

온도와 전압이 정자의 운동성에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 비뇨기과학교실

마 상 열 · 최 영 득

=Abstract=

The Effect of Temperature and Electrical Energy on Sperm Motility

Sang Yol Mah and Young Deuk Choi

From the Department of Urology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Electrical ejaculation is widely used for semen collection in ejaculation failure patients with various causes including spinal cord injury. Semen collected by this method show sperm with low quality, and decrease in sperm motility is especially evident; multifactors are responsible but there are some reports that electrical current and increased temperature during electrical ejaculation are the cause. To confirm this theories, we observed the direct effect of variable electrical current and temperature to the motility of normal sperm in vitro. Semen analysis was performed after temperature was maintained at 37, 39, 41, and 43°C for 10 minutes and electrical current at 5, 10, 15, 20 Volts for 3, 7, and 10 minutes.

1. Sperm motility change with temperature: The ratio of motile sperm decreased significantly ($n=32$, $p<0.01$) from 82.20, 70.12, 60.93, 48.87% as the temperature rose 37, 39, 41, 43°C, respectively. Factors related to motility (distribution of progressive form and rapid velocity) decreased as well and the distribution of static velocity increased. However, additional semen analysis 20 minutes after rests were not significantly different in sperm motility before and after any temperature changes.

2. Sperm change with electrical energy: The motility of the sperm decreased significantly according to increasing volts and time, which showed a time-dependent and voltage-dependent decrease. The ratio of motile sperm decreased significantly to increasing volts and time and factors related to motility (distribution of progressive form and rapid velocity) also decreased. The distribution of static velocity increased. However, additional semen analysis 20 minutes after rests were not significantly different in sperm motility before and after inducing electrical energies.

These data suggest that the effect of electrical current and temperature to sperm motility is temporary and that the low quality of sperm collected by electrical ejaculation in patients with ejaculation failure may not be due to the effect of electrical ejaculation but the various conditions of the patients themselves.

Key Words: Human sperm, motility, Electrical energy, Heat, Electroejaculation.

서 론

사정 장애는 대부분의 척수손상환자에서 불

수 있고, 외과적 신경 절제나, 당뇨병 및 전신 신경학적 장애, 약물복용, 특발성 및 해부학적 장애 등에서도 나타나며, 남성불임을 야기시킨다. 최근 보조적 생식기술이 발달됨에 따라 사정 장애

본 논문은 1995년도 연세대학교 일반과제 연구비의 지원으로 이루어졌음.

접수일자 : 1996년 12월 20일

에환자에서 임신율 시키기 위한 여러 가지 인위적인 사정 유도 방법들이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 방법으로는 경구용 교감신경 흥분제의 투여나, 약물유도사정, 하복부신경총 자극, 진동자극유도사정, 전기자극유도사정 등이 있으며, 인위적으로 유도된 정액은 보조적 생식기술의 도움으로 임신을 가능하게 한다.

여러 가지 전기자극 인공사정기의 발전이 일어난에 따라, 전기자극 유도사정 방법의 사용이 늘어나고 있다. 이는 직장 소식자를 이용하여 전립선과 정낭에 인접하여 전립선의 후외측면 가까이 있는 사정신경을 직접 자극하여 사정을 유도하는 방법으로, 척추손상환자와 후복막강 림파선절제술에 의한 사정장애환자 등에서 이러한 방법을 이용하여 90%에서까지 정액채취가 가능하고^{1,3}, 여러 가지 체외수정의 기법을 응용하여 임신률 및 출산률이 보고되고 있다^{4,5}. 그러나 아직까지도 상대적으로 전기자극 유도사정액에 의한 임신율은 낮은 실정이다^{4,6-8}.

전기자극 유도사정으로 얻어진 정자는 낮은 운동성, 낮은 생존율, 자궁 점막 통과에 장애 및 낮은 수태력을 보이는 것으로 보고되고 있다^{9,12}. 전기자극 유도사정에 의한 정액에서 비정상적인 정자 소견이 나타나는 이유는 오랜 사정불능의 기간, 신경학적 손상, 사정유도방법의 조작 등을 포함한 많은 요인들이 있다. 또한 환자의 약물복용상태, 고환의 온도 상승, 반복되는 요로감염, 고환 조직의 이상 소견, 호르몬의 변화, 항정자 항체, 및 방광의 처치 방법 등이 직접, 간접적으로 정자의 형성과 생존에 영향을 미쳐 정자의 운동성 및 형태에 변화를 야기시키는 것으로 추정되고 있다¹²⁻¹⁶. 전기자극 유도사정에 의한 정액의 비정상적인 정액 성장 중에서 남성의 수태력을 결정하는데 가장 중요한 요소가 되는 것은 감소된 정자의 운동성이다^{6,17,18}. 이러한 정자의 운동성은 감소된 만큼 수정율도 감소시켜 최초 운동성이 20% 이하인 경우에는 체외에서 수정이 불가능하다고 하여 Mahadeven 및 Trounson은¹⁷ 정자의 운동성의 중요성을 강조한 바 있다. Linsenmeyer 등¹⁰ 및 일부 연구자^{12,19}들은 척수 손상환자를 포함한 사정장애환자에서 전기자극 유도사정을 위한 전기사정법의 조작시에 발생하는 전압 및 열이 직접 정자의 운동성을 저하시키며, 이러한 저하된 정자의 운동성으로 인하여 남성의 수태력이 감소된다고 보고 있다.

이에 본 연구에서는 전기사정법 조작시에 발생하는 전류와 열이 정자에 직접 영향을 미치는지를 확인하기 위하여, 정상정액을 이용하여 생체의에서 임상적으로 전기자극 유도사정시에 이용되는 정도의 온도와 전압의 변화를 조작하여 정자의 운동성을 비교 관찰하였다.

대상 및 방법

1. 실험재료

성적 활동이 왕성한 20 혹은 30대의 남자 지원자 중에서 자위행위로 정액을 채취하여 정액량이 2ml 이상 되고, 정자의 수가 6천만/ml 이상, 운동성이 70% 이상, 정상모양이 70% 이상이며, 살아있는 정자가 70% 이상인 검체로서, Ham's F-10 배지에 배양시 운동성이 70% 이상인 42개의 검체를 대상으로 하였다. 액화가 되지 않거나, 백혈구 및 적혈구가 있는 경우와 정액검사에서 비정상적인 소견을 보이는 경우는 대상에서 제외하였다.

2. 실험방법

지원자들의 모든 정액은 채취 후 30분 동안 실온에서 액화 (liquefaction) 시키고 실험을 시행하였다. 정액검사는 컴퓨터정자분석기 (Computer Assisted Sperm Analyzer; Hamilton Thone, Beverly, MA, U.S.A.)를 이용하여 시행하였으며, 검사시의 검체의 온도는 실험조작시와 동일하게 하였다.

1) 온도변화에 따른 정자 운동성의 변화에 관한 실험

시험관에 정액 0.2cc와 정액 세척액인 Ham's F-10 배지 0.4cc를 넣고 물탱크에서 온도를 37°C, 39°C, 41°C 및 43°C로 일정하게 유지되도록 하면서 10분 동안 배양하고 정액 검사를 시행하였다.

2) 전압변화에 따른 정자 운동성의 변화에 관한 실험

절연체로 된 chamber를 1×1×1.6cm의 크기로 고안하고, 2×4mm 크기의 백금판 전극을 0.6cm의 간격으로 chamber내에 설치하였다. Chamber내에 정액 0.3cc와 정액 세척액인 Ham's F-10 배지 0.6cc를 넣고, 백금판 전극을 통하여 고정된 60Hz에서 사인파형의 교류전압을 각각 5, 10, 15, 20Volts로 유지하면서 3분, 7분, 10분 간격으로 정액 검사를 시행하였다. Chamber는 생리 식염수가 담긴 물탱크에 넣어 전압에 의한 온도 상승

에 대하여 완충역할을 하게 하여 Chamber내의 온도를 37℃로 유지하도록 하였다.

3. 결과 분석 및 통계 처리

결과는 컴퓨터정자분석기에 의해 분석된 것을 비교하였다. 정자의 운동성은 전체 정자에서 움직이는 정자의 비율 (%)로 표시하였으며, 이들 정자의 운동성과 관련된 인자로서 progressive forms의 분포 (%), rapid cells의 분포 (%), 운동속도의 분포를 컴퓨터정자분석기의 결과에 따라 분석하였다. 운동속도의 분포 (velocity distribution; VD)는 4정도로 구별하고 rapid (운동성 4), medium (운동성 3), slow (운동성 2), static (운동성 1-0)으로 구분하여 전체 정자의 비율 (%)로 표시하였다. 기타 path velocity (μm/s), progressive velocity (μm/s), straightness (%), linearity (%), elongation (%), area (μm sq)를 비교분석하였다.

대조값과 실험값들 사이의 비교는 paired t-test을 시행하였고, 전압이나 온도의 증가에 따른 추세는 simple regression 및 correlation test을 이용하였으며, 통계적 검증은 p<0.05 이하인 경우를 의의있는 것으로 판정하였다.

결 과

1. 온도변화에 따른 정자의 변화

온도가 37, 39, 41, 43℃로 상승됨에 따라 정자의 운동성은 82.20±9.56, 70.12±11.19, 60.93±9.32, 48.87±12.38%로 의의있게 감소하였다 (n=32, p<0.01, Fig. 1). 또한 온도가 상승함에 따라 운동성과 관련된 인자 즉, progressive 형의 비율, rapid cell의 비율도 이에 따라 감소하였다 (Fig. 2). 정자의 운동속도 (VD)의 분포를 살펴본 결과 온도가 올라감에 따라 rapid VD의 분포는 감소 (58.10±9.75, 51.50±9.95, 43.11±11.69, 36.51±12.17%)하였고, static VD의 분포는 증가 (21.50±10.97, 34.12±10.96, 43.31±12.38, 54.81±11.46%)하였다 (Fig. 2). Medium과 slow VD의 분포에는 통계학적 의의있는 차이가 관찰되지 않았다 (p>0.05). 온도변화실험을 시행한 점체를 다시 37℃에서 20분간 안정상태를 유지하고 정자검사를 시행한 결과, 운동성 및 그와 관련된 인자들의 변화가 일부 원래의 상태 수준으로 회복되었으며, 실험전과 비교하여 운동성의 의의있는 차이는 없었다 (p>0.05)(Fig. 1, 2). 정자의 모양을 나타

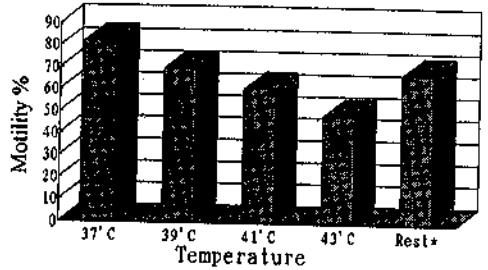


Fig. 1. Effect of temperature on sperm motility. The mean ratio of motile sperm decreased significantly (n=32, p<0.01) from 82.20, 70.12, 60.93, 48.87% as the temperature rose 37, 39, 41, 43°C, respectively. However, sperm motility returned and was not significantly different 20 minutes after temperature changes (p>0.05). * Rest: 20 minutes rest at 37°C after inducing temperature changes.

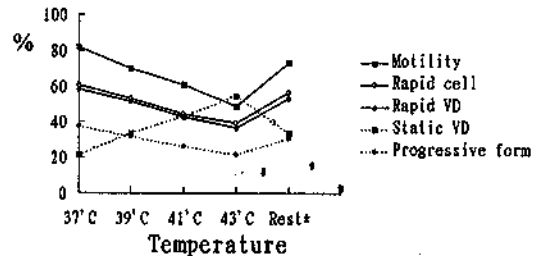


Fig. 2. Effect of temperature on factors related to sperm motility. The mean ratio of motile sperm decreased significantly (n=32, p<0.01) as the temperature rose 37, 39, 41, 43°C, respectively. Factors related to motility (distribution of progressive form, rapid cell and rapid velocity (rapid VD)) decreased as well and the distribution of static velocity (static VD) increased. However, sperm motility and related factors returned and were not significantly different 20 minutes after temperature changes (p>0.05). * Rest: 20 minutes rest at 37°C after inducing temperature changes.

내는 straightness, linearity, elongation, area 등에는 특이한 변화가 관찰되지 않았다.

2. 전압변화에 따른 정자의 변화

정자의 운동성은 전압이 증가될수록, 전압 투여시간이 길어질수록 각각 의의있게 감소하였으며, 이러한 감소는 전압 의존성 및 전압 투여시간 의존성을 보였다 (n=25, p<0.01, Fig. 3). 전자의 운동성 감소는 전압에너지 (Volts x 투여시간 (min.))에 뚜렷하였으며, 전압에너지가 증가될수록 정자의 운동성은 의의있게 감소하였다 (p<0.01, Fig. 4). 운동성과 관련된 인자에서 progressive 형

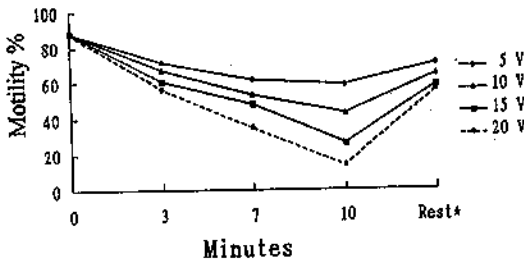


Fig. 3. Effect of voltage and electrical current duration on sperm motility. The motility of the sperm decreased significantly according to increasing volts and time, which showed a time-dependent and voltage-dependent decrease (n=25, p<0.01). However, sperm motility returned and was not significantly different 20 minutes after inducing electric current changes (p>0.05).

* Rest: 20 minutes rest at 37°C after inducing voltage changes.

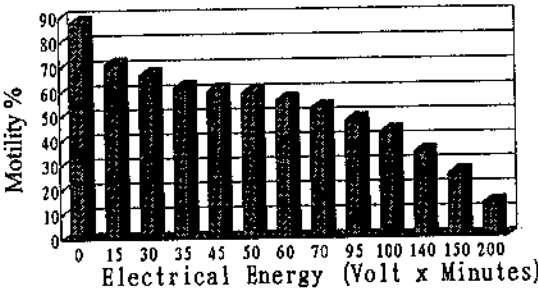


Fig. 4. Effect of electrical energy on sperm motility. The motility of the sperm decreased significantly according to increasing electrical energies (volt x duration)(n=25, p<0.01).

의 비율, rapid cell의 비율이 전압과 전압의 투여 시간에 비례하여 감소하였다 (Fig. 5, 6). 정자의 운동속도의 분포를 살펴본 결과, 일정한 전압에서 전압 투여시간이 증가함에 따라 rapid VD의 분포 (전압 투여 10volt시 0분; 66.72±9.75, 3분; 47.93±6.95, 7분; 36.20±7.71, 10분; 21.42±5.21%)는 유의있게 감소하였고 (p<0.01), static VD의 분포 (전압 투여 10volt시 0분; 12.02±5.75, 3분; 33.50±7.69, 7분; 47.33±10.71, 10분; 57.31±11.21%)는 유의있게 증가하였다 (p<0.01)(Fig. 5). 또한 일정한 전압 투여시간에서 전압이 증가함에 따라 rapid VD의 분포 (전압 투여시간 10분시 0volt; 66.21±7.75, 5volt; 35.70±6.95, 10volt; 21.18±8.69, 15volt; 4.12±2.17, 20 volt; 3.65±1.97%)도 유의있게 감소하였고 (p<0.01), static VD의 분포 (전압 투여시간 10분시 0volt; 12.02±4.25, 5volt; 41.50±8.95, 10volt; 62.30±9.69, 15volt; 81.32±12.17, 20 volt;

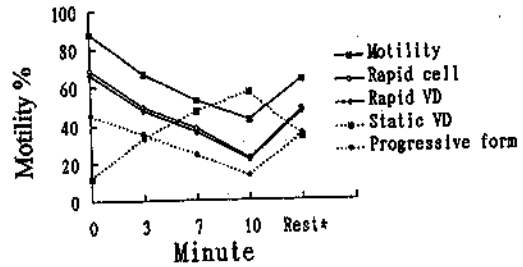


Fig. 5. Effect of electrical current duration on sperm motility at 10 volt. The motility of the sperm decreased significantly to increasing electric current duration and factors related to motility (distribution of progressive form and rapid velocity (rapid VD)) also decreased (n=25, p<0.01). The distribution of static velocity (static VD) increased (p<0.01). However, sperm motility returned and was not significantly different 20 minutes after inducing electric volts changes (p>0.05).

* Rest: 20 minutes rest at 37°C after inducing voltage changes.

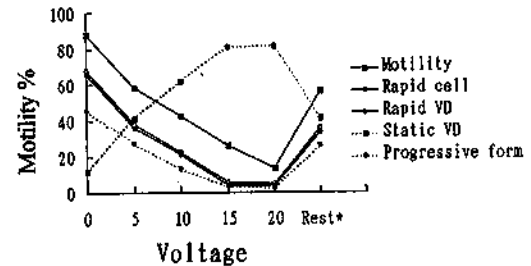


Fig. 6. Effect of electric volts on sperm motility for 10 minutes. The motility of the sperm decreased significantly to increasing volts and factors related to motility (distribution of progressive form and rapid velocity (rapid VD)) also decreased (n=25, p<0.01). The distribution of static velocity (static VD) increased (p<0.01). However, sperm motility returned and was not significantly different 20 minutes after inducing electric current changes (p>0.05).

* Rest: 20 minutes rest at 37°C after inducing voltage changes.

81.65±13.97%)는 유의있게 증가하였고 (p<0.01) (Fig. 6). Medium과 slow VD의 분포에는 통계학적 유의있는 차이가 관찰되지 않았다 (p>0.05). 전압변화실험을 실행한 검체를 37°C에서 20분간 안정상태를 유지하고 정액 검사를 시행한 결과, 실험전과 비교하여 정자의 운동성 및 운동성과 관련된 인자들의 변화가 원래의 상태수준과 유사하게 회복되었으며, 운동성의 유의있는 차이는 없었다 (p>0.05, Fig. 3, 5, 6). 정자의 모양을 나타내는 straightness, linearity, elongation, area 등

에는 특이한 변화가 관찰되지 않았다.

고 안

약 100년전 동물모델에서 정액을 채취할 목적으로 요추수의 신경을 자극하는 방법이 고안되었다. 이러한 방법은 여러 동물연구에 사용되었으며, Home 등²⁰에 의해 처음 척수장애인에 사용되었다. 척수장애인을 포함한 많은 사정장애환자에서 최근 많은 사용이 이루어져 정액채취는 성공적이거나, 아직까지도 제한적으로 사용되며, 낮은 임신율이 보고되고 있는 실정이다^{3,8}. Buch 및 Zom¹에 의하면 16명의 척수손상환자에서 전기자극 유도사정으로 채취한 사정액의 수태력 검사에서 25%는 정상수태력, 50%는 아수정능력, 25%는 불임중에 가까웠다고 보고하고 있으며, 이러한 관찰은 전기자극 유도사정액에 의한 임신율로 보고된 25-40%와 일치한다^{3,8}. 이러한 제한도나 낮은 임신율은 척수장애인을 포함한 사정장애환자에서의 전기자극 유도사정시에 정자가 낮은 운동성을 보이기 때문이라고 여기고 있는 보고들이 많다^{6,11,12,15}. Bennett 등의 보고⁶에 의하면 척수장애인에서 전기자극 유도사정을 시행한 결과 평균 정자의 운동성은 22%라고 보고하고 있으며, 실제 Lisenmeyer 등¹⁰은 생체의 실험에서 정자는 전류에 의해 운동성이 감소함을 보고하고 있다.

전기자극 유도사정 조작에 의하여 얻어진 정자에서 운동성이 감소되는 이유가 전기자극 유도사정 조작에 의한 것인지는 확실히 알 수 없다. 이는 사정이 복잡한 일련의 과정으로 이루어지고, 전기자극 유도사정을 시행하는 동안에 자극이 도달되는 부위가 다양하므로 임상적으로나 생체내 실험에서 확실한 단일 인자를 정확히 파악할 수는 없기 때문이다.

전기사정법으로 정액을 얻고자 할 때에 대부분 사인과 전기 자극을 전압 및 자극횟수를 조절하며 계속한다. 이 경우 주변 조직인 직장내의 온도가 39-40℃나 그 이상까지 올라가게 된다. 일반적인 전기생리의 법칙에 따르면 일정한 전압이나 전류의 상태에서 저항계수에 따라 열이 발생하게 된다. 살아 있는 세포는 전기에 노출시 대부분 저항에 의하여 발생하는 열에 의해 생리적 작용이 영향을 받으며, 또한 전압 및 전류 자체에 따라서도 그 생리적 작용에 영향을 받는다.

이에 전기자극 유도사정시 전기 전달사이의 매체에 따른 저항 때문에 열이 나타나며, 이러한 열에 의하여 조직 및 정자에 영향이 퍼칠 수 있다. 또한 교류 전기에 따른 직접적인 전압 및 자극횟수가 정자의 운동성에 영향을 줄 수 있으며, 실제 일부 보고에서도 전압 및 자극횟수에 따라 정자의 운동성이 영향을 받음이 보고되고 있다^{10, 12, 19}. 즉 전기자극 유도사정시에 정자가 배출되는 경로 및 정자에 체온 이상의 온도가 가해지고, 직접 전류가 가해짐으로써 정자의 운동성이 떨어질 가능성이 있으며, 많은 보고에서 전류 및 온도가 정자의 운동성에 영향을 미친다고 보고하고 있다.

본 연구의 결과 정자에 직접 온도를 올려 열을 가한 결과 온도의 상승에 따라 정자의 운동성은 감소하였으며, 이러한 변화는 열의존적으로 변하였다. 이러한 결과는 다른 생체의 실험의 결과와 일치하였으나, 온도의 변화를 주지 않고 안정된 상태로 유지한 결과 일부 원래의 상태로 회복되어, 의의있는 변화는 없었다. 이러한 온도에 따른 변화는 일시적인 현상임을 알 수 있었다. 실제 개 및 원숭이를 이용한 생체내 실험에서도 온도에 따라 정자의 변화는 나타나지 않았으며^{16, 21}, 일부 생체의 실험의 보고에서도 없는 것으로 나타나는 경우도 있다¹⁹. 이상으로 전기자극 유도사정시에 발생하는 열은 정자의 운동성에 영향을 미치나 일시적인 현상임을 알 수 있으며, 실제 임상적으로 전기자극 유도사정시 발생하는 온도의 변화는 전립선이나 정낭의 주변구조물들에 의하여 온도가 저하되므로 정자 자체에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 여겨진다.

Sikka 등¹⁹은 전기자극 유도사정의 정자는 온도의 변화시에는 운동성이 감소되지 않으나, 전기자극 유도사정시의 전류가 정자의 운동성에 영향을 주는 것으로 보고하고 있으며, 이러한 전류에 따른 정자의 운동성의 변화는 Lisenmeyer 등¹⁰에 의하여 관찰된 바 있다. 그러나 Witt 등²²은 생체의 실험에서 정자의 운동성에 영향을 주지 않음을 보고하고 있다. 본 연구에서도 정자에 직접 전압을 올려 전류를 가한 결과 전압의 상승에 따라 정자의 운동성은 감소하였다. 이러한 변화는 전압의존적으로, 또한 일정 전압하에서 전압의 투여시간이 길수록 정자의 운동성은 감소하였다. 그러나 이러한 정자의 변화는 온도의 변화에서와 마찬가지로 전압을 주지 않고 안정된 상

태로 유지한 결과 일부 원상태로 회복되어 의의 있는 변화는 없었다. 따라서 전압은 정자의 운동성에 영향을 미치나 이러한 변화는 일시적인 현상임을 알 수 있었다. 일부 개를 이용한 생체내 실험에서도 전압에 따라 정자의 운동성은 변화하지 않았다는 보고도 있으며¹⁶, 일부 생체의 실험보고에서도 전류에 따른 정자의 운동성 변화는 없는 것으로 나타나고 있다.^{22,23}

전기자극이나 열이 정자의 형태에 미치는 영향에 관한 실험에서 Sikka 등¹⁹은 전류나 온도가 정자의 형태에 영향을 주지 않는 것으로 보고하고 있으며, 본 연구에서도 조직학적 검사를 시행하지는 않았으나 컴퓨터정자분석기를 이용한 정액검사시 형태를 판단할 수 있는 소견들에서는 특이할 만한 변화가 관찰되지 않았다.

전기자극 유도사정에 의한 정자는 전기자극 유도사에 발생하는 전류나 온도에 운동성이 영향을 받으나 이러한 현상은 일시적인 현상으로 여겨지나, 척수손상환자의 전기자극 유도사정 정액의 소견에서 정자의 비정상과 더불어 정액 성상의 변화, 즉 낮은 과당 및 albumin과 고농도의 chloride 등이 보고되기도 한다²⁴. 본 실험에서는 Ham's F-10 배지를 보충하였기 때문에 실험이 생체내의 현상과는 일치하지 않으나, 척추장애인을 포함한 사정장애환자에서 정자의 운동성이 감소되어 있는 이유는 인위적 사정의 전기사정법의 직장소식자 조작시에 발생하는 전류 및 온도가 영향을 주는 것이 아니라, 전립선액의 정체, 고환의 온도 상승, 반복되는 요로감염, 고환 조직의 이상 소견, 호르몬의 변화, 항정자 항체, 만성적인 약물복용 및 방광의 처치 방법 등이 관여되는 것으로 여겨진다. Billupus 등²⁵은 쥐를 이용한 실험에서 하복부신경총을 절제한 결과 부고환에 정자의 정체가 길어져 이에 따라 정자의 운동성이 감소한다고 주장하고 있다. 따라서 Billupus 등의 결과에 의하면 자율신경계부조에 따라 사정장애 환자에서 정자의 낮은 운동성이 일부 야기됨을 알 수 있으며, 일부 보고에서는 척수 장애인의 경우 고환의 정자생성 자체에 문제가 있음을 보고하고 있다.

결론적으로 많은 보고들 중에서 일부에서는 전류와 온도가 정자의 운동성에 영향을 주는 것으로 보고되고 있고^{10,12}, 일부는 전류 및 온도가 정자의 운동성에 영향을 주지 않는다는 보고도 있으나^{16,22,23}, 이러한 결과의 차이는 실험 방법의

차이에서 기인한 것으로 여겨지며, 본 연구에서는 임상적으로 전기자극 유도사정시에 이용되는 전압이나 온도는 정자의 운동성에 영향을 미치나, 이러한 영향은 일시적인 현상으로 분석되었다. 따라서 사정장애환자에서 전기자극 유도사정시 정액이 채취되더라도 비교적 낮은 운동성이 관찰되는 원인은 전기자극 유도사정의 조작보다는 사정장애를 야기시키는 다른 질환, 또는 고환 자체 및 자율신경계의 생리, 혈관계의 생리 등 다른 교정가능한 요인에 초점을 맞추어 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

결 론

전기사정법 조작시에 발생하는 전압과 열이 정자에 직접 영향을 미치는지를 확인하기 위하여, 정상 정자 소견을 보이는 정액을 이용하여 생체외에서 임상적으로 전기자극 유도사정시에 이용되는 정도의 온도와 전압의 변화를 조작하여 정자의 운동성을 비교 관찰한 결과, 임상적으로 전기자극 유도사정시에 이용되는 전압이나 온도는 정자의 운동성에 영향을 미치나 이는 일시적인 현상으로 분석되었다. 따라서 척수손상환자를 비롯한 다양한 원인의 사정장애가 있는 환자에서 전기사정법에 의해 채취된 정액에서 정자의 운동성이 낮게 관찰되는 것은 전기사정법에 의하여 영향을 받았다기보다는 환자들 자체의 여러 다른 요인들에 의한 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Buch JP, Zorn BH. Evaluation and treatment of infertility in spinal cord injured men through rectal probe electroejaculation. *J Urol* 1993; 149: 1350-4.
2. 마상열. 사정불능환자에서의 인공사정법. 대한의학지 1993; 36: 1239-42.
3. Bennett CJ, Seager SWJ, McGuire EJ. Electroejaculation for recovery of semen after retroperitoneal lymph node dissection. *J Urol* 1987; 137: 513-5.
4. 정현직, 마상열. 사정불능 환자에서 전기사정법과 자궁내 인공수정에 의한 임신 경험. 대한비뇨 회지 1994; 35: 878-82.
5. Halstead LS, VerVoort SM, Seager SWJ. Rectal

- probe electrostimulation in the treatment of an ejaculatory spinal cord injured men. *Paraplegia*, 1986; 25: 120-9.
6. Bennett CJ, Seager SW, Vasher EA, McGuire EJ. Sexual dysfunction and electroejaculation in men with spinal cord injury: Review. *J Urol* 1988; 139: 453-7.
 7. Perkash I, Martin DE, Warner H, Speck V. Electroejaculation in spinal cord injury patients: simplified new equipment and technique. *J Urol* 1990; 143: 305-7.
 8. Rawicki HB, Hill S. Semen Retrieval in spinal cord injured men. *Paraplegia* 1991; 29: 443-6.
 9. Martin DE, Warner H, Crenshaw TL, Crenshaw RT, Shapiro CE, Perkash I. Initiation of erection and semen release by rectal probe electrostimulation (RPE). *J Urol* 1983; 129: 637-42.
 10. Linsenmeyer T, Wilmot C, Anderson RU. The effects of the electro-ejaculation procedure on sperm motility. *Paraplegia* 1989; 27: 465-9.
 11. Sikka SC, Hellstrom WJG. The application of pentoxifylline in the stimulation of sperm motion in men undergoing electroejaculation. *J Androl* 1991; 12: 165-70.
 12. Denil J, Ohl DA, Menge AC, Keller LM, McCabe M. Functional characteristics of sperm obtained by electroejaculation. *J Urol* 1992; 147: 69-72.
 13. Bors E, Comarr AE. Neurological disturbances of sexual function with special reference to 529 patients with spinal cord injury. *Urol Surv* 1960; 10: 191-222.
 14. Perkash I, Martin DE, Warner H, Blank MS, Collins DC. Reproductive biology of paraplegia: Results of semen collection, testicular biopsy and serum hormones evaluation. *J Urol* 1985; 134: 284-8.
 15. Brackett NL, Lynne CM, Weizman MS, Bloch WE, Abae M. Endocrine profiles and semen quality of spinal cord injured men. *J Urol* 1994; 151: 114-9.
 16. Ohl DA, Denil H, Cummins C, Menge A, Seager SWJ. Electroejaculation does not impair sperm motility in the beagle dog: A comparative study of electroejaculation and collection by artificial vagina. *J Urol* 1994; 152: 1034-7.
 17. Mahadeven MM, Trounson AO. The influence of seminal characteristics on the success rate of human in vitro fertilization. *Fertil Steril* 1984; 42: 400-5.
 18. Dahlberg B. Sperm motility in fertile men and males in infertile units: In vitro test. *Arch Androl* 1988; 20: 31-4.
 19. Sikka SC, Wang R, Kukuy E, Walker CF, Hellstrom WJG. The detrimental effects of electric current on normal human sperm. *J Androl* 1994; 15: 145-50.
 20. Horne MW, Paull DP, Monroe D. Fertility studies in the human male with traumatic injuries of the spinal cord and cauda equina. *N Engl J Med* 1948; 239: 959-61.
 21. Gould KG, Mann DR. Comparison of electrostimulation methods for semen recovery in the rhesus monkey. *J Med Primatol* 1988; 17: 95-103.
 22. Witt MA, Grantmyre JE, Lomas M, Richard J, Lipshultz LI. The effect on semen quality of the electrical current and heat generated during rectal probe electroejaculation. *J Urol* 1992; 147: 747-9.
 23. Honig S, Lomas M, Grossman S, Bassham B, Thompson S, Lipshultz LI. Functional characteristics of sperm after exposure to heat or electrical current generated using an in vitro electroejaculation model. *Fertil Steril* 1993; 60: 178-9.
 24. Hirsch IH, Jeyendran RS, Sedor J, Rosencrans RR, Staas WE. Biochemical analysis of 1991; 145: 73-6.
 25. Billupus KL, Tillman SL, Chang TS. Reduction of epididymal sperm motility after ablation of the inferior mesenteric plexus in the rat. *Fertil Steril* 1990; 53: 1076-82.