

# **Haarreduktionsbehandlung mit High Intensity Pulsed Light\* mit GEM\*\* Technologie**

## **Dr. Ezra H. Nuriel – Neutrino**

### **Abstract**

Active optical systems Ltd verfügt seit über 25 Jahre Erfahrungen im Bereich der Haarentfernung. Im Jahr 2000 wurde das erste Gerät auf den Markt gebracht, welches auf Lichtenergie basiert. Seither wurden zahlreiche Verbesserungen vorgenommen und heute stellt die Firma die Haarentfernungsgeräte Crystal-512 und Record-618 her. Diese Geräte basieren auf der patentierten GEM (Geometrisches Energie Management) Technologie von Active. Das Ziel dieser Studie ist es diese Technologie und ihre Anwendung in zwei verschiedenen Bereichen zu überprüfen: Effektivität der Behandlungen und potentielle Nebenwirkungen der Behandlung.

Diese Untersuchung wurde an 2992 Probanden unterschiedlichen Alters, Geschlecht, Haut- und Haarfarbe vorgenommen, um eine akkurate demographische Verteilung zu erhalten. Diese Studie wurde in einem Zeitraum von drei Jahren und an 73 unterschiedlichen Standorten durchgeführt, und ist unseres Wissens nach ist Sie eine der umfangreichsten seiner Art in diesem Bereich.

Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeiten der HIPL-GEM Technologie in beiden Bereichen.

### **Einleitung**

Frühere Untersuchungen (Anderson et Al) [4] haben gezeigt, dass ein Lichtblitz von hoher Intensität durch die Epidermis dringt und im Bereich des Haarbulbus absorbiert und assimiliert wird und als Inhibitor für den Follikel, durch kurzfristige Temperaturerhöhung und Agglutination (Erythrozytenverklumpung), agiert.

Folgende Bereiche des Follikels sind von Interesse:

**Dermale Papille** – Die Papille steuert die embryonale Entwicklung eines Haarfollikels und behält ihre regelnde Fähigkeit während des gesamten Lebens eines Haarfollikels bei. Sie besteht aus äußerst aktiven Gruppen von Zellen, welche die Follikelbildung von der Epidermis aus beginnen können und Haarfasern ausbilden.

Je größer die Papille ist und je mehr Zellen sie hat, desto dicker ist die Haarfaser, die der Follikel bildet.

**Basalmembran** – Die Basalmembran ist eine dünne Zellschicht, welche die Papille von den Haarschaftzellen trennt und dient als Barriere zwischen der Dermis und der Epidermis.

**Matrixzellen** – Die Zellen der Matrix liegen nahe der Papille und stammen von Zellen der Epidermes. Diese Zellen bleiben undifferenziert und sind in erster Linie auf die Vermehrung spezialisiert um andere (kortikale) Zellen auszubilden. Diese Kortex Zellen befinden sich im Zentrum des Follikels und wachsen als Teil der Haarfaser heraus.

**Kortexzellen** - Die Kortexzellen sind ein Teil der Matrix Zellen, die dazu bestimmt sind ein Teil der Haarfaser zu werden.

**Kapillaren** – kleine Blutgefäße die den Follikel mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgen und CO<sub>2</sub> und metabolische Abfallstoffe entsorgen.

Durch die Vermehrung, drückt der konstante Strom von neugebildeten Zellen diese nach oben an die Hautoberfläche. Während sie sich nach oben bewegen, fängt der Prozess der Differenzierung in bestimmte verschiedene Zellen an. Die Kortexzellen wechseln von einer runden in eine abgeflachte Erscheinung. Diese werden in Schichten (Lamina) eingeeengt. Wenn der Haarfollikel Melanozyten enthält, wird das Melanin in die Kortexzellen eingebettet. Diese Zellen werden keratinisiert und verhärtet. In dieser Phase sterben die Kortexzellen ab. Diese keratinisierten Zellen werden von der Bulbusregion weg nach oben geschoben, während sich darunter neue Zellen ausbilden. Diese Kortexzellen sind jetzt Teil einer toten keratinisierten Faser – das Haar welches nach außen wächst.

Wenn ein Lichtblitz durch die Epidermis dringt, wird das Licht in den Zellen adsorbiert

Je dunkler das Areal ist desto mehr Energie wird adsorbiert. Auf Bild 1 erkennt man, dass der dunkelste Bereich in den Matrixzellen liegt, die Melanin enthalten.

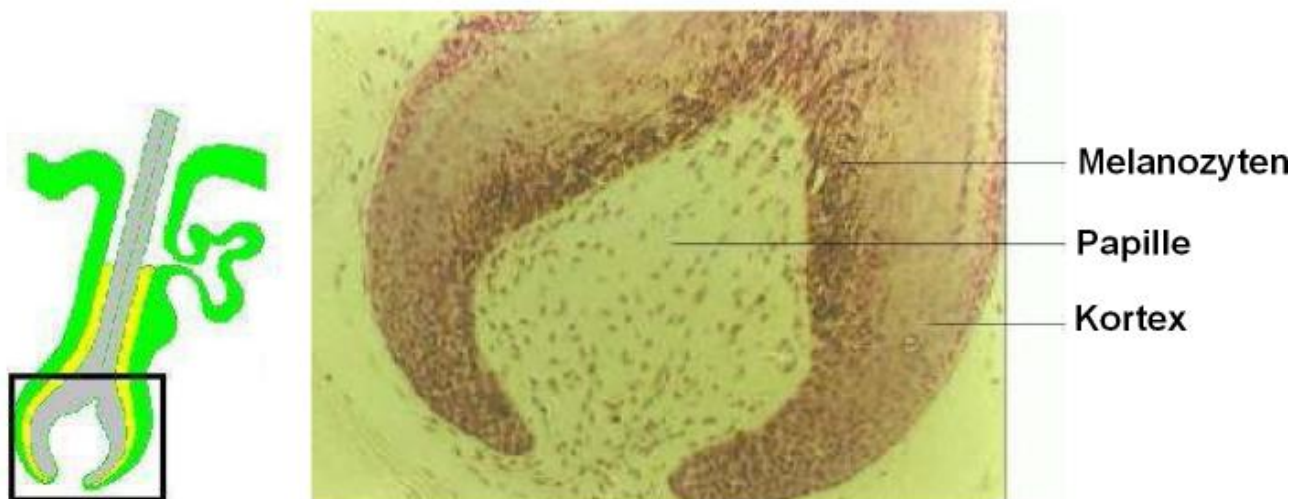


Bild 1: Follikelbulbus

Ein weiterer dunklerer Bereich sind die Kapillaren – insbesondere Kapillaren die venösem Blut führen. Dies erscheint wegen des Deoxyhämoglobins (ohne Sauerstoffbindung) dunkler.

Wenn ein starker Lichtblitz appliziert wird, koagulieren viele Matrixzellen und stellen ihre Funktion ein.

Nicht koagulierte Matrixzellen werden angeregt ihre Kalziumpumpen zu aktivieren. Gemäß Friedmann (1993) [19], setzt ein hoch intensiver Lichtpuls eine extreme Kalziumfreisetzung von den Mitochondrien ins Zytoplasma in Gang. Diese Hyperaktivität der Kalziumpumpen verbraucht den ATP-Speicher (Adenosin Tri-Phosphat – als Energiemolekül), welcher den Zellen entzogen wird. Der Zellmetabolismus wird eingeschränkt, was zur Folge hat, dass weniger Kortezellen und dadurch weniger (terminale) Haare oder dünnere Haare produziert werden.

Ein anderer Effekt des HIPL/GEM ist die Koagulation des venösen Blutes in den Kapillaren. Diese unterbindet die Blutversorgung zum Follikel und damit die Nährstoff- und Sauerstoffversorgung, was zu einem geringerem Haarwachstum führt.

Diese drei Effekte verursachen eine Haarreduktion bzw. Entfernung. Wobei die Koagulation die Hauptursache ist und die beiden anderen Effekte ebenfalls zu einem Haarverlust beitragen.

Active Optical Systems Ziel ist es eine 80 % Haarwuchs-Reduktion, gemäß der FDA-Definition ( 510(k)-Zulassung für dauerhafte Haarreduktion) zu erreichen.

90% des Haarwuchses finden in einer Region 3 mm unter der Hautoberfläche in der Dermis statt. Mit der HIPL/GEM Technologie wird die Energie in diesem Bereich fokussiert.

Um eine effektive Haarreduktion bzw. –Entfernung zu erzielen, muss eine hohe Energie auf die Haut appliziert werden. Zwei entgegen gesetzte Faktoren müssen für ein erfolgreiches Ergebnis berücksichtigt werden: Jeder Follikel muss geschädigt werden, aber das umgebende Gewebe insbesondere die Epidermis muss vor Beschädigungen geschützt werden.

Der Einsatz langer Lichtwellen (1100 nm), ist auf Grund seiner geringeren Streuung und größeren Eindringtiefe zur Reduzierung tiefliegender Haarwurzeln besser geeignet [5]. Die Verwendung eines breiten Lichtspektrums ermöglicht eine bessere „Energetisierung“ des Follikels [7]. Diese Technik zur Reduktion aller Arten von Haare (außer bei weißen) äußerst wirkungsvoll und liefert die nötige Energie um es zu reduzieren. Das Melanin kann durch die intensive Lichtquelle des sichtbaren Spektrums erreicht werden [4].

Haare wachsen in vier Zyklen. Die beste Zeit zur Behandlung des Follikel ist die erste Wachstumsphase – die Anagenphase. In dieser Phase liegt die größte Ansammlung von Melanin und die beste Blutversorgung vor, wodurch der Farbkontrast zwischen dem Follikel und der Umgebung am größten ist.

Die Behandlung in dieser Phase bietet die besten Voraussetzungen um die Haarwurzel zu zerstören.

Wenn die Zerstörung des Follikels in dieser Phase nicht erfolgt, wird der Wachstumszyklus fortgesetzt, bis eventuell wieder die Anagenphase erreicht wird. Die Dauer jedes Zyklus ist abhängig von der Körperstelle und variiert zwischen einigen Wochen bis zu Monaten.

Wenn Energie auf die Haut gelangt, müssen die Prinzipien der Photothermolyse und der thermischen Erholungszeit berücksichtigt werden [4,5]. Die Länge der thermischen Erholungszeit dient zur Bestimmung der thermischen Schäden durch die auf einen Bereich

abgegebene Energie in bestimmter Wellenlänge und Zeitperiode. Durch die richtige Kombination von Wellenlänge, Behandlungszeit und Energie ist es möglich den Haarfollikel zu erreichen, ohne die umgebende Haut zu schädigen. Unter Beachtung all dieser Faktoren konnte herausgefunden werden, dass Energie einer Lichtquelle in einem größeren Strahl, mit kurzer Dauer, hoher Intensität und geringer Wiederholung tieferes Eindringen und die Zerstörung des Follikel ermöglicht [16, 17, 18].

In dieser Untersuchung werden Möglichkeiten der HIPL\GEM-Technologie und ihre praktische Anwendung im Bereich der permanenten Haarreduzierung sowie deren Nebenwirkungen untersucht.

## **Materialien und Methoden**

Bei der Testreihe wurden zwei Geräte verwendet, das Crystal 515 mit einer Lebensdauer der Xenonlampe von mindestens 100.000 Lichtimpulsen und das Record 618 mit einer Lebensdauer der Xenonlampe von mindestens 200.000 Lichtimpulsen. Alle anderen technischen Daten sind gleich. Beide Maschinen arbeiten mit der HIPL\GEM-Technologie.

Die Geräte verfügen über ein CFS Zertifikat, erfüllen den medizinischen Sicherheitsstand IEC 60601-1, IEC 601-1-2 und den CSA Standard für Kanada und USA. Durch die technische Ausführung der Maschinen kann die abgegebene Energie auf eine präzise geometrische Fläche konzentriert und auf ein ausgewähltes Behandlungsziel gerichtet werden (Haarfollikel, Pigmentation, Gefäßschäden, Akne, Herpes, Hautverjüngung usw.).

Beide Geräte arbeiten mit einer Breitbandwellenlänge von 450 nm bis 1.100 nm, einer großen Behandlungsfläche von 15 x 50 mm und einer Impulsfolge von 3 bis 4 Sekunden. Die maximale Energieabgabe beträgt 22 J/cm<sup>2</sup>.

Zwölf vollautomatische Computerprogramme dienen der Behandlung nahezu aller Hauttypen und Haarfarben und regeln den jeweiligen Energieimpuls (J/cm<sup>2</sup>).

Während den durchgeführten Behandlungen kam es zu keiner Überhitzung im umliegenden Gewebe und waren diese schmerzfrei und effizient.

Die Testserie erfolgte in Israel, einem sonnigen Land, mit einer Bevölkerung mit unterschiedlichster Hautfärbung (Hautbräunung). Da Israel ein sehr sonniges Land ist, haben viele Menschen eine gebräunte Haut. Sonnengebräunte Haut erfordert geringere Behandlungsenergie, da diese mehr Energie absorbiert, wie das Melanin des Haarfollikels. Daraus kann gefolgert werden: Wenn die Geräte im sonnigen Israel gut funktionieren, dann werden diese in Ländern mit weniger Sonnenschein und kühlerem Wetter noch wesentlich bessere Resultate erzielen können.

Die Testreihe wurde mit 2992 Patienten durchgeführt, um ein glaubwürdiges und sicheres Resultat zu erzielen. Die Behandlungen erfolgten in 73 verschiedenen Kliniken, über einen Zeitraum von mehr als 3 Jahren, damit die Wirkung mit der FDA-Definition für Haarentfernung und Haarreduzierung verglichen werden konnte.

Ziel war es festzustellen ob mit den Geräten Crystal 512 und Record 618 tatsächlich eine permanente Haarreduktion von über 80% ohne nennenswerte Nebenwirkungen erreicht werden kann.

Während der Tests wurden alle Patienten gemäß den vom Hersteller vorgegebenen Richtlinien und Vorschriften behandelt. Sämtliche Behandlungen wurden aufgenommen und protokolliert, sowie die jeweiligen Einstellungen und Ergebnisse gesammelt. Der Behandlungsintervall und die Behandlungstärke wurden für jede Person speziell gewählt, abhängig von der Hautfarbe, dem Behandlungsbereich und dem Haartyp.

Die Empfindlichkeit jedes einzelnen Patienten wurde vorab geprüft damit die optimale Programmeinstellung am Gerät gefunden und verwendet werden konnte. Falls auf den zu behandelnden Hautregionen längere Haare vorhanden waren, wurden diese vorher abrasiert, um eine Energieabsorption durch das Haar auf der Haut zu vermeiden und eine direkte Energieableitung zum Haarfollikel zu erreichen. Um für jeden Patienten die richtige Programmeinstellung herauszufinden wurden zum Test einige Lichtimpulse auf eine unauffällige Körperstelle mit entsprechender Pigmentation abgegeben. Anfänglich mit geringer, später mit ansteigender Lichtenergie. Unerwünschte Nebenwirkungen wie Schmerzen, Juckreiz, Rötungen, Pigmentstörungen, Ödeme oder Blasenbildung sollte vermieden werden. Erst als die Programmstärke für jeden Einzelnen definiert war, wurde mit der eigentlichen Behandlung begonnen.

## **Ergebnisse**

Wie erwähnt wurden 2992 Personen mit den Geräten Crystal 512 und Record 618 behandelt. Jeder Patient wurde mit einem individuell voreingestellten Programm behandelt, abgestimmt auf seinen Haut- und Haartyp, Haarfarbe, Sensibilität und Behandlungsbereich.

Die Anwendung wurde auf vielen unterschiedlichen Körperstellen vorgenommen, ausgenommen der Augen, Brustwarzen und patientenabhängig empfindlichen Stellen. Die Anzahl der Anwendungen wurde durch mehrere Faktoren bestimmt, hauptsächlich aber durch den Hauttyp und die Haarfarbe.

Insgesamt wurden 27.763 Behandlungen vorgenommen, woraus sich ein Durchschnitt von 9,3 Behandlungen pro Person errechnet.

Wie auf Abbildung 2 klar erkennbar, konnte bei 77,17% oder 2309 Personen (siehe Abbildung 3) eine über 80%-ige permanente Haarreduzierung erreicht werden. Diese Patienten erhielten mehr als 10 Behandlungen.

Bei 9,19% oder 275 Personen wurde eine zumindest 70%-ige permanente Haarreduzierung erreicht (siehe Abbildung 2 und 3).

Bei lediglich 21 Patienten (siehe Abbildung 4) traten leichte Nebenwirkungen auf was einem Prozentsatz von 0,702 ergibt (siehe Abbildung 5) was vernachlässigbar ist. Bei 16 Patienten traten leichte Hautrötungen auf, 3 bekamen leichte Schwellungen mit extrem leichten Ödemen und 2 Personen verspürten einen Juckreiz. All diese Symptome verschwanden jedoch in 24 bis 48 Stunden nach der Behandlung.

Sämtliche Resultate wurden nach Beendigung der Behandlungen ausgewertet. Die ersten beiden Behandlungen wurden in einem Abstand von zwei Wochen vorgenommen. Jedes mal wurde die Behandlung ausgewertet. Die nachfolgenden Behandlungen wurden in Zeitabständen durchgeführt, die auf den individuellen Haarwachstumszyklus abgestimmt waren, bis die jeweiligen Erwartungen der Behandelten erfüllt waren.

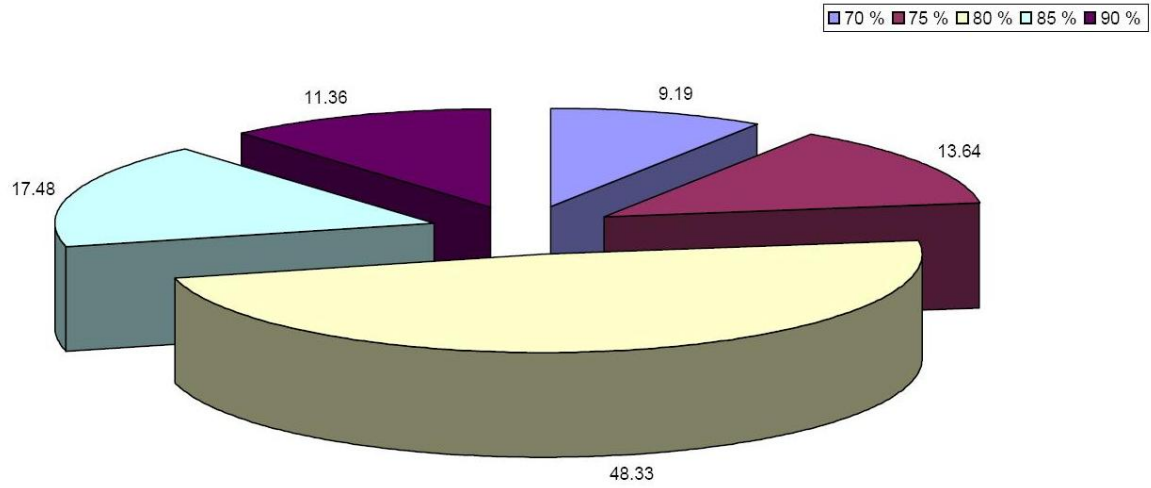


Abbildung 2: Behandlungsergebnis der Haarreduktion in %

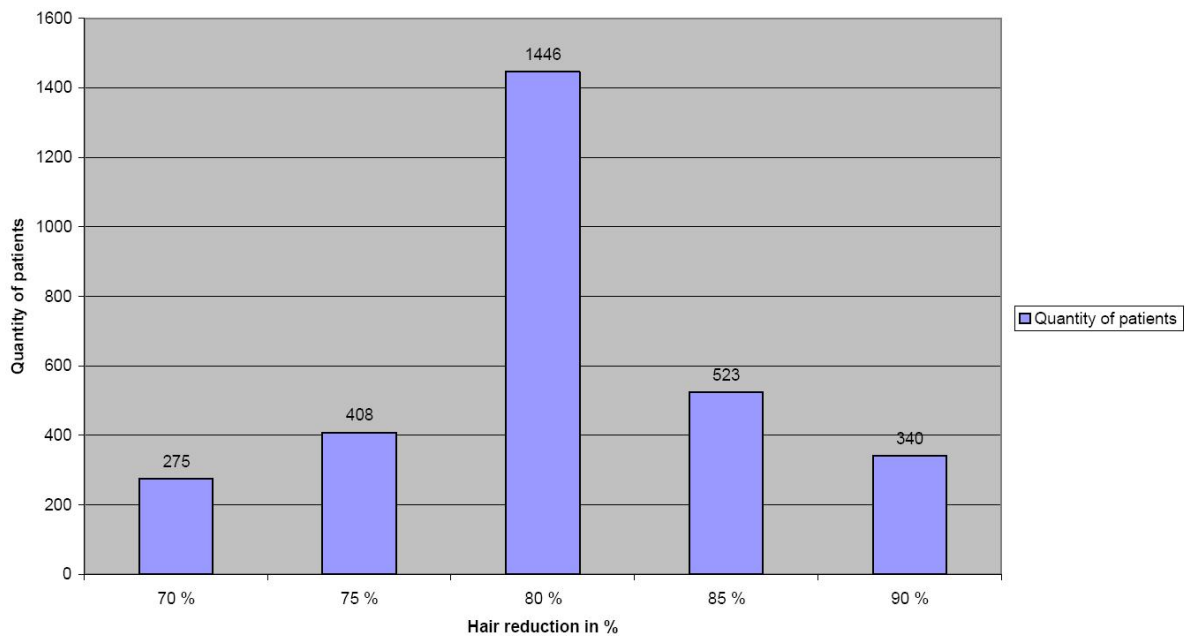


Abbildung 3: Einteilung der Patienten gemäß dem Behandlungsergebnis

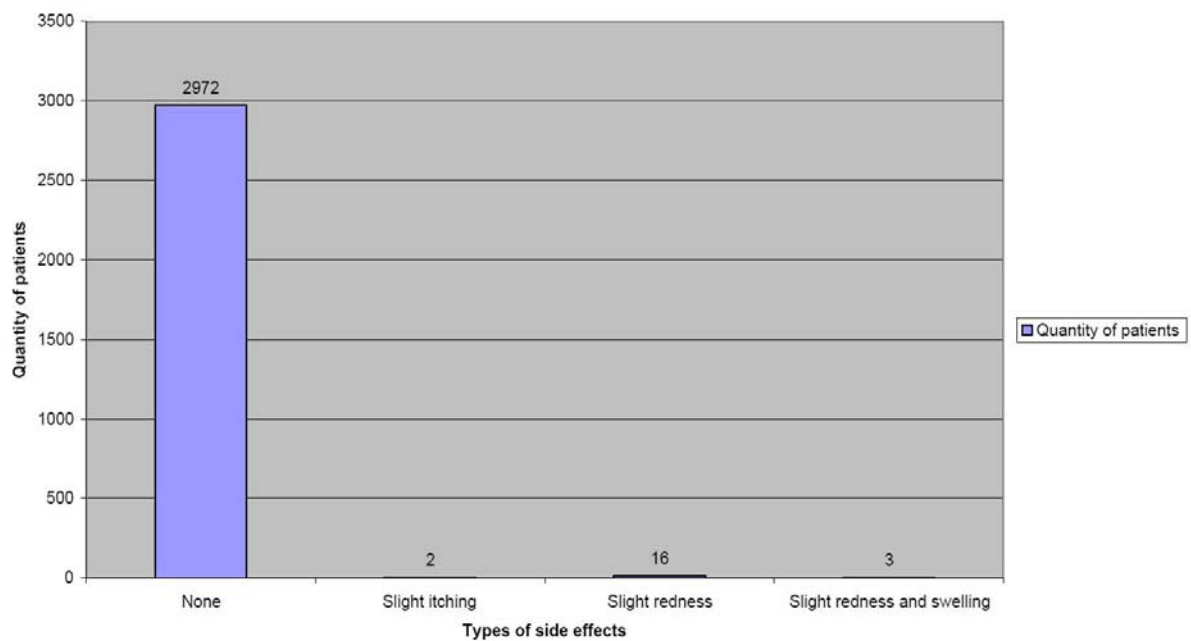


Abbildung 4: Verteilung der aufgetretenen Nebenwirkungen

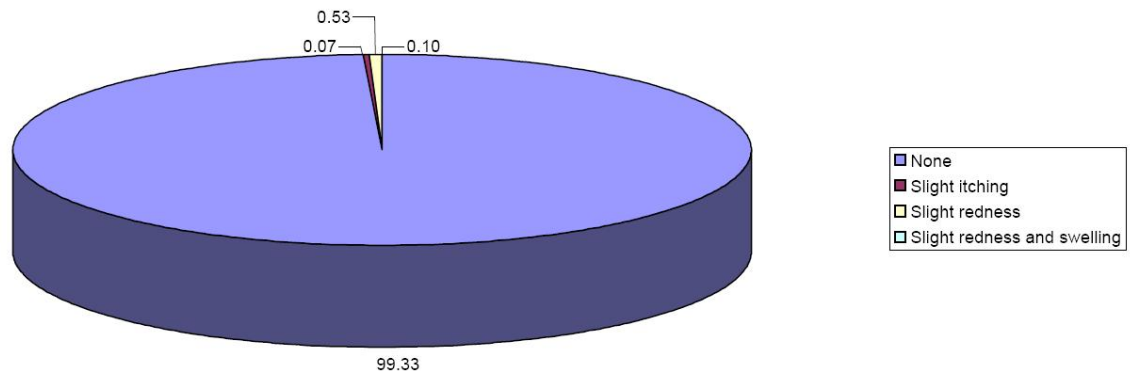


Abbildung 5: Arten der aufgetretenen Nebenwirkungen in %

## Diskussion

Gesichts- oder körperbedingte Hypertrichose (übermäßige geschlechtsspezifische Behaarung), ist für viele Frauen mehr als nur ein kosmetisches Problem und kann sogar zu psychischem Stress führen. Männliche wie weibliche Transsexuelle sind auf Grund von Hormonbehandlungen besonders betroffen.

Haarentfernung durch Rasur, elektrischer Epilation oder Wachs und andere chemische Mittel ist meist unbefriedigend und besonders bei chemischen Enthaarungsprodukten mit Risiken verbunden. Wie auch immer, bessere oder länger anhaltende Behandlungseffekte können durch Elektrolyse, Thermolyse oder gemischter Behandlung erreicht werden. All diese Methoden sind jedoch zeitaufwendig, ineffektiv, schmerzvoll und unangenehm. Einige Forscher beschreiben sogar chirurgische Methoden, die ein erhebliches Verletzungsrisiko mitführen.

In letzter Zeit hat sich die Behandlung von Hypertrichose durch hochintensives, pulsierendes, gebündeltes und ungebündeltes Licht als effektiv (zeitsparend) und zufriedenstellend (erfüllt die Versprechungen) erwiesen [1, 2, 3]. Die gezielte Photothermolyse schädigt nicht nur die pigmentierte Haarwurzel sondern auch deren umgebende Nährschicht. Die Gerinnung führt zur völligen Verkümmern der Haarwurzel.

Die Blitzlampe erzeugt ein intensives, pulsierendes „Nichtlaser-Licht“ mit einem breiten Wellenlängenspektrum (450-1100nm). Aufgrund der Wellenlängenvielfalt besteht auch die Möglichkeit zur Behandlung von Gefäßveränderungen, Pigmentflecken und anderer Hautveränderungen. Haarreduzierung mittels IPLBehandlung durch eine Blitzlampe mit Breitbandlichtspektrum bietet somit einen weiten Anwendungsbereich.

Durch die Programmauswahl wird die Abkühlzeit zwischen den abgegebenen Lichtimpulsen automatisch eingestellt. Wenn das individuelle Programm richtig gewählt wurde steigt die Temperatur im Haarfollikel über den Zerstörungspunkt, wobei die Temperatur im umgebenden Hautbereich tief genug bleibt um eine Schädigung zu vermeiden. Der vom Gerät abgegebene Lichtimpuls wird über eine Kristallfläche (Behandlungsfläche) übertragen. Diese wird auf die zu behandelnde Hautfläche aufgelegt. Durch Verwendung von Kühlgel wird eine Überhitzung der Epidermis verhindert.

Aus den oben wiedergegeben Behandlungsergebnissen ist eindeutig ersichtlich, dass die Kombination von HIPL\GEM Technology dieser Geräte die Herstellerangaben erfüllen.

Das Potential dieser Technologie und die Möglichkeit der verschiedenen Anwendungsbereiche ist ein großer Vorteil dieses Systems. Das Gerät ist auch

erfolgsversprechend bei der Behandlung von Pigmentflecken, Gefäßverletzungen, Hautverjüngung, Akne Vulgaris und Herpes Simplex [13, 14, 15].

Das Ergebnis dieser Studie zeigt eindeutig, dass die HIPL\GEM-Geräte dieses Herstellers sicher und effektiv bei der Haarreduzierung und Haarentfernung sind. Der Nachwuchs der Haare stellte sich ein und blieb während der Zeit der Nachuntersuchung von 36 Monaten stabil. Dies lässt vermuten, dass Haarfollikel dauerhaft geschädigt wurden, sodass sie ihre Aktivität und Wachstumsmöglichkeit nicht mehr wiedererlangen können. Diese war zumindest während des Beobachtungszeitraumes der Fall und sollte logischerweise so bleiben.

Historische Studien, unter anderem durch Dieric, lassen darauf schließen, dass eine langfristige klinische Haarreduzierung, durch die Verkleinerung von terminal zu vellusartigen Follikel und Verkümmern der Follikel erreicht wird [12]. Letzteres ist ausschlaggebend für die Reduktion der Anzahl der Haarwurzeln.

Unerhebliche Nebenwirkungen die während den Behandlungen auftraten waren gewöhnlich in sehr kurzer Zeit verschwunden.

Diese Studie repräsentiert eine große Anzahl von Testpersonen (2992) mit anschließender Langzeitbeobachtung. Die beachtliche Länge des Studienzeitraumes, mit dieser Vielzahl von Testpersonen belegt die Sicherheit und Effektivität dieser HIPL\GEM-Geräte zur permanenten Haarreduzierung.

## **Schlussfolgerung**

Die computergesteuerten Programme, die für die HIPL\GEM-Geräte genau ausgelegte Algorithmus und die Verwendung von intensivem Licht mit breitem Spektrum, ist eine sehr effektive Methode zur dauerhaften Haarreduzierung. Darüber hinaus demonstrieren die bei einer extremen Minderheit aufgetretenen Nebenwirkungen (die alle nach kurzer Zeit wieder vollkommen verschwanden) und der hohe Prozentsatz erfolgreicher Behandlungen die Sicherheit und Effizienz dieser Methode.



## Literaturnachweis

1. Wendy W. Lou et al, Prospective study of hair reduction by diode laser (800nm) with long term follow up, *Dermat. Surg.* 2000; 26:428-432
2. David J. Goldberg, Unwanted Hair: Evaluation and treatment with lasers and light source technology, *Advances in dermatology*, 1999; 14:115-140
3. Christian Raulin et al, Effective treatment of Hypertrichosis with pulsed light: a report of two cases, Center for dermatologic laser therapy, Karlsruhe Germany, 2000.
4. Anderson RR. Selective Photothermolysis: precise microsurgery by selective Absorption of pulse radiation, *Science* 1983;220:524-527
5. Anderson RR, Parrish JA: The optics of human skin, *J Invest Dermatol*, 1981; 77:13
6. Kvedar JC, et al, Hirsutism: Evaluation and treatment, *J Am Acad Dermatol* 1995;12:215
7. Bertolino PA et al: Biology of hair follicles, *Dermatology in General Medicine*, Ed 4, New York McGraw-Hill, 1993, pp289
8. Wagner RF, et al: Electrolysis and thermolysis for permanent hair removal, *J Am Acad Dermatol* 1985;12:441
9. Ferriman D, et al: Constitutional virilism, *BMJ*, 1957;2:1410
10. Watson RE, et al: Hirsutism: Evaluation and management, *J Gen Int Med* 1995; 10:283
11. Kligman AM: The human hair cycle. *J Invest Dermatol* 1959;33:307
12. Sun TT, et al: Hair follicular stem cells: The bulge activation hypothesis. *J Invest Dermatol* 1992; 96:775
13. Schroeter CA et al: Clinical significance of the intense pulsed light source on Leg telangiectasias up to 1 mm. *Eur J Dermatol* 1996;35:889-894
14. Goldman MP, et al. Photothermal sclerosis of leg veins. *Dermatol Surg* 1996;22:323-330
15. Raulin C, et al. Treatment of benign venous malformation with intense pulsed light source (PhotoDerm VL). *Eur J Dermatol* 1997;7:279-282
16. Gold MH, et al: Long term epilation using the EpiLight Broadband, intense Pulsed light hair removal system. *Dermatol Surg* 1997; 23:909
17. Grossman MC, et al: Damage to hair follicles by normal-mode ruby laser pulses. *J Am Acad Dermatol* 1996;35:889-894
18. Diericks C, et al: Long pulsed ruby laser hair removal. *Lasers Surg Med Supp* 1997;18:36A-37A
19. Lubart R, Friedmann H, Peled I, Grossmann N, Light effect on fibroblast proliferation. 1993; 5; 55-57.