكية القولونية (E.colli) مثل البلازمين المنوي.
- **البروتينات البسيطة** على شكل ألبومين وغلوبولين (ألفا - بيتا- غاما).
- **البروتينات المقترنة** على شكل عديد السكريد المخاطي والذي يتواجد فقط في الخيول (الحويصلات المنوية، الأمبولا) ومني الخنزير والذي يتصل بالبويضة في أثناء الإخصاب.
- **الأحماض الأمينية** الـ (سيرين، غلايسين، آلانين، حمض الأسبارتيك، حمض الغلوتاميك) والتي لها وظيفة حماية.

- بروتين النطفة **المضاد للتلزن**، الذي يمنع تلزن (تراص) الرؤوس النطفية وجد أيضاً في السائل المنوي للثور.
- **الحموض الأمينية الحرة** (19 حمض أميني) وبشكل جزئي حمض الجلوتاميك موجودة على نحو استثنائي بمستوى عالي. تلعب دوراً في حياة النطاف من خلال قدرة روابطها المعدنية التي تمنع التلزن وخسارة المواد الداخل خلوية أو المحتويات.

القواعد النيتروجينية مثل (**الكولين Choline**، **الإيرغوثيونين_Ergothioneine**، **السبيرمين Spermin**) موجودة في البلازما المنوية.

الإيرغوثيونين Ergothioneine :

- تظهر في المني وإفرازات الغدد الملحقة الذكرية للخنزير والخيول، ومن المحتمل أن الأرغوثيونين يعمل على حماية مجموعة السلفدريل ذات الرابطة البروتينية في النطاف من الأكسدة.

الأنزيمات Enzymes:

- تحتوي البلازما المنوية للثور عدداً كبيراً من الأنزيمات الفعالة، التي يمكن أن يفرز بعض منها من الخلايا المنوية. وهي تتضمن عدد من الأنزيمات المحللة للنواة، والأنزيمات الحالة للبروتين، والعديد من الفوسفاتاز ومجموعة كبيرة من الغليكوزيداز.

تؤدي هذه الأنزيمات المحللة للنواة في البلازما المنوية وظيفة الكانسة من خلال مساعدتها على التخلص من البروتين النووي من النطاف المضمحلّة (المتخربة).

- **الفوسفاتاز Phosphatases:** يحتوي مني الثور على فعالية الفوسفاتاز القلوي أكثر من الفوسفاتاز الحامضي. وقد يتأثر نشاطها بالتغذية أو بالاستحالة الخصويّة أو نقص التنسج.
- **الأدينوزين ثلاثي الفوسفاتاز Adenosine triphosphatases**، **النيكلوتيداز-5 القلوي Alkaline 5-nucleotidase**، **الهيالورنيداز hyaluronidase** (الخلية المنوية)، **الإكزانثين أوكسيداز Xanthine oxidase**، **الغليكوزيداز Glycosidases**، **الأستيل كولين إستيرازAcetylcholinestrase**، **ALT**، **AST** (الحويصلات المنوية) و **LDH** تكوّن جزئياً من النطاف.
- تحرر هذه الأنزيمات من النطاف بلا شك ينتج عن تضرر الغشاء أو موت النطاف.

مكونات أخرى:

- يحتوي مني الثور على **الأدرينالين Adrenalin** أو **النورأدرينالين Noradrenalin** و**البروستاغلاندينات Prostaglandins**.
- **الأمونيا Ammonia:**
- كمية الأمونيا في المني الطازج منخفضة (1.22 مغ/ 100 مل) لكنها تتراكم في أثناء التحضين وخلال التخزين المنخفض الحرارة.
- **الحموض الدهنية Fatty acid:**

حمضي الأسيتيك والفورميك هما الحمضان الدهنيان الرئيسيان في البلازما المنوية.

استقلاب السائل المنوي
Metabolism of Semen

- الطاقة الاستقلابية هي الطاقة التي تحتاجها النطفة لتحول المواد الطاقية إلى طاقة قابلة للاستخدام. والأنزيمات الخاصة لهذا التحول توجد في متقدرات النطفة.
- تشتق الطاقة بشكل أساسي من الكربوهيدرات وتستقلب النطاف الكربوهيدرات البسيطة بسهولة مثل الغلوكوز والفركتوز.
- تملك النطاف الأنزيمات الضرورية لتنفيذ التفاعلات البيوكيميائية لتحلل الغلوكوز، ودورة الحمض الثلاثي الكربوكسيل، وأكسدة الحموض الدهنية.
- بغياب الـ O2 يمكن أن تحدث إعادة بناء الـ ATP من خلال تحلل الغلوكوز وبوجود الاوكسجين يمكن أن تحدث بوساطة التنفس وتحلل الغلوكوز.

العمليتان اللتان من خلالهما تنتج الطاقة وتتحول إلى شكل ATP (**تحلل الغلوكوز والتنفس**).

ركائز الطاقة الأساسيّة في السائل المنوي:

- **في البلازما المنوية :** الفركتوز، السوربيتول، الـغليسريل فوسفوريل كولين (GPC) وحمض اللبن.
- **في النطاف :** البلازمالوجين، الشحوم، فوسفوليبيدات
- **خارجياً :** الغلوكوز، المانوز، الغليسيرول، الأحماض الأمينية، هذه المواد يمكن أن تستعمل بشكل مباشر أو غير مباشر من قبل النطاف كركائز طاقة لاستمرار الحركية.

تحلل الفركتوز Fructolysis :

- يعدُّ هدم الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) إلى أدينوزين ثنائي الفوسفات (ADP) هاماً للتزويد بالطاقة اللازمة لانكماش ألياف ذيل النطاف (وكذلك لحركية النطاف)
- وهناك ارتباط مباشر بين محتوى الـ ATP في المني وحركية النطاف. يمكن أن يستخدم كلاً من الغلوكوز والمانوز من قبل النطاف.
- يجب تبطيء استقلاب النطاف كما هو في حالات التبريد، لأن حمض اللبن يرتفع تركيزه وبالتالي ستنخفض درجة الباهاء حالاً في السائل المنوي الأمر الذي يؤثر عكسياً على حيوية النطاف.
- الطاقة المنتجة من التنفس هي حوالي 20 مرة من تلك المنتجة من تحلل الفركتوز بالإضافة إلى أنه لا يتواجد تراكم لحمض اللبن.
- تحت الظروف اللاهوائية (من دون O_2) تهدم النطاف الغلوكوز والفركتوز أو المانوز إلى حمض اللبن.
- هذه الفعالية لتحلل الغلوكوز تسمح للنطاف بالنجاة تحت الظروف اللاهوائية.

مؤشر تحلل الفركتوز Fructolysis Index:

- مؤشر تحلل الفركتوز محدد بكمية الفركتوز المستعملة من قبل 10^9 نطفة في الساعة بدرجة حرارة 37°م.
- في السائل المنوي (للثور والكبش) المحضّن لاهوائياً والمحتفظ بحركية نطاف عالية يستخدم الفركتوز وسطياً بنسبة (1.4- 2 مغ/ سا).

التنفس Respiration:

- تنفس النطاف مرتبط بحركية النطاف (بشكل كامل).
- يظهر خصوصاً بالنطاف البربخية عندما تكون الكربوهيدرات غير متوفرة. يمكن أن تتم أكسدة اللاكتات، والبيروفات، والأسيتات و بشكل محتمل أحماض عضوية أخرى من قبل نطاف الثور.
- الطاقة المنتجة كافية لبناء حتى 38 مول من الـ ATP، وهو يقاس بمؤشر التنفس **Respiratory Index (RI)** وهو كمية من الـ O_2 في الميكروليتر المستهلكة من قبل 10^9 نطفة / سا بدرجة 37° م.
- مؤشر التنفس الطبيعي (RI) هو حوالي 100-300 ميكروليتر. تشير زيادة مؤشر التنفس (RI) إلى سائل منوي ذي جودة أفضل.

العوامل المؤثرة على معدل الاستقلاب:

1- درجة الحرارة Temperature:

- تزداد نسبة الاستقلاب وينخفض مدى حياة النطاف عندما ترتفع درجة حرارة السائل المنوي.
- عندما ترتفع درجة الحرارة فوق (40)° م، تعاني النطاف من الخسارة غير القابلة للانعكاس في الحركية.
- إذا أبقيت عند درجة حرارة الجسم، ستعيش النطاف فقط لعدة ساعات بسبب:

- استنزاف ركائز الطاقة المتوفرة.
- هبوط في الباهاء بسبب تصاعد حمض اللبن.

- انخفاض درجة حرارة السائل المنوي ستبطئ نسبة الاستقلاب وتمدد الحياة الإخصابية للسائل المنوي.

2- درجة التأين الهيدروجيني PH:

- درجة الباهاء هي حوالي الـ 7.0 (6.9 - 7.5 للأنواع المختلفة). هناك صعوبة في تحديد درجة الباهاء المثلى لنشاط أغلب الأنزيمات في النطاف لذا:
- تكون نسبة الاستقلاب المرتفعة عندما يبقى باهاء السائل المنوي قريب من الطبيعي (7.0).
- إذا انحرفت درجة باهاء المني نحو القلوية أو الحامضية، فإن نسبة الاستقلاب ستنخفض.

3- الضغط التناضحي Osmotic Pressure:

- يحافظ السائل المنوي على أقصى نشاط استقلابي عندما يمدد بمحلول متعادل التوتر.
- أما الممددات منخفضة التوتر أو مرتفعة التوتر ستخفض نسبة الاستقلاب لكن لن تمدد حياة السائل المنوي.
- غشاء النطاف هو غشاء قابل للنفاذ جزئياً. وكلا المحلولين العالي التوتر والمنخفض التوتر سيغيران انتقال الماء خلال الغشاء مما يؤدي إلى عرقلة سلامة الخلية.
- ولذلك فإنه من المهم جداً أن نستعمل المحاليل متعادلة التوتر، وتبقى النطاف متحركة لفترة أطول عندما تعلّق في بيئات متعادلة التوتر.

4- تركيز النطاف Concentration of Spermatozoa

- زيادة تركيز النطاف فوق التركيز الموجود في القذفة الطبيعية سيخفّض نسبة الاستقلاب.

- البوتاسيوم هو الأيون الموجب الأساسي في الخلية المنوية، بينما الصوديوم هو الأيون الموجب الرئيسي في البلازما المنوية. زيادة التركيز الخلوي سيزيد نسبة البوتاسيوم بالنسبة للصوديوم في السائل المنوي. البوتاسيوم هو مثبط استقلاب طبيعي وزيادة تركيزه ستخفّض النشاط الاستقلابي في السائل المنوي.
- عموماً، التمديد المعتدل للسائل المنوي في وسط داريء متعادل التوتر يحتوي الفركتوز لن يغير نسبة الاستقلاب بشكل كبير لكن سيمدد فترة حياة النطاف.

5- الهرمونات Hormones:

- التستوسترون والأندروجينات الأخرى تخفض نسبة الاستقلاب لكن تلك التراكيز الموجودة في السائل المنوي قليلة لا تملك تأثيراً مستمراً.
- السوائل الموجودة في القناة التناسلية الأنثوية تزيد النشاط الاستقلابي للنطاف.
- يمكن أن تؤدي زيادة النشاط الاستقلابي في القناة الأنثوية بشكل محتمل إلى زيادة الحركية.

6- الغازات Gases:

- التركيز المنخفض من غاز CO_2 يحفز الاستقلاب الهوائي للنطاف.
- ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) معروف كعامل تنظيم لنسبة الاستقلاب في البربخ.
- الأوكسجين (O_2) ضروري للاستقلاب الهوائي، من ناحية أخرى، يمكن أن تكون المستويات العالية أيضاً للأوكسجين سميّة مما يؤدي إلى انخفاض نسبة الاستقلاب اللاهوائي.
- يمكن أن يحدث الاستقلاب اللاهوائي بوجود غازات (النيتروجين، الهيدروجين، الهيليوم).

7- الضوء Light:

- يمكن أن تخفض شدة الضوء العادية الموجودة في المخبر من نسبة الاستقلاب والحركية والخصوبة عند النطاف.
- يجب أن يحمى السائل المنوي من الضوء وألا يعرض لأشعة الشمس المباشرة.

8- العوامل المضادة للتجرثم Antibacterial Agents:

- تضاف بعض الصادات الحيوية مثل: البنسلين، الديهايدروستريبتومايسين، النيومايسين، التايلوزين، اللينكوسبيكتين للسائل المنوي في أثناء تحضيره للتحكم بالنمو الجرثومي.
- ليس هناك أي تأثير مبرهن لتأثيرها على نسبة الاستقلاب
- في بعض الأحيان تزيد الصادات الحيوية من خصوبة السائل المنوي عند الثيران المنخفضة الخصوبة.
- يمكن أيضاً أن تمدد العوامل المضادة للتجرثم الحياة الإخصابية للنطاف عن طريق التحكم بالجراثيم.