Challenges and prospects of the embryo transfer industry
from a European standpoint

Michel Thibier

Abstract

In vivo derived (IVD) and in vitro produced (IVP) embryo transfers are respectively the 2nd and 3rd generations of the reproductive biotechnologies. Commercial application of these technologies began in the seventies for the former and in the eighties for the latter. After 40 years, they have clearly proved their sustainability to the livestock industry. The present article deals with bovine embryos only. The numbers of embryos collected or produced and transferred worldwide are reported in the first part. About one million bovine embryos are transferred each year. This clearly shows the significant impact they have on the cattle industry. The second part describes the three main criteria used to assess the goal of this technology, i.e. to benefit farmers. The three criteria are: (1) the genomic selection tools being developed for these reproductive biotechnologies through ongoing scientific research, (2) the technical expertise of veterinarians and technicians in achieving the highest conception rate as possible and (3) the sanitary care required for safe transfers of pathogen-free embryos. The challenge to the ET industry is to improve sustainability. The high level of scientific research, technical expertise and professionalism of all scientists, veterinarians and technicians involved in the germplasm industry shapes a bright future of these biotechnologies.

Keywords: artificial insemination, embryo transfer, cattle, Europe

Saint Sauveur, 64120 Saint Palais, France

*Correspondence: michel.thibier@outlook.fr

Introduction

Classically, four generations of animal reproductive biotechnologies (ARB) are recognized as illustrated on Figure 1 (Thibier, 1990a). They appeared gradually, starting in the middle of last century in the mid-forties after the last world war, with the implementation of artificial insemination. It was then not before thirty years later that the embryo transfer industry took off the ground with in vivo derived embryos (IVD) and then 15 years later with in vitro produced (IVP) embryos. The fourth generation has since then remained mostly for experimental purposes or for specific applications such as generating biopharmaceutical products.

As the technologies of the first to third generations were developed for the benefits of the farming industry, international exchanges of germplasm increased via shipments of doses of semen first and later of straws of embryos. For various technical and economic reasons, those technologies have been mostly and widely used in cattle, however there are also embryos transferred or oocytes collected, fertilized and transferred in other farm animal species such as in small ruminants, swine and horses. This article will only refer to bovine embryos.

The embryo transfer industry which will be discussed in the present paper has remained remarkably sustainable for more than 40 years of existence. The first part of this presentation will report the numbers of donors, indicating how well and alive the ET industry is. However, Asia poses a problem as some large countries irregularly or partially report on their activity even though a large number are being transferred. Hence, only 10% of the countries of Asia reported their numbers. Japan is the leading country in terms of ET activity in this continent.

As shown in Table 2, more than 100,000 donors had their embryos collected in 2012. Asia collected close to 10,000 embryos from cattle. North America took 50% of this number, and Europe and Asia 19 and 14%, respectively. The number of embryos transferred per donor collected, which may to some extent reflect the level of technology, was in Asia around 6.5, which seems quite high and hence very satisfactory.

Table 1  Number and proportion of data collectors by region (Perry, 2013)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Region</th>
<th>No. of countries in region</th>
<th>No. countries submitting area</th>
<th>% countries submitting area</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Africa</td>
<td>57</td>
<td>2</td>
<td>3.51%</td>
</tr>
<tr>
<td>Asia</td>
<td>53</td>
<td>5</td>
<td>9.43%</td>
</tr>
<tr>
<td>Central America</td>
<td>31</td>
<td>1</td>
<td>3.22%</td>
</tr>
<tr>
<td>Europe</td>
<td>45</td>
<td>26</td>
<td>57.78%</td>
</tr>
<tr>
<td>North America</td>
<td>3</td>
<td>3</td>
<td>100.00%</td>
</tr>
<tr>
<td>Oceania</td>
<td>23</td>
<td>2</td>
<td>8.70%</td>
</tr>
<tr>
<td>South America</td>
<td>13</td>
<td>2</td>
<td>15.38%</td>
</tr>
<tr>
<td>Globally</td>
<td>225</td>
<td>41</td>
<td>18.22%</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Table 2  Collection and transfer of embryos by region (Perry, 2013)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Region</th>
<th>Donors</th>
<th>Embryo collection</th>
<th>% global</th>
<th>Embryo transfer</th>
<th>% global</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Africa</td>
<td>1,107</td>
<td>1.09%</td>
<td></td>
<td>6,347</td>
<td>1.25%</td>
</tr>
<tr>
<td>Asia</td>
<td>9,494</td>
<td>14.37%</td>
<td></td>
<td>64,770</td>
<td>12.80%</td>
</tr>
<tr>
<td>Europe</td>
<td>23,653</td>
<td>19.33%</td>
<td></td>
<td>106,463</td>
<td>21.05%</td>
</tr>
<tr>
<td>North America</td>
<td>52,701</td>
<td>50.87%</td>
<td></td>
<td>235,344</td>
<td>46.52%</td>
</tr>
<tr>
<td>Oceania</td>
<td>2,654</td>
<td>2.22%</td>
<td></td>
<td>15,050</td>
<td>2.98%</td>
</tr>
<tr>
<td>South America</td>
<td>15,274</td>
<td>12.12%</td>
<td></td>
<td>77,902</td>
<td>15.40%</td>
</tr>
<tr>
<td>Grand total</td>
<td>104,883</td>
<td>100.00%</td>
<td></td>
<td>505,876</td>
<td>100.00%</td>
</tr>
</tbody>
</table>

More than half a million of IVD embryos were transferred in 2012, around 65,000 embryos in Asia, i.e. about 13% of the world transfer.

Regarding the trend over the years since 1997, Figure 1 shows stabilization in the number of donors collected in Asia (grey line) as opposed to a slight increase up to 2006 in North America (blue line). However, both continents had similar trends of stabilization during the last six years.

The trend in the numbers of IVD cattle embryos transferred (Figure 2) was close to that described for the numbers of donors, indicating stabilization in both continents since 2006.

However, a global trend of an increase from less than 400,000 to over 500,000 from 1997 until 2012...
can be seen. Examining the Asian data, some fluctuations can be seen with a peak of over 100,000 embryos transferred in 2006, related to some reports from the People Republic of China.

![Graph of IVD embryo collection per region and year (Perry, 2013)](image1)

**Figure 1** Graph of IVD embryo collection per region and year (Perry, 2013)

![Total number of bovine IVD cattle embryos transferred (Perry, 2013)](image2)

**Figure 2** Total number of bovine IVD cattle embryos transferred (Perry, 2013)

**In vitro produced (IVP) cattle embryos:** As shown in Table 3, the worldwide total number of IVP embryos (close to 400,000) was close to that of IVD embryos and the vast majority of those came from the South American region, particularly from Brazil. Asia ranked second with more than 10,000 IVP embryos transferred, particularly from Japan. It is, however, of notice that South America and Japan do not proceed at all the same way. In Japan, most of the oocytes are collected from abattoirs and further cultivated *in vitro* in a laboratory some distance away from the abattoir. In contrast, Brazil produces most of its cattle embryos from oocytes collected from donor cows by ovum pickup.

**Table 3** Bovine *in vitro* embryo production (Perry, 2013)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Region</th>
<th>Ovum pickup</th>
<th>Abattoir</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>Embryo produced</td>
<td>Embryo Transferred</td>
</tr>
<tr>
<td>Asia</td>
<td>5,294</td>
<td>665</td>
</tr>
<tr>
<td>Europe</td>
<td>8,792</td>
<td>8,266</td>
</tr>
<tr>
<td>North America</td>
<td>74,242</td>
<td>40,546</td>
</tr>
<tr>
<td>South America</td>
<td>355,205</td>
<td>335,994</td>
</tr>
<tr>
<td>Oceania</td>
<td>0</td>
<td>125</td>
</tr>
<tr>
<td>Grand total</td>
<td>443,533</td>
<td>385,596</td>
</tr>
</tbody>
</table>

The trend over the years (Figure 3) as reported by Perry referring to OPU IVP cattle embryos is interesting in that it is likely that worldwide, in contrast to Europe, the numbers of IVP embryos were nearly equal to those of IVD embryos before perhaps overcoming the latter in the near future.
As shown in Table 4, the production of IVP embryos dramatically increased in North America in 2014 compared to the previous year; it slightly increased in Europe and dropped a little in South America due to severe drought conditions in major beef areas and falling beef prices.

Another interesting feature of the ET industry for cattle IVP embryos is the drop in the percentage of IVP embryos transferred as fresh, which means that freezing IVP embryos which has often been reported as unsuccessful has a tendency to increase (Table 5).
Comparative impact of AI and ET in cattle herds:

Considering those figures in a prospective approach, it is also interesting to realize that the impact of ET on the worldwide cattle population is still very low (Table 6), allowing foreseeing some progress provided that the cost of this technology remains reasonable.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Regions</th>
<th>Total number of bovine females of breeding age (*)</th>
<th>Total first service AI</th>
<th>Impact ratio of AI (**) ×100</th>
<th>Total number of IVD and IVP embryos (*** )</th>
<th>Impact ratio of ET (****) ×100</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Africa</td>
<td>51,577,000</td>
<td>870,892</td>
<td>1.68</td>
<td>6,347</td>
<td>0.01</td>
</tr>
<tr>
<td>North America</td>
<td>42,296,000</td>
<td>11,203,880</td>
<td>24.80</td>
<td>275,890</td>
<td>0.65</td>
</tr>
<tr>
<td>South America</td>
<td>124,460,000</td>
<td>1,366,678</td>
<td>1.09</td>
<td>413,896</td>
<td>0.33</td>
</tr>
<tr>
<td>Asia</td>
<td>236,850,000</td>
<td>58,181,005</td>
<td>24.56</td>
<td>65,435</td>
<td>0.02</td>
</tr>
<tr>
<td>Near East</td>
<td>25,433,000</td>
<td>1,068,991</td>
<td>4.55</td>
<td>0</td>
<td>0</td>
</tr>
<tr>
<td>Europe</td>
<td>61,750,000</td>
<td>37,738,142</td>
<td>61.11</td>
<td>114,099</td>
<td>0.18</td>
</tr>
<tr>
<td>Total</td>
<td>543,276,000</td>
<td>110,429,588</td>
<td>20.32</td>
<td>875,667</td>
<td>0.16</td>
</tr>
</tbody>
</table>

(*) 40% of total cattle and buffaloes
(**) calculated from the total first service of AI divided by the total number of females of breeding age
(*** ) data from Perry (2013)
(****) calculated from the total number of IVD and IVP embryos divided by the total number of females of breeding age

Economic impact on international trade of embryos:

It is hard to have a good estimate of the international movement of embryos for many reasons, including the lack of reports from some countries and illegal imports. A preliminary approach to the international movement of germplasm was reported by Thibier (2009) as well as Thibier and Wrathall (2012). Fortunately, a major feature of the 2015 IETS data retrieval committee report was the improved ET data for exports of bovine IVD embryos around the world.

As shown in Table 7, 17 of 38 countries provided ET export activity data in 2014, as opposed to seven countries the previous year, indicating vast improvement. Of the 32,285 bovine IVD embryos exported, 21,467 (66%) were embryos collected from dairy cattle, the rest were from beef cattle.

Table 7 Number of IVD embryos exported from countries known to export (Perry, 2015)

<table>
<thead>
<tr>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Bovine IVD</td>
<td>Argentina</td>
<td>2827</td>
<td>Sheep IVD</td>
<td>Australia</td>
<td>414</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Australia</td>
<td>32</td>
<td></td>
<td>Canada</td>
<td>200</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Belgium</td>
<td>90</td>
<td></td>
<td>New Zealand</td>
<td>79</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Canada</td>
<td>10920</td>
<td></td>
<td>TOTAL</td>
<td>693</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Denmark</td>
<td>61</td>
<td>Goat IVD</td>
<td>New Zealand</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Finland</td>
<td>8</td>
<td></td>
<td>United States</td>
<td>199</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>France</td>
<td>256</td>
<td></td>
<td>TOTAL</td>
<td>202</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Hungary</td>
<td>15</td>
<td>Swine IVD</td>
<td>France</td>
<td>112</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Luxembourg</td>
<td>50</td>
<td></td>
<td>TOTAL</td>
<td>112</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Netherlands</td>
<td>1040</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>South Africa</td>
<td>926</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Spain</td>
<td>66</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Switzerland</td>
<td>151</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>United States</td>
<td>15337</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>TOTAL</td>
<td>32285</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

<table>
<thead>
<tr>
<th>Bovine IVP OPU</th>
<th>Country</th>
<th>Exported</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>Canada</td>
<td>821</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Panama</td>
<td>60</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Russian</td>
<td>100</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>federation</td>
<td>100</td>
</tr>
<tr>
<td>TOTAL</td>
<td></td>
<td>981</td>
</tr>
</tbody>
</table>

The main technical reasons for a sustainable technology in the world: Illustration from Europe:

Obviously, if the ET technology remains active more than 40 years after its beginning, it shows that the market is there and that the economic benefit the farmers get from applying it with its diverse possibilities is real. It also clearly means that the results the practitioners perform every day are up to the expected high standards. The 3 main technical reasons for such success in implementing this embryo transfer technology on the ground will be reported briefly, according to my personal opinion.

A technology well adapted for improvement in genetic value of cattle population: It was early recognized that embryo transfer was the tool of choice for good genetic management to allow generating particular bull sires with top breeding value and being the top of the pyramid of progeny and performance testing. This was particularly true for the sophisticated programs in place in Europe for dairy cattle. It has contributed to significantly improve the efficiency of such programs as judged by the mean annual improvement rate, notably in reducing the interval between generations
simultaneously to intensify the selection of candidates and improve the precision of such selection.

Transfer of high value embryos became, in 1980-2005, the core of all the genetic programs and this explains also why in Europe, many ET teams were closely related to the artificial insemination centers or companies in charge of conducting genetic improvement schemes.

When the genomic revolution occurred in the mid-2000’s, it was impressive to see how quickly the ET industry embarked in such a revolution, modifying strongly the ET and dam schemes and providing the most useful service to the new schemes. Genomic tools are now available for most livestock species and are used routinely for genomic selection (GS) in cattle (Ponsart et al., 2014a). With this genomic selection in effect, it is necessary to generate a larger number of candidates to evaluate in a given period of time. Whatever the strategy in place, it will be necessary to identify a large number of elite females which will then either be bred with sexed semen or from which a batch of IVP embryos would be collected in order to be later transferred on recipients. A good combination of semen and embryo biotechnologies will make it possible to act on all parameters involved to speed up the genetic gain. One of the most important developments resulting from the introduction of genomic testing for dairy cattle is the application of reasonably priced low-density single nucleotide polymorphism technology in the selection of females. Moreover, multiple markers have been detected in biopsies of preimplantation stage embryos, thus paving the way to develop new strategies based on preimplantation diagnosis and genetic screening of embryos (Ponsart et al., 2014b). The biopsies of embryo can now be used with success in order to diagnose the genomic value of such entities. At the same time, a balance needs to be reached between removing a small number of blastomeres to preserve viability and sampling a sufficient quantity of DNA for further analysis. Ponsart et al. (2014b) reported some interesting results (Table 8).

Table 8 Number of IVD embryos exported from countries known to export (Perry, 2015)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Reference</th>
<th>Variation Factor</th>
<th>Class</th>
<th>N</th>
<th>Conception rate (%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Lacaze et al. (2008)</td>
<td>Embryo stage</td>
<td>Morula</td>
<td>167</td>
<td>47.3</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Early Blastocyst</td>
<td>39</td>
<td>48.7</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Blastocyst</td>
<td>16</td>
<td>62.5</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Biopsy size</td>
<td>&lt;3</td>
<td>26</td>
<td>55.6</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>(no. cells)</td>
<td>3-7</td>
<td>65</td>
<td>47.8</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>&gt;7</td>
<td>37</td>
<td>49.4</td>
</tr>
<tr>
<td>Cenariu et al. (2012)</td>
<td>Embryo stage</td>
<td>Morula</td>
<td>186</td>
<td>44.1</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Blastocyst</td>
<td>114</td>
<td>43.0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

A technology applied by well-trained and competent practitioners and continuous innovation: One of the striking features in this area has been, since the beginning, the high professionalism of all involved in embryo transfer. Very quickly, due to the critical importance of even the smallest of all details, people in charge and all staff, both in veterinary clinics and artificial insemination cooperatives, realize that training of excellence is absolutely necessary in order to obtain the best results possible. Good training and professionalism are key points to ensure that the market will be sustainable and farmers applying the technology are keen on applying it in their own herds. In addition to training and professionalism, the third component is innovation, a major feature of the ET industry. Innovation is constantly under scrutiny at both ends, that of daily practice and institutional research. This allowed the technology to positively evolve and practitioners to keep abreast of discoveries of all kinds to the farmers’ benefits (Thibier, 2005).

Examples of such European contribution (as recently reported at the Association Européenne de Transfert Embryonnaire (AETE) meeting, Thibier, 2014) are provided here below. This does not minimize at all contributions from other parts of the world which have also been most critical for the development of the technology.

Research and innovation in Europe have been most instrumental in this area with the leadership of extraordinary pioneers as recognized as such, worldwide by the Pioneer Award of the International Embryo Transfer Society (IETS) (Table 9). In particular such pioneers in embryo transfer and reproductive physiology as a whole, such as J. Hahn (Germany) and C.H. Thibault (France), were very supportive since the beginning, thanks to them.

Table 9 Names of European IETS pioneer awardees

<table>
<thead>
<tr>
<th>Name</th>
<th>Years</th>
<th>Names</th>
<th>Years</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>J. Hahn</td>
<td>2013</td>
<td>A.K. Tarkowski</td>
<td>1991</td>
</tr>
<tr>
<td>S. Winterberger Torres</td>
<td>1997</td>
<td>L.E.A. Rowson</td>
<td>1985</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Some of these IETS awardees were also recognized by the AETE and the first AETE awards were precisely given to J. Hahn and C.H. Thibault in 1993 and 1994, respectively.

Looking back at the table of contents of the AETE meetings, one has a very good idea of the evolutions of ideas, and the techniques discussed, and further implemented once back on the field following
the meetings. In the first years, three topics dominated the meetings and most of the discussion in sessions or out at coffee breaks. The first related to superovulation which was the main part of the meeting of the first year of AETE with published proceedings and subsequent meetings. In 1987, there were 6 invited presentations on superovulation by scientists who further had a major influence on this technology worldwide, namely:

- Superovulation chez les bovins…………………..by J. Saumande
- Induction of superovulation in cattle…………………..by J.F. Beckers
- Improved embryo yield ……………………..by S.J. Dieleman
- Comparison of 2 to 3 days FSH treatment………by H. Callesen
- Effect of LH on FSH induced superovulation……….by D. Chupin

The two other major topics treated at AETE at that time were fresh vs frozen in vivo derived embryos and modes of embryo transfer.

However, very quickly, the Association extended its points of interest and as soon as 1988, in Lyon, J. Wilmut presented a famous lecture on “Biotechnology and the bovine embryo: at present and in the future”. This was way before the birth of Dolly. By the same token, it was in 1990 that two other famous lectures were given by G. Brem on “State of the art, limitations and prospective of gene transfer in domestic mammals” and J.P. Renard on “the state of the art, limitations and prospective of cloning in domestic mammals”. Those two lectures had a profound influence on the world’s thought about biotechnologies in farm animals.

It is about at that time, in the late 80’s, that in vitro production of embryos also became a major subject of oral presentations, posters, round tables and debates. The presentation by P.L.A.M. Vos and colleagues in 1990 of the methodology in use for applying what was since then called OPU (Ovum Pick Up) was also one of the highlights of the innovation realized in Europe.

Looking retrospectively, it is clear that one of the major reasons for this sustainability of ET in cattle in Europe is the constant search for innovation at both levels, practically on the animals’ side and more fundamentally on the bench.

**Embryo transfers: the safest mean of exchanging genes:**

This statement was presented by Thibier in 1990 (Thibier, 1990b) and was one of the major points claimed to the world and to the society as a whole, explaining why this critical comparative advantage from now on “allows any farmer in the world to obtain any gene that “Dame Nature” has provided the world with, at no risk health wise”.

This statement results from a long chain of involvements and of strong sound research from the veterinary community in close association with the embryo transfer industry including that in Europe. Research in the early 80’s showed that pathogens such as Foot and Mouth Disease virus, for example, behaved in a specific manner and in such a way that there was a possibility to eliminate pathogens associated with the embryo zona pellucida. Without getting into too many details which have been widely reported (Thibier, 1990b), it was then elaborated together with scientists and practitioners one specific set of procedures to follow in order to secure this high level of safety. This relies on the concept of the “official embryo collection teams” further extended to the “official embryo production teams” officially designated and approved by the national veterinary authorities. The EU, for example, publishes a list of such official ET teams of which the total for the EU is 229, with those from Norway and Switzerland making a total of 235. The countries with the most ET teams are Germany, France and United Kingdom at 39, 36 and 31, respectively.

This concept was somewhat opposed to what then (early 80’s) was the dogma of the veterinary community to limit and prevent the extension of animal diseases. For example, for AI centers, the policy relies on the fact that only specific disease free males are allowed to enter an AI center, itself free from such specific diseases. Here for ET, it was found uneconomic and impracticable in many circumstances and particularly in the European context to manage embryo donors in closed facilities such as AI centers.

A major step to allow the ET industry to work efficiently and safely was the organization of a round table in 1985 at the World Organization for Animal Health (OIE) which agreed on publishing and further implementing this concept of the “official embryo transfer team”, which had the responsibility to follow all the rules and guidelines put forward in order to prevent all association of pathogens with embryos. This was further “translated” in international guidelines on one hand and further legal directives, laws, decrees or rules on the other hand. The former was the elaboration of the relevant chapters of the OIE Terrestrial Animal Health Code, which since then has been the template of any legislation implemented domestically. Regarding the European Union, it is with the guidelines elaborated following the 1985 OIE round table was prepared, proposed and discussed the famous EU Directive 89/556/EEC published on 25 September 1989.

And the end point, as published elsewhere (Thibier, 2011), ET has proven on the ground and for more than 30 years that it is indeed the safest mean of exchanging genes with no confirmed report of any contamination of recipients or offspring from transfers of IVD or IVP embryos.

**Conclusion**

The challenges to the ET industry are clearly of three types: facilitate the genomic selection in applying the most modern reproductive biotechnologies, perform the best results possible so as to contribute to level off the price of this technology and make sure the ET teams strictly apply the veterinary rules and regulations at no risk health wise. Observations made those last forty years or so make us feel quite confident that the future of the ET industry is bright. This optimism is due to the high level of technical expertise and extreme professionalism of all veterinarians and technicians involved in this
germplasm industry technology. Major key points will be to ensure continued integrity and track record for the safe movement of germplasm, ethical conduct of the officially approved embryo production teams and, in terms of risk management, their adherence to specified criteria that should be met at all times.

References

Thibier M 2014. The European embryo transfer industry in cattle: A challenge in 1984, a success in 2014 - and well supported and reported by the AETE. Proc. 30th Annual Meeting of AETE, Dresden, Germany, 12-13 September, p. 31-44.
บทความย่อ

ความท้าทายและรูปแบบการย้ายฝากตัวอ่อนในเชิงอุตสาหกรรมจากจุดยืนของสหภาพยุโรป

มิเชล ทีเบีย

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ที่มีการตรวจสอบว่าจะเกิดขึ้นได้ให้ได้รับผลลัพธ์ในระดับห้องปฏิบัติการ 40 ปี ทั้งในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

การย้ายฝากตัวอ่อนโดยการเก็บตัวอ่อนจากตัวสัตว์ (In vivo derived, IVD) เริ่มต้นในยุค 80 ซึ่งเป็นยุคของการนำเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการสืบพันธุ์ในระยะที่สองและสาม มาใช้ในอุตสาหกรรมบริษัทตัวอ่อน บทความเป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการย้ายฝากตัวอ่อนในโค ในสหภาพยุโรป

ข้อสังเกตุ: การผสมเทียม การย้ายฝากตัวอ่อน โค ยุโรป

แซ็ง-ซอเวียร์, 64120 แซ็ง-ปาเล่, ประเทศฝรั่งเศส

*ผู้รับผิดชอบบทความ E-mail: michel.thibier@outlook.fr