

PAPER DETAILS

TITLE: Disi Genital Kanalda Sperm Hücrelerinin İlerlemesini Sağlayan Faktörler

AUTHORS: Ali ÖMÜR

PAGES: 0-0

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/34001>



Dişi Genital Kanalda Sperm Hücrelerinin İlerlemesini Sağlayan Faktörler*

Ali Doğan ÖMÜR^{1✉}

1. Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Dölerme ve Suni Tohumlama Anabilim Dalı, Erzurum, TÜRKİYE.

Özet: Dişi genital kanalda sperm hücrelerinin ilerlemesini çok sayıda faktör etkiler. Bu faktörler genel olarak mekanik, hücresel, hormonal, kimyasal faktörler şeklinde sınıflandırılabilir. Fertilizasyon başlı başına bir dizi kompleks hücresel ve moleküler reaksiyonlar zinciri sonucunda şekillenir. İleri yönde hareket etme kabiliyetine sahip spermatozoonlar dişi genital kanala aktarıldıktan sonra fertilizasyona kadar geçirdiği süreçte kendi hareketleri ve dişi genital kanalın kontraksiyonlarıyla taşınmaktadırlar. Hipofiz arka lobundan oksitosin hormonunun salgılanması ve sperma içerisinde bulunan prostaglandinlerin dişi genital kanal kaslarında güçlü kontraksiyonlar meydana getirmesi de spermatozoonların taşınmasında önemli rol oynamaktadır. Ejakulasyon sonrasında, spermatozoonlar erkek eklenti bezleri tarafından salgılanan proteinlerle kaplanmış durumdadır. Boğada, bu proteinler PDC-109 (BSP-A1/-A2), BSP-A3 ve BSP-30-kDa gibi sığır seminal plazma proteinlerinden oluşmaktadır. PDC-109 sperm hücrelerini ovidukt epitelyumuna bağlayarak ovidukta sperm rezervinin şekillenmesinde rol oynamaktadır. Fertilizasyonu doğrudan etkileyen bu faktörlerin irdelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Dişi genital kanal, Sperm hücreleri.

The Factors Ensuring the Progress of Sperm Cells in the Female Genital Tract

Abstract: Numerous factors affect the progress of sperm cells in the female genital tract. These factors generally can be classified as mechanic, cellular, hormonal, and chemical factors. Fertilisation occurs as a result of a series of complex cellular and molecular reactions. Spermatozoa having the ability to move forward are transported by their own movements and by contractions of the female genital tract in the fertilisation process after being transferred thorough the female genital tract. Secretion of oxytocin from the posterior lobe of the pituitary and effectuate powerful contractions of prostaglandins in semen on the muscles of female genital tract play an important role in the sperm transport. After ejaculation, spermatozoa are coated with proteins, as secreted by male accessory glands. In bulls, these proteins consist of cattle seminal plasma proteins such as PDC-109 (BSP-A1/-A2), BSP-A3 and the BSP-30-kDa. The PDC-109 plays a role in the formation of sperm reserves in the oviduct by connecting the sperm cells to the oviduct epithelium. Investigation of these factors affecting the fertilisation possesses great importance.

Key words: Female genital tract, Sperm cells.

✉ Ali Doğan ÖMÜR

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Dölerme ve Suni Tohumlama Anabilim Dalı, Erzurum, TÜRKİYE.

e-posta: alidoganomur@gmail.com

*Yazarın aynı isimli doktora seminerinden özetlenmiştir.

GİRİŞ

Kopulasyon veya suni tohumlamadan sonra spermanın dişi genital kanala aktarımını takiben spermatozoonlar, sayılarında ve fonksiyonlarında değişiklik yapacak bir dizi faktörlerin etkisine maruz kalmaktadırlar. Bir çoğu fagosite olurlar, bir kısmının da ters yönde ilerlemesi (retrograde transport) nedeni ile dişi genital kanaldaki sayıları azalır. Geriye kalan spermatozoonlar ise serviks ve uterusu geçip fekondasyon bölgesi ovidukta ulaşmaya çalışırlar ve oositi dölleyebilmeleri için kapasitasyona uğrarlar. Oositle karşılaştıklarında akrozom reaksiyonu geçirirler ve ardından fertilizasyon süreci başlar (Senger, 1999).

Seminal Plazma

Seminal plazmanın fizyolojik görevi erkek gametlerini dişi genital organlarına aktaran tampon sıvı olarak görev yapmak ve spermatozoon hareketini kolaylaştırmaktır. Seminal plazma türlere göre farklı bir hacme sahip olmakla birlikte, spermatozoonlar için besin maddeleri ve yoğunluğu düzenler. Fruktoz ve sorbitol gibi spermatozoa tarafından direkt olarak kullanılabilen enerji kaynaklarını bünyesinde bulundurur. Spermatozoonların fonksiyonlarını modüle eder, spermanın olgunlaşmasında rol alarak dişi genital sisteminde kapasitasyon işlemlerinin ve gamet etkileşimlerinin kompleks basamaklarını yönlendirir (Çevik ve Tuncer, 2005).

Spermanın Dişi Genital Kanala Aktarılması

Sperma dişi genital kanala doğal aşım ile aktarıldığında vajinanın kranialine, suni tohumlama uygulamasında ise serviks, korpus uteri ve kornu uteriye bırakılmaktadır. Dolayısı ile fekondasyon bölgesine taşınmada doğal aşım ile vajinaya bırakılan spermatozoonlar serviks bariyerini geçmek zorundadırlar. Ayrıca bir östrüste birden fazla hayvan ile çiftleşen türlerde farklı bireylerin spermatozoonları rekabete yol açmakta ve doğal seleksiyon oluşumuna yol açmaktadır (Austin ve Short, 1976)

Spermanın Dişi Genital Kanalda Taşınması

Fekondasyonun oluşabilmesi için kapasite olmuş yeterli sayıda spermatozoonun ovulasyon esnasında ovidukta bulunması gerekmektedir. Ejakulasyondan sonra dişi genital kanala bırakılan spermatozoonlar, genital kanal salgıları ile karşılaşır. Genital kanal salgıları spermatozoonları koruyucu ve uyarıcı etkiye sahiptir. Spermatozoonlar ilk aşamada serviks ve myometrium kontraksiyonları ile uterusu taşırlar. Pasif olarak gerçekleşen bu taşınma işleminde; tohumlamanın veya çiftleşmenin etkisi ile oluşan nöro-hormonal uyarımlar ve seminal plazma içerisinde bulunan maddelerin (prostaglandin) myometrium kontraksiyonlarını uyarması önemli rol oynamaktadır. Spermasını vajinaya bırakılan türlerde ilk engeli serviks oluşturmaktadır. Servikal mukus miselleri, spermatozoonları servikal kriptler arasına yönlendirerek burada sperm rezervlerinin oluşmasında ve serviks engellerinin aşılmasında önemli rol oynar. Servikal kriptler spermatozoonların yaşaması için uygun bir ortam oluşturma yanında spermatozoonları, serviks lümeninden vajinaya doğru akan çaradan korur. Genel olarak ise spermatozoonlar için dişi genital kanalda mekanik (kıvrımlar, kriptler, silyumlar), fiziko-kimyasal (vajinal salgı, servikal mukus) ve immunolojik engeller bulunmaktadır (Çöyan, 2005). Utero-tubal bağlantı yeri farklı türlerde değişken darlıktadır ve sperma taşınmasında açık olarak bir bariyer oluşturur (İleri ve ark., 2002).

Dişi üreme kanalı östrüs süresince östradiolün etkisi altındayken, nötrofiller özellikle vajina ve uterus mukozasını kuşatırlar. İmmunolojik açıdan spermatozoonlar, dişi genital kanalı için yabancı materyallerdir. Bunun sonucu olarak, nötrofiller ölü veya canlı ayırt etmeksizin spermatozoonları fagosite etmektedirler. Aslında bir tek nötrofil, motil olsalar bile birkaç spermatozoonu fagosite edebilir. Çalışmalar göstermiştir ki; spermatozoonların uterusu girişinden sonraki 6-12 saat içerisinde uterus mukozasından

uterus boşluğuna büyük ölçüde nötrofil infiltrasyonu olmaktadır (Senger, 1999).

Spermanın Dişi Genital Kanalda İlerlemesini Sağlayan Başlıca Önemli Etkenler

Mekanik faktörler

Genital kanaldaki düz kas kontraksiyonları, silyal vurumlar, uterus ve tuba uterinadaki sıvı akımları ve spermatozoon flagellar aktivitesi spermatozoonların taşınmasında önemli rol oynamaktadır (Hawk HW, 1983; Miki ve Clapham, 2013). Ayrıca ovidukt içerisinde ovum yönüne silyumları ile vuruş yapan kinozilien hücreleri de taşınmaya yardımcı olurlar (İleri ve ark., 2002).

Flagellasyon (kamçılama)

Spermatozoonun serviksin katmanlarına giriş yapmasında gereklidir ve utero-tubal bölgeyi geçmesinde, istmustan ampullaya hareketinde ve ovuma penetrasyonunda başlıca rol oynamaktadır (Hawk HW, 1987)

Hormonal etki

Prostaglandin $F_{2\alpha}$, oksitosin, östradiol gibi hormonların da spermatozoonların taşınmasında pozitif etkileri vardır (Hawk HW, 1983). Östradiol, özellikle miyometriyumun kasılmasını uyarır. Spermadaki prostaglandinlerin de ($PGF_{2\alpha}$ ve PGE_1) uterus ve oviduktun tonusu ve motilitesinde artışa sebep oldukları bildirilmiştir (Senger, 1999). Hormonların yanında fenilefrin (vazokonstrüktif etkili) ve ergonovin (oksitosin etkili) gibi maddelerin sperm taşınmasını artırdığı bildirilmiştir (Hawk HW, 1983). Stres faktörlerinin etkisiyle salgılanan adrenalin, asetilkolin ve histamin ise uterus kontraksiyonlarını engelleyerek sperm taşınmasını olumsuz yönde etkilemektedir (Busch ve Holzmänn, 2001).

Servikal Mukus

İneklerde östrüs esnasında serviksten salgılanan mukus iki tiptir. Sialomusin olarak adlandırılan birinci tip, düşük viskoziteye sahiptir. Servikal kriptlerin bazal

bölgelerindeki hücreler tarafından oluşturulur. Sulfomusin olarak adlandırılan ikinci tip mukus ise, servikal epitelin apikal alanlarında salgılanır ve yüksek viskoziteye sahiptir (Senger, 1999). Servikal mukusun ovaryen siklusun foliküler fazında östrojenin etkisi altında daha sulu, daha az viskoz ve daha bol olması dolayısıyla spermatozoa taşınımı siklusun bu döneminde daha kolaydır. Buna karşın siklusun luteal fazında progesteronun etkisi altında servikal mukus yetersiz ve kısmen viskoz olması nedeniyle sperm taşınımı için elverişli değildir (Hunter, 1995; Suarez, 2006).

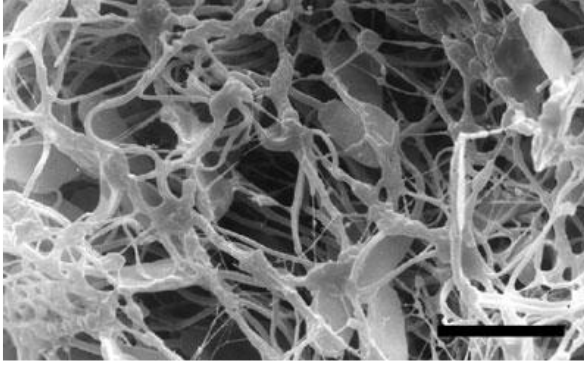
Spermatozoa motilitesi

Özellikle serviksin ve utero tubal bölgenin geçilmesinde ve zona pellusidanın penetrasyonunda spermatozoonun motil olması gerekir. Spermatozoonun motilitesi bazı endojen ve eksojen faktörler tarafından etkilenmektedir. Glikolizis ve solunum, spermatozoanın ejakulat içindeki hareketini sağlayan faktörlerdir. Ayrıca ejakulat içindeki spermatozoa yoğunluğu da motilitede önemli rol oynar. Seminal plazma içerisinde bulunan bazı maddelerin de motiliteyi artırıcı özellikleri vardır. Bunlar arasında Mn, Zn, kafein, FMP (Forward Motility Protein) ve theofillin sayılabilir (Busch ve Holzmänn, 2001).

Vajinal Sıvı

Tavşanlar, ruminantlar ve primatlar gibi çiftleşme zamanında spermasını anterior vajinaya bırakan hayvanlarda vajinal sıvı, spermatozoonların genital organların ileri kısımlarına doğru taşınmalarında karşılaştığı ilk fizyolojik medyumdur. Vajinal sıvı esasen servikal salgılardan kaynaklanan kompleks bir bileşime sahip biyolojik bir üründür (Odeblad, 1968). Vajinal sıvının fiziksel ve kimyasal özellikleri hormonal etkiyle sıklık değişiklikler gösterir (El-Banna ve Hafez, 1972). Servikal salgılar foliküler faz veya östrojen etkisine bağlı bazı koşullarda sperm nüfuzu için elverişlidir. Luteal faz veya gestagen etkisine bağlı durumlarda ise sperm nüfuzu için elverişli değildir. (Rutlant ve ark., 2002).

Sütçü ineklerde yapılan bir çalışmada, östrüste elde edilen vajinal sıvının yapısıyla sperm hareketi arasında yakın bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Lopez-Gatius ve ark., 1994). Sperm migrasyon etkinliği, vajinal sıvının yoğunluğunun düşük olmasına bağlıdır. Östrüsün ortası spermin uterusu ulaşması için elverişli bir dönemdir. (Rutllant ve ark., 2005).



Şekil 1. Vajinal sıvı örneğinde spermatozoonların fotomikrografisi (Rutllant ve ark., 1999).

Figure 1. Photomicrography of spermatozoa in vaginal fluid sample (Rutllant et al., 1999).

Hiperaktivasyon

Hiperaktivasyon sonucu spermatozoonların kuyruklarında kamçı benzeri hareketler gözlenir. Hiperaktivasyonun oluşumu ise spermatozoonların kalsiyum alımıyla ilgilidir (Yanagimachi ve Usui, 1974).

Diğer Faktörler

Hereditör, immünolojik, psikolojik etkenlerdir. Suni tohumlama esnasında özellikle vajina ve servikste psikokimyasal ve immünolojik faktörler sperm taşınmasını etkiler (Hafez, 1979). Ayrıca termotaksinin sperm transportunda kısmi olarak etkili olduğu bildirilmiştir (Bahat ve ark., 2012).

İstmusun Kaudalinde Sperm Rezervlerinin Oluşturulması

Östrüs süresi uzun olan evcil hayvanlarda östrüs başlangıcında yapılan aşimlardan sonra dişi genital kanalda spermatozoonların ovulasyona kadar yaşayabilecekleri, dölleme yeteneklerini koruyabilecekleri sperm depoları oluşturmaları

gerekmektedir. Bu nedenle gerek spermasını uterusu gerekse vajinaya bırakan türlerde oviduktun kaudal istmus bölgesinde sperm depoları oluşturulmaktadır. Sperm deposu olarak görev yapan istmusun görevleri arasında; spermatozoonların yaşayabilmeleri için uygun ortam oluşturulması, kapasitasyonun ve anormal spermatozoonların seleksiyonu ile fekondasyon bölgesine ulaşacak spermatozoon sayısının sınırlandırılması sayılabilir. İstmus bölgesinin özelliği; lümeninin aşırı dar olması, viskoz salgısı ile mikrovillüslü ve silyumlu hücrelere sahip olmasıdır. İstmus bölgesinde spermatozoonlar türe bağlı olmakla birlikte 24 saatten 5-6 güne kadar canlı kalabilmektedir. Spermatozoonların bu bölgede yaşamalarını sürdürebilmeleri fagositozdan korunmalarına, enerji kaynağının bulunmasına ve erken kapasitasyonun önlenmesine bağlıdır (Çoyan, 2005).

Utero-tubal kavşak ve kaudal istmus fertilizasyon yeteneğine sahip spermatozoonların depo bölgesidir. Aynı zamanda oviduktal mukus da spermatozoonların depolanmasına katkıda bulunur (Suarez ve ark., 1997).

Spermanın Dişi Genital Kanala Aktarıldıktan Sonra Uğradığı Yapısal ve Fonksiyonel Değişiklikler

Bütün memeli türlerinde, spermatozoa dişi genital kanalına bırakıldığı anda dölleme yeteneğine sahip değildir. Bundan dolayı fertilizasyona hazırlık sürecinin geçirilmesi gerekir. Bu süreç; maturasyonu, başlangıçtaki membransel değişimleri yani kapasitasyonu ve ardından akrozom reaksiyonunu kapsar (Akyol, 2005).

Spermatozoa Kapasitasyonu ve Akrozom Reaksiyonu

Dişi genital kanalında meydana gelen kapasitasyona yüksek konsantrasyonlarda bulunan glikozaminoglikanlar neden olur. Kapasitasyon yerindeki heparin ve heparin benzeri glikozaminoglikanlar (heparin sülfat, kondroitin sülfat, hiyalürik asit gibi) boğa spermatozoonlarının kapasitasyonu için fizyolojik stimülatörlerdir (Parrish ve ark., 1989).

Akrozom reaksiyonu ise spermatozoonun plazma membranı ile dış akrozomal membranları arasındaki birleşmeler ve bu membranlar arasında enzimlerin dışa salınmalarına neden olan membran yıkımlanmalarını kapsar (Fléchon ve ark., 1986).

Memelilerde fertilizasyondan hemen önce spermatozoonlar yüksek oranda motilite gücüne ulaşırlar. Bu durum spermatozoonun fertilizasyon yeteneğinin kritik bir ölçütüdür. Çünkü fertilizasyonun tamamlanabilmesi için spermatozoonun geçmek zorunda olduğu, kumulus hücre katmanı, zona pellusida ve ooplazma membranı gibi üç önemli engel vardır. Ca^{++} iyonları spermatozoonların hücre içi cAMP miktarının artmasına ve motilitenin uyarılmasına yol açmaktadır (Akyol, 2005).

Spermatozoonların Dişi Genital Kanalda Yaşam Süresi

Ovumun yaşam süresi ortalama 6 saat kadardır ve fertilizasyon kabiliyeti birkaç saat içerisinde azalmakta sonrasında ovum ölmektedir. Bu nedenle optimal fertilizasyon sonuçlarının elde edilebilmesi için, spermatozoonların ovulasyon zamanında veya öncesinde fertilizasyon yerinde hazır bulunmaları gerekmektedir. Buradan spermatozoonların ovumdan daha uzun bir yaşam ve fertilizasyon kabiliyetine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu süre yani spermatozoonların fertil yaşam süreleri genellikle bazı istisnaların dışında inek ve düvelerde 24 saat olarak kabul edilmektedir (İleri ve ark., 2002).

Sperma-Uterus Etkileşimi

Evci hayvanların uterusu, sperma ile uterus etkileşiminde çift role sahiptir. Bunlardan birisi, uterus kontraksiyonlarının spermatozoonları uterusu doğru taşıması, diğeri ise fazla spermatozoitleri uterustan uzaklaştırmasıdır. Sperm ve seminal plazma muhtemelen uterus kontraksiyonlarını uyarır. Seminal plazma, uterusta immün sistemi baskılayıcı etkiye sahiptir. Sperma-uterus etkileşimi, tohumlama tipi, motilite, motil sperm yoğunluğu ve seminal plazmanın varlığı ya da yokluğu tarafından değiştirilebilir (Gündoğan ve Uçar, 2003).

Fertilizasyon

Fertilizasyon veya döllenme, haploid kromozom yapılarına sahip dişi ve erkek gamet hücrelerinin birleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu amaçla normal bir fertilizasyonda bir tek spermatozoon ovum plazması içerisine girmekte ve ovum aktive edilmektedir. Spermatozoonun aktivasyonu olmadığı durumlarda ovum bölünmemekte ve böylece de embriyonal gelişme olmamaktadır. Bütün çiftlik hayvanlarında fertilizasyonun yeri, oviduktun ampullasının istmusa geçtiği bölge olarak tanımlanmakta ve spermatozoonların fertilizasyon yerine yalnızca ovulasyon zamanında göç ettikleri, ovulasyon öncesinde oviduktun spermatozoon deposu olan istmus bölgesinde bulundukları bildirilmektedir (İleri ve ark., 2002).

Füzyon, Aktivasyon, Penetrasyon

Ovule olan bir ovum, kumulus hücreleri tarafından örtülmüş durumdadır ve hücrelerin müköz substansı bir hyaluron asididir. Kumulus ovum kompleksi içerisinde hyaluron asidinin rolü ise, ovumun oviduktun fibrilleri tarafından identifiye ve transport edilmesi şeklinde açıklanmaktadır. Kumulus hücrelerinin kapasitasyon ve fertilizasyon üzerine olan pozitif etkileri yanında, bu hücreler ayrıca spermatozoonlar üzerinde bir de kimyasal taksis oluşturmaktadırlar ve bu olay korona radiata hücrelerinin de varlığına bağlı olarak, fazla miktarda spermatozoonun ovumun zona pellusidası içerisine girebilmesinde etkili olmaktadır. Zona pellusida üzerinde spermatozoon reseptörleri bulunmaktadır ve sığırlarda spermatozoonların uygun bağlanma yerleri tahminen plazma membranıdır. Böylece de spermatozoonların zonaya bağlanması, akrozom reaksiyonunun tamamlanmasından hemen önce zona pellusidanın yüzeyinde meydana gelmektedir (İleri ve ark., 2002).

SONUÇ

Spermatozoonlar için fertilizasyon yerine varabilmek kolay bir görev değildir. Utero-tubal

bağlantı yeri taşınma sırasında kısmi bir bariyer oluştururken, vajinaya ejaküle edilen sperma için de serviks uteri aynı anlamı taşımaktadır. Ayrıca sperma, dişi genital organların sekretleriyle de iyice sulandırılmaktadır. Sperm hücrelerinin dişi genital kanalda ilerlemelerini sağlayan çok sayıda etkenin ve hala saptanamamış faktörlerin olmasıyla birlikte genel anlamda sperm hücrelerinin ilerlemesinde mekanik etkiler, hormonlar, genital kanal sıvıları, spermatozoon motilitesi rol oynamaktadır. Bu bağlamda spermatozoonlar fertilizasyon bölgesine sadece kendi hareketleri ile varamamaktadırlar. Zira spermatozoonların hızı saniyede 80-100 µ civarındadır ve bu süratle fertilizasyon yerine ancak 1,5-2 saatte varabilirler. Gerçekte ise spermatozoonların fertilizasyon yerine varmaları için gerekli süre, tabii veya suni tohumlamadan sonra yaklaşık 5 dakika olarak kabul edilmektedir (İleri ve ark., 2002). Spermanın dişi genital sistemi içerisinde taşınmasına etki eden faktörlerin detaylı olarak araştırılması ile olası olumsuz faktörlerin ortadan kaldırılabileceği ve bu anlamda fertilite oranlarının olumlu yönde etkilenebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyol N., 2005. Sığırlarda in vivo ve in vitro fertilizasyon. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 45, 53-61.
- Austin CR., Short RV., 1976. *Fertpflanzungs_biologie der Säugetiere*. Verlag Paul Parey Berlin, Hamburg.
- Bahat A., Caplan SR., Eisenbach M., 2012. Thermotaxis of human sperm cells in extraordinarily shallow temperature gradients over a wide range. *PLoS ONE*, 7, p. e41915.
- Çevik M., Tuncer PB., 2005. Evcil hayvanlarda seminal plazmanın fiziko-kimyasal yapısı ve üreme fonksiyonları üzerindeki etkileri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 45, 63-72.
- Çoyan K., 2005. *İneklerde Suni Tohumlama El Kitabı*, 73-75, Konya.
- El-Banna AA., Hafez ESE., 1972. The uterine cervix in mammals. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 77, 145-164.
- Fléchon JE., Harrison RAP., Fléchon B., Escaig J., 1986. Membrane fusion events in the Ca²⁺/ionophore-induced acrosome reaction of ram spermatozoa. *Journal of Cell Science*, 81, 43-63.
- Gündoğan M., Uçar M., 2003. Sperma ile uterus etkileşimi. *Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 13, 67-71.
- Hafez ESE., 1979. In vivo and in vitro sperm penetration in cervical mucus. *Acta Europaea fertilitatis*, 10, 41-9.
- Hawk HW., 1983. Sperm survival and transport in the female reproductive tract. *Journal of Dairy Science*, 66, 2645-60.
- Hawk HW., 1987. Transport and fate of spermatozoa after insemination of cattle. *Journal of Dairy Science*, 70, 1487-503.
- Hunter RHF., 1995. Ovarian endocrine control of sperm progression in the Fallopian tubes. *Oxford reviews of reproductive biology*, 17, 85-125.
- İleri K., Ak K., Pabuccuoğlu S., Birler S., 2002. Evcil Hayvanlarda Reprodüksiyon ve Suni Tohumlama. *Ders Notu No*, 133, İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Kendall NR., McMullen S., Gren A., Rodway RG., 2000. The effect of a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus on trace element status and semen quality of ram lambs. *Animal Reproduction Science*, 62, 277-283.
- López-Gatius F., Rutllant J., López-Béjar M., Labernia J., 1994. Sperm motion and rheological behavior of the vaginal fluid of superovulated dairy heifers. *Theriogenology*, 41, 1523-1531.
- Massanyi P., Trandzik J., Nad P., 2004. Concentration of copper, iron, zinc, cadmium, lead, and nickel in bull and ram semen and relation to the occurrence of pathological spermatozoa. *Journal of Environmental Science and Health; Part A-Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, A39, 3005-3014.
- Miki K., Clapham DE., 2013. Rheotaxis Guides

- Mammalian Sperm. *Current Biology*, 23, 443-452.
- Odeblad E., 1968. The functional structure of human cervical mucus. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*, 47, 57–79.
- Parrish JJ., Susko-Parrish JL., Handrow RR., Sims MM., First NL., 1989. Capacitation of bovine spermatozoa by oviduct fluid. *Biology of Reproduction*, 40, 1020-1025.
- Rutllant J., López-Gatius F., Camón J., Lopez-Bejar M., Lopez-Plana C., 1999. A structural study of the bovine vaginal fluid at estrus. *Scanning*, 21, 204–211.
- Rutllant J., Lopez-Bejar M., Santolaria P., Yaniz J., Lopez-Gatius F., 2002. Rheological and ultrastructural properties of bovine vaginal fluid obtained at oestrus. *Journal of Anatomy*, 201, 53-60.
- Rutllant J., Lopez-Bejar M., Lopez-Gatius F., 2005. Ultrastructural and rheological properties of bovine vaginal fluid and its relation to sperm motility and fertilization: a Review. *Reproduction in Domestic Animals*, 40, 79-86.
- Senger PL., 1999. *Pathways to Pregnancy and Parturition*. 1st revised ed., The Mack Printing Group-Science Press, Ephrata, PA.
- Suarez SS., Brockman K., Lefebvre R., 1997. Distribution of mucus and sperm in bovine oviducts after artificial insemination: The physical environment of the oviductal sperm reservoir. *Biology of Reproduction*, 56, 447-453.
- Suarez SS., 2006. *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction*. 3rd ed., 113–145, Elsevier, St. Louis.
- Yanagimachi R., Usui N., 1974. Calcium dependence of the acrosome reaction and activation of guinea pig spermatozoa. In "Diss. Vet. Med.", Ed., Vitt U., Freien Universität, Berlin.