



Klonlama Dünyasından...

1997 yılında Dolly adlı kopya kuzunun dünyaya gelmesinden bu yana klonlama dünyasında birçok ilerleme gerçekleşti. Bilim adamları koyunun yanı sıra fare, inek, keçi ve maymun da klonlandılar. Klonlama teknolojisinde patent hakları, klonlama ve genetik çeşitlilik, insan klonlama gibi konularda tartışmalar sürerken, bilim de kendi yolunda ilerliyor. Bilim adamları klonlama teknolojisiyle, doku ve organ nakillerinde kullanılacak dokularla organlar üretmeye çalışıyorlar.

BELKİ DE ÇOK YAKINDA bilim adamları, klonlanarak yaratılmış ilk bebeğin doğduğunu açıklayacaklar. Bundan 20 yıl kadar önce doğmuş ilk tüp bebek Louise Brown gibi bu bebek de önce medyanın yoğun ilgisiyle karşılanacak. Belki ondan birkaç yıl sonra da yeryüzünde klonlama yaygınlaşacak. Bu yolla dünyaya gelmiş yüzlerce, hatta binlerce bebek olacak. Ancak, klonlama dünyasından son haberler, bu konuda pek de acele etmemek gerektiğini düşünüyor bize.

1997 yılının Şubat ayında, İskoçya'da Edinburgh yakınlarındaki Roslin Enstitüsü'nden Ian Wilmut ve arkadaşları, dişi bir koyundan kopyalamış oldukları Dolly adlı kuzunun doğduğunu açıklamışlardı. Dolly, dolayısıyla da klonlama teknolojisi, dünya gündemine bomba gibi düşmüştü. Dolly örneğinde klonlamayı kısaca, yetişkin bir canlıdan alınan herhangi bir bedensel (somatik) hücrenin kullanılmasıyla canlının "genetik ikizi"nin yaratılması olarak tanımlayabiliriz. Dolly'nin yaratılmasında kullanı-

lan klonlama yöntemi, bedensel hücre çekirdek transferi olarak adlandırılıyor. Bu yöntemde araştırmacılar, bir hücrenin çekirdeğini alarak -hücrenin genetik materyalini içeren DNA çekirdekte bulunur- sonra bunu kendi hücre çekirdeği, yani DNA'sı çıkarılmış bir yumurta hücresine aktarıyorlar. Ortaya çıkan embriyonun her bir hücresinde, çekirdeği veren hücrenin DNA'sı bulunuyor. Daha sonra da embriyo, bir dişinin rahmine yerleştiriliyor.

Dünyanın klonlama teknolojisinden haberli olduğu 1997 yılından bu yana bu alanda büyük ilerlemeler gerçekleştirildi. Bilim adamları, koyunun yanı sıra, fare, inek, keçi ve maymun kopyalamayı başardılar. Bu arada Dolly iki kez doğum yaptı; pek çok ülkede klonlama, özellikle de insan klonlamayla ilgili yasalar ve yasaklar konulmaya çalışıldı, ya da konuldu. Patent hakları, insan klonlama, klonlamanın yaygınlaşmasının genetik çeşitliliğin azalmasına yol açabileceği gibi konularda pek çok tartışma yaşandı. Bu tartışma konuları hala güncelliğini koruyor olsa da, etik tartışmaların ve

yasal düzenlemelerin yeni odağı, hücre ve doku naklinde kullanılacak malzemelerin üretilmesi için yapılan "tedavi amaçlı klonlama". Yani, hastalık sonucu kaybedilmiş doku ve organların yerine, klonlama yoluyla yenilerinin üretilmesi.

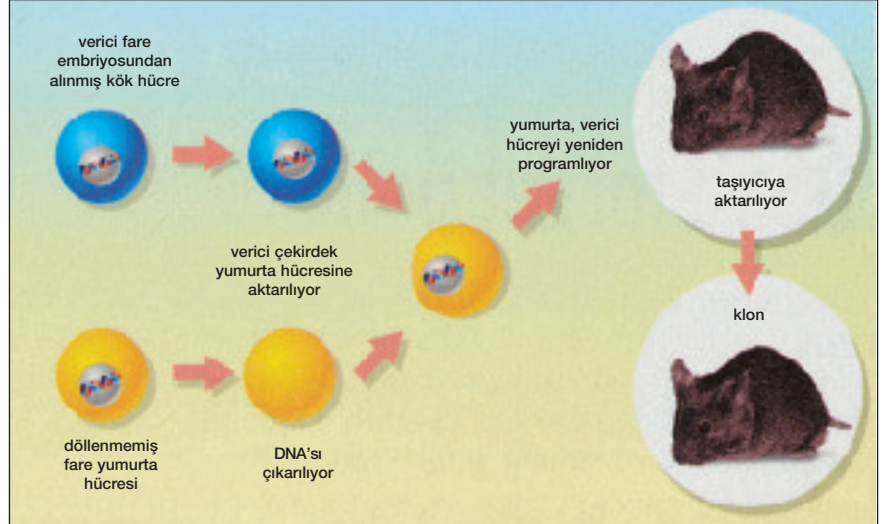
Gerçekte çekirdek transferi yönteminin, organ nakilleri için insan organlarının klonlanmasında kullanılabileceği düşüncesi, Dolly'nin doğumunun açıklanmasından hemen sonra su yüzüne çıkmıştı. Medya, bu düşünceye de kendi açısından büyük ilgi gösterdi: İnsanlara kusursuz olarak uyan, nakilden sonra bedenin reddetmeyeceği organlar elde etmek için üretilmiş, merkezi sinir sistemi çökerilmiş, olan bitenden habersiz, bilinçsiz klonlar; organ tarlaları... Ancak, gerçekte olup bitenler bu senaryodan çok farklı. Araştırmacılar, laboratuvar da kültürlenme yoluyla oluşturulmuş embriyolardan dokular ve organlar üretmeyi amaçlıyorlar.

Alicısına kusursuz bir biçimde uyan organ ve dokuları klonlama yoluyla üretme düşüncesi, geçtiğimiz yılın Mayıs ayında, California'da bulu-

nan Geron adlı biyotıp şirketinin, Dolly'nin yaratıcılarıncı kurulmuş Roslin Bio-Med'i almasıyla bir adım daha yol aldı. Geron, çağdaş tıbbın yeni mucizesi embriyonik kök hücreler konusundaki çalışmalarıyla tanınıyor. 1998 yılı Kasım ayında, çalışmalarını Geron'un desteklediği iki bilim adamının, birbirlerinden bağımsız olarak, insanlara ait embriyonik kök hücreleri izole ettikleri açıklandı.

Kök hücreleri, farklı hücre türlerine dönüşebilen özel hücreler olarak tanımlayabiliriz. Embriyonun ilk zamanlarında, onu oluşturan kök hücrelerin her biri, bütün bir organizma yaratma potansiyeline sahiptir. Kimi kök hücre türleri, yetişkin organizmalarda da bulunur. En çok bilinenleri kemik iliğindeki, akyuvar üreten kök hücrelerdir. Günümüzde kemik iliği ve kan hücresi nakilleri, başarıyla gerçekleştirilebilen ve iyi bilinen işlemler. Ancak, belli bölgelerdeki özelleşmeleri oluşturacak kök hücrelerin nasıl tetikleneceği ya da belli işleri nasıl yapacakları konusunda pek çok bilinmeyen şey var. Yani, kök hücrelerin aktarılacağı bölgedeki hücrelere nasıl dönüşeceğinin bilinmesi gerekiyor. Bu yüzden, dünyanın dört bir tarafındaki tıp laboratuvarlarında bu sinyallerin anlaşılması ve üretilmesi üzerinde çalışmalar sürüyor.

Embriyonun ilk aşamalarındaki kök hücreler henüz özelleşmemiş olduğu için, kök hücreler çekirdek transferinde verici hücre olarak kullanılmaya çok uygundur. Klonlama sürecinde, yumurta hücresindeki verici çekirdeğin "yeniden programlanması" önemli bir aşama. Bu aşamada, yetişkin hücrelerinden alınan çekirdeğin gelişim saati, embriyo aşamasına dönecek biçimde



Bedensel hücre nükleer transferi yönteminde, bir beden hücresinin çekirdeği alınarak, kendi hücre çekirdeği, yani DNA'sı çıkarılmış bir yumurta hücresine aktarılıyor. Ortaya çıkan embriyoda, çekirdeği veren hücrenin DNA'sı bulunuyor. Daha sonra embriyo, bir dişinin rahmine yerleştiriliyor.

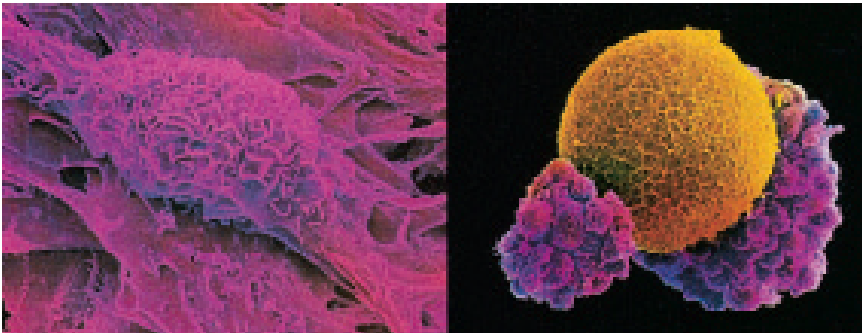
geriye alınıyor. Ortaya çıkan embriyolardan kök hücrelerin izolasyonu, klonlama teknolojisiyle birlikte kullanılarak, hastanın kendi hücrelerinden dokular ve organlar oluşturulabilir. Böylece, nakledilen dokuların ya da organların reddedilmesi gibi bir sorun da kalmaz.

Ancak, "tedavi amaçlı klonlama" olarak adlandırılan bu yöntemin, etik yönü hala tartışılıyor. Çünkü, her hastanın tedavisinden sonra, klonlanmış bir embriyoya, hatta belki de birçok embriyoya zarar verilmiş olacak. Özellikle, her embriyonun potansiyel birer insan yaşamı olduğu düşünülürse...

Kimi Hayvanlar Klonlanamıyor mu?

Geçtiğimiz Şubat ayında, ABD'li araştırmacılar, kimi hayvanların genetik açıdan "klonlanamaz" olabileceğini

açıkladılar. Bu açıklama, Boston'daki Whitehead Biyotıp Araştırma Enstitüsü'nden William Rideout ve arkadaşlarının, fareler üzerinde yaptıkları bir araştırmadaki gözlemlerine dayanıyordu. Embriyonik kök hücrelerin verici hücre olarak kullanılmaya çok uygun olduğundan hareketle, Rideout ve arkadaşları, farelerde klonlamayı ilk olarak gerçekleştirmiş Hawaii'li bir ekip ile birlikte, farklı fare soylarının embriyonik kök hücrelerini kullanarak klonlar üretmeye başlamışlardı. Ancak araştırmada, farelerde, "klonlamaya yatkınlık" konusunda beklemedikleri ölçüde farklılık olduğunu gözlediler. Ve bundan hareketle de, hayvanlar arasında "klonlamaya yatkın klonlamaya yatkın olmayan" biçiminde bir ayrımın olabileceğini düşündüler. ABD'deki Georgia Üniversite'sinden Steve Size da, ekibinin, kimi inekleri klonlamanın güç olduğu konusunda kuşkusunun olduğundan söz ediyor. (Steve Size ve ekibi, inek klonlamayı ilk olarak gerçekleştiren araştırmacılar.) Şimdiye kadar klonlamaya yatkınlık üzerine yapılmış, sonuçları açıklanmış herhangi bir araştırma yok. Eğer klonlamayı güçleştiren etkenler varsa ve bunlar ortaya çıkarılabılırsa, bunları önlemenin bir yolu da bulunabilir. Dolly'nin yaratıcısı Ian Wilmut da, herhangi bir yöntemle her şeyi klonlamanın bir garantisi olmadığını söylüyor. Ancak, ona göre çekirdek nakli yöntemleri geliştikçe, günün birinde klonlanamayacak hiçbir şey kalmayacak.



Bilim adamları, klonlamada alıcı hücre olarak yumurta hücresi yerine (sağda), embriyonik kök hücrelerin (solda) kullanılacağı yeni bir yöntem üzerinde çalışıyorlar. Hastaya uyan hücreleri ve dokuları elde edebilmek için, hastanın hücrelerinden biri, çekirdeği çıkarılmış bir embriyonik kök hücreye aktarılacak. Kök hücrelerin, gereksinim duyulan hücrelere dönüşmesini sağlayacak mekanizmalar ortaya çıkarılırsa, her hasta için, kendisine tam uyan hücreler üretilbilecek.

Soyu Tükenmekte Olan Hayvanlar

Klonlama haberlerinin ortaya çıktığı ilk zamanlarda kimi araştırmacılar, bu yeni teknolojinin soyları tükenme tehlikesinde olan ya da esaret altında üremeye çalışan hayvan türlerinin üretilmesinde kullanılabileceğini düşünmüşlerdi. Bu konuda da şöyle bir sorun var: Bir türün bireylerinin sayısı ne kadar azalmışsa, klonlamada kullanılacak yumurta hücrelerinin sayısı da o kadar az demek oluyor. Öte yandan, sözgelimi Roslin Enstitüsü'nde Dolly'nin yaratılması sırasında üretilerek, farklı koyunlara aktarılan 29 embriyodan yalnızca birinin gelişimini sürdürdüğünü biliyoruz.

Bu konudaki güçlüğü yenmek için, Wisconsin Üniversitesi'ndeki Neil First'un laboratuvarındaki araştırmacılar, alıcı olarak ineklerin yumurta hücrelerini kullanmayı düşündüler. Aslında bu araştırmacıların çalışmaları, türler arasındaki evrimsel farklılıkların ortaya çıkarılmasına yönelik bir proje olarak başlamıştı. Onların tahminlerine göre, türler arasında klonlama yapılarak ortaya çıkan embriyoların gelişmesi ya baştan duracak, ya da birkaç hücre bölünmesinden sonra çarpık olarak sürecekti. Yani araştırmacılar, bir türün hücre çekirdeğinin, başka bir türün yumurta hücresinin sitoplazmasına uyum sağlayamayacağını düşünüyorlardı. Ancak bunun yerine hiç beklemedikleri bir şey oldu. Domuz, fare, koyun ve maymun gibi hayvanların deri hücrelerinden alınan hücre çekirdekleri inek yumurta hücresine aktarıldıktan sonra, ortaya çıkan embriyoların, test tüplerde araştırmanın sonuna kadar gelişmelerini normal olarak sürdürdüğü görüldü. Araştırmanın sonuçları, 1998 Ocak ayında Boston'daki Uluslararası Embriyo Transferi Toplantısı'nun toplantısında açıklandı. Kimi araştırmacılar, etik tartışmalar yüzünden, insan yumurta hücresi yerine inek yumurta hücresi kullanımı üzerinde çalışmaya başladılar. Ancak, bu çalışmalar da eleştiri konusu oldu. Örneğin geçtiğimiz yılın Kasım ayında, insan hücrelerinin inek hücreleriyle birleştirildiği bu tartışmalı deneyleri tekrarlamaya çalışan Tokyo Üniversitesi Tarım ve Teknoloji Bölümü'nden bir araştırma ekibi hakkında soruştur-

ma açıldı. Araştırmada, 27 ineğin yumurtalarındaki kromozomlar çıkarılarak, bu hücrelere lösemili hastalardan alınmış kanserli kan hücrelerinin çekirdekleri aktarılmıştı.

Tedavi Amaçlı Klonlama

Tedavi amaçlı klonlama, sözgelimi Parkinson gibi kimi hastalıkların iyileştirilmesinde devrim yaratabilir: Önce hastadan sağlıklı bir hücre alınarak bu hücrenin çekirdeği, kromozomları çıkarılmış bir insan yumurta hücresiyle birleştirilecek. Bundan birkaç gün sonra kültür tabağındaki embriyonik kök hücreler izole edilecek... Biyologlar kök hücrelerin, Parkinson hastalarının gereksinim duyduğu beyin hücrelerine dönüşmesini sağlayacak mekanizmayı ortaya çıkarırlarsa, her hasta için, kendisine tam olarak uyan hücreler üretmek mümkün olacak.

Edinburgh'daki Geron Biomed, şimdilerde insan yumurta hücresi kullanmayı gerektirmeyecek bir klonlama yöntemi geliştirmeye çalışıyor. Klonlama sırasında, verici hücrenin genlerinin yeniden programlanarak gelişimsel saatinin geriye alındığından söz et-

miştik. Geron Biomed'in üzerinde çalıştığı yöntemde, yeniden programlanan hücre bir embriyo oluşturmaya-
caktır. Bunun yerine, doğrudan hastanın gereksinim duyduğu hücrelere ya da dokulara dönüşecek. Hastaya uyan hücreleri ve dokuları elde edebilmek için, hastanın hücrelerinden biri, çekirdeği çıkarılmış bir embriyonik kök hücreye aktarılacak. Bu yöntem harcanan embriyoların sayısını azaltacak; çünkü, kültür yoluyla sonsuz sayıda kök hücre üretilabiliyor. Aslında, embriyonik kök hücrelerin verici olarak kullanılacağı bu yöntemde, bu hücreler de bir embriyodan alınacağı için karşı çıkanlar olabilir. Öte yandan, alıcı olarak kullanılan kök hücreleri, yumurta hücrelerinin tersine, yeniden programlama için gerekli olan tüm maddeleri oluşturmaz. Bu yeni yöntem şimdilik fare ve koyun hücrelerinde deniyor. Eğer koyunlar üzerindeki deneyler başarılı olursa, plana göre bu yöntem 3 yıl sonra insanlarda denenmeye başlanacak.

Dolly ve Genetik İkizi Birbirlerine Ne Kadar Benziyor?

Geçtiğimiz yılın Ekim ayında, Dolly'nin genetik özelliklerinin, klonlanmış olduğu yetişkin koyunla tıpa tıp olmadığı anlaşıldı. Yani aslında klonlar, klonlanmış oldukları canlıların kusursuz birer kopyası olmayabilir. Yapılan bir araştırmada, Dolly'nin mitokondrisindeki (hücrenin enerji santrali) genlerin, deneyde yer alan başka bir koyuna ait olduğu ortaya çıktı. Bu sonuçlar bilim adamlarını gerçekten çok şaşırttı: Dolly ve genetik ikizi birbirlerine tam olarak ne kadar benziyor?

Çekirdek transferi yönteminde bir verici hücre, çekirdek DNA'sı çıkarılmış bir yumurta hücresiyle birleştiriliyor. Bu birleşme sonucu gelişen hayvanın kromozomları da yalnızca verici hücreden geliyor. Yani ortaya çıkan yavru, vericinin genetik ikizi (klonu) oluyor. Buraya kadar her şey tamam. Fakat yine de, yavrunun tam bir klon olup olmadığı kesin değil... Hücredeki genetik materyalin büyük çoğunluğunun çekirdekte bulunduğu doğru. Ancak, ayrı bir yapı olan mitokondride de



Klonlama haberlerinin yıldızı Dolly'yi kim unuttu? 1998 yılında İngiltere'de yapılmış bir araştırmaya göre, İngilizlerin % 65'i onun bir yetişkin hücresinden klonlanan ilk memeli hayvan olduğunu biliyor. Ayrıca, kopyalamanın yapılmış olduğu Roslin Enstitüsü'nden "bu teknolojinin insanlara uygulanmayacağı" konusunda yapılan tüm açıklamalara rağmen, araştırmaya katılanların % 49'unun, Dolly'nin insan klonlaması için bir basamak olarak klonlandığını düşündüğünü görmüş.

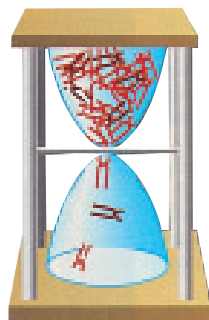
birkaç gen bulunuyor. Dolly'nin verici hücresi, yetişkin bir koyundan alınmış bir meme hücresi. Peki, Dolly'nin mitokondrisi meme hücresinden mi yoksa, yumurta hücresinden mi geliyor?

New York'taki Columbia Üniversitesi'nden Eric Schon'a göre, klonlanmış bir hayvanın mitokondrisi, hem alıcı hem de verici hücrenin mitokondrilerinin karışımından oluşmalıydı. Bu varsayımı sınamak için Schon, Dolly'nin yaratıcısı Wilmut ve başka bilim adamları biraraya gelerek Dolly'nin ve fetüs hücrelerinden klonlanmış dokuz koyunun mitokondrilerini incelediler. Koyunların kas, kan, süt ya da plasentalarında verici hücrelerin mitokondrilerine rastlanmadı. Bu, mitokondrinin % 99,5'inin yumurta hücresinden geldiği anlamına geliyor. Schon, bu sonuçlara bakarak, klonlanmış hayvanlardaki tek mitokondri kaynağının yumurta hücresi olduğu sonucuna varmış. Yani, Dolly'nin mitokondrisindeki 37 gen, çekirdek DNA'sının alındığı verici hücreden değil, onun aktarılmış olduğu yumurta hücresinden geliyor. Mitokondri, bedendeki tüm hücrelerde önemli bir role sahip olduğu için bu durum, iki hayvan arasında önemli fiziksel farklılıklara yol açabilir. Schon'a göre bu fiziksel farklılık insanlarda, söz gelimi yetenekli bir atletle, spora hiç yatkınlığı olmayan biri arasındaki fiziksel farklılıklar kadar bile olabilir.

Aslında bu araştırma, klonlama konusunda öğrenilecek daha pek çok şey olduğunun bir kez daha altını çiziyor. Araştırmanın sonucu, hücre nakli teknolojisini, insanlardan alınmış hücreleri inek yumurtalarıyla birleştirerek, organ naklinde kullanılacak dokular oluşturmada kullanmayı düşünen araştırmacılar için kötü bir haber.

Yaşlı Dolly

Geçtiğimiz yıl ortaya çıkan gelişmelerden biri de, Mayıs ayında *Nature*'de yayımlanan bir makaleye göre, Dolly'nin biyolojik yaşının, kromozomları yüzünden aslında kronolojik yaşından daha fazla olduğu. Dolly'nin telomerlerinin (genetik materyalin hücre bölünmesi



Sınırların ötesinde... İnsan klonlamasının gerçekleştirilmesi şimdilik çok riskli görünüyor.

sırasında yıpranmasını önleyen, kromozomlarının uçlarındaki bölgeler), kendisi gibi üç yaşındaki bir koyunun telomerlerinin olması gerektiği boydan çok daha kısa. Hatta tam olarak, Dolly'nin klonlanmış olduğu 6 yaşındaki koyunun kromozomlarının uzunluğu kadar. (Bunun dışında, en son hamileliğinde üçüz doğuran Dolly'nin sağlığı şimdilik yerinde.)

İnsan doku nakillerinde kısalmış telomerlerin sorun olup olmayacağı henüz açık değil. Eğer bu durum sorun olursa, aslında Geron'un bunun için çözümü hazır. 1997 Ağustosunda, Geron'dan Nobel ödüllü bilim adamı Thomas Cech, hTERT (telomeraz "reverse transcriptase") adlı bir enzimi kodlayan insan genini izole etmişti. Bu enzim, bağları gevşeyen telomerleri yeniden bağlayarak hücrenin ömrünü uzatıyor. Bundan beş ay sonra, yine Geron'la çalışan iki bilim adamı, Texas Üniversitesi Tıp Merkezi'nden Jerry Shay ve Woodring Wright, hTERT genini hücrelere aktarak, bu hücrelerin çözülmüş olan telomerlerinin onarılabilceğini gösterdiler. Yani Geron, kök hücrelerden elde edilen doku nakillerindeki telomeraz etkinliklerini yeniden etkin kılarak, hastaların yeni organları için yaşam boyu garanti sağlayabilecek olanağa sahip.

Öte yandan, *Science*'in 28 Nisan tarihli sayısında yayımlanan bir makaleye göre Worcester'deki (Massachusetts) Advanced Cell Technologies'den Robert P. Lanza ve arkadaşları, altı sağlıklı inek klonundan alınan hücrelerde hiçbir erken yaşlanma belirtisine rastlamadılar. Üstelik de, klonlanmış ineklerin hücrelerinin, aynı yaşta normal ineklerden daha genç olduğu görüldü. Bilim adamları, bunun nasıl gerçekleştiğini ve bu durumun hayvanların ömrünü etkileyip etkilemediğini henüz bilmiyorlar.

Dolly olayının ortaya konuşundan sonra dünyanın her yanında, insan klonlamasını yasaklayan yasalar gündeme geldi, çeşitli düzenlemeler yapıldı. ABD Başkanı Clinton, insan klonlama deneyleri üzerine bir moratorium düzenledi. Pek çok yerde insan klonlama deneylerinin yapılması yasaklandı. Klonlamanın, doğacak çocuk üzerinde hâlâ bilinmeyen fiziksel riskleri olabileceği göz önüne alınırsa bu durum hiç de mantıksız değil. Ancak, klonlama teknolojisinin sağlık açısından getireceği yenilikler umut verici. Peki, insan klonlaması serbestçe yapılmaya başlanırsa, kimler, neden bu yolla çocuk sahibi olmak isteyecek? Bu sorunun yanıtını ararken, medyada çıkan ya da bilimkurgu filmlerinde gösterilen kabus senaryolarını bir kenara bırakmak gerekiyor. Çünkü, bedensel hücre çekirdek transferi, yalnızca klonlanmış insan embriyoları üretmeye yarıyor. Bu yolla doğacak bebekler, hepimizin geçtiği büyüme süreçlerinden geçecek. Her ne kadar kapasitelerimizin ve nasıl bir insan olacağımızın sınırlarını genlerimiz belirliyor olsa da, döllenmeden itibaren bu genlerin kendisini nasıl göstereceği, çevresel etkenler tarafından şekillendiriliyor. Her bireyin yaşadığı ona özgü deneyimleri, biyolojik ve toplumsal gelişim süreçlerindeki şans etkenlerini de göz önünde bulundurmak gerekiyor. Doğal insan klonları olan tek yumurta ikizleri bile birbirlerinden farklı fiziksel ve zihinsel özelliklere sahip olabiliyor. (Üstelik, gerçek yaşamda da çoğu kişi genetik ikizinden kolaylıkla ayırt edilebilir.) Bu nedenle, insan klonlaması yoluyla seri üretime geçmek isteyenler olursa, onları düş kırıklığı bekliyor. Çünkü, klonlama yoluyla geleceğin Adolf Hitler'ini yaratmaya çalışan birisi, bunun yerine yeteneksiz bir ressam da yaratabilir.

Aslı Zülal

Kaynaklar

- Coghlan, A., "Cloning without embryos" *New Scientist*, 29 Ocak 2000
- Coghlan, A., "Superstar sheep makes her mark" *New Scientist*, 19 Eylül 1998
- Cohen, P., "Crunch time" *New Scientist*, 24 Ocak 1998
- Cohen, P., "Dolly's mixture" *New Scientist*, 4 Eylül 1999
- Cohen, P., "Double trouble" *New Scientist*, 5 Şubat 2000
- Green, R. M., "I, clone" *Scientific American*, Eylül 1999
- Klotzko, J., "We can rebuild..." *New Scientist*, 27 Şubat 1999
- Leutwyler, K., "Dolly's legacy" *Scientific American*, 21 Haziran 1999
- www.sciam.com/explorations/1999/062199dolly/index.html
- "Cloning reverses aging in clone cells" http://www.eurekalert.org/resticted/emb_releases/aaas-cra042100.html
- "Cloning and nuclear transfer: a short glossary" Roslin Institute Online <http://www2.ni.bbsrc.ac.uk/library/research/cloning/glossary.html>