



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προχωρημένη Αισθητική και Κοσμητολογία: Ανάπτυξη,
Ποιοτικός Έλεγχος και Ασφάλεια νέων καλλυντικών προϊόντων»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
«Ο ρόλος των Εστιασμένων Υπερήχων Υψηλής Ενέργειας (High
Intensity Focused Ultrasound, HIFU) και Ραδιοσυχνοτήτων (RF)
στη δερματική γήρανση»

Της

Αθηνάς Κωνσταντινίδου

212206

Παρουσιάστηκε για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την απονομή του
Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών στο Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών
του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Επιβλέπουσα: Δρ. Φ. Μπισκανάκη – Ακαδ. Υπότροφος ΠΑΔΑ

ΑΘΗΝΑ, 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF HEALTH AND CARE SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES



**Master of Science in
Advanced Aesthetics and Cosmetic Science: Development-Quality
Control and Safety of new cosmetic products**

**Master Thesis
“The role of High Intensity Focused Ultrasound (HIFU) and
Radiofrequency (RF) in skin aging”**

By

Athina Konstantinidou

212206

Presented for the partial fulfillment of the obligations for the award of the
Master's Degree in the Department of Biomedical Sciences
of the University of West Attica

Supervisor: Dr. F. Biskanaki – Academic Scholar, UNIWA

Athens, 2024

Τίτλος εργασίας

**«Ο ρόλος των Εστιασμένων Υπερήχων Υψηλής Ενέργειας
(High Intensity Focused Ultrasound, HIFU)
και Ραδιοσυχνοτήτων (RF) στη δερματική γήρανση»**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	ΜΠΙΣΚΑΝΑΚΗ ΦΩΤΕΙΝΗ	Ακαδ.Υπότροφος ΠΑΔΑ (Επιβλέπουσα)	
2.	ΚΕΦΑΛΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	Καθηγήτρια - Κοσμήτορας ΣΕΥΠ ΠΑΔΑ (Μέλος)	
3.	ΡΑΛΛΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ	Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΑΔΑ (Μέλος)	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αθηνά Κωνσταντινίδου του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 212206 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προχωρημένη Αισθητική και Κοσμητολογία: Ανάπτυξη, Ποιοτικός Έλεγχος και Ασφάλεια νέων καλλυντικών προϊόντων» του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**

Φ.Μπισκανάκη, Ακαδ. Υπότροφος



Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

(Υπογραφή)

Πνευματική ιδιοκτησία © 2024 Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © 2024 University of West Attica

All rights reserved

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

«Ο ρόλος των Εστιασμένων Υπερήχων Υψηλής Ενέργειας (High Intensity Focused Ultrasound, HIFU) και Ραδιοσυχνότητων (RF) στη δερματική γήρανση»

Αθηνά Κωνσταντινίδου

Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, 2024

Οι ραδιοσυχνότητες και οι εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής έντασης αποτελούν σχετικά καινούριες τεχνολογίες στο πεδίο της αισθητικής και της ιατρικής για την αντιμετώπιση της δερματικής χαλάρωσης, των ρυτίδων και τη μείωση του υποδόριου λίπους. Δεδομένου ότι πρόκειται για μη επεμβατικές θεραπείες με ελάχιστο χρόνο αποθεραπείας, παρατηρούν αυξημένη δημοτικότητα και συνεχή μελέτη για την εξέλιξή τους. Χρησιμοποιούνται επίσης συχνά εκτός εγκεκριμένων ενδείξεων για τη θεραπεία πολλών άλλων καταστάσεων όπως η ακμή, το μέλασμα, η υπεριδρωσία, οι ατροφικές και υπερτροφικές ουλές, η ροδόχρους νόσος, η ροδόχρους ακμή, η τριχίαση, η γυροειδής αλωπεκία, η ανδρογενετική αλωπεκία και ορισμένες αγγειακές βλάβες – ανάμεσα σε άλλα. Έχουν παρόλα αυτά συγκεκριμένες διαφορές και στη παρούσα διπλωματική εργασία ερευνήθηκαν και συγκρίθηκαν οι δύο θεραπείες. Εκτός από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων εφαρμογών των δύο τεχνολογιών μόνων τους, παρουσιάζονται συνδυασμοί με άλλες τεχνολογίες και ακόμη πρωτόκολλα με χρήση χημικών ουσιών, τοπικά ή με έγχυση. Στο τέλος της διπλωματικής εργασίας αναφέρονται άλλες μη επεμβατικές ή ελάχιστα επεμβατικές θεραπείες, οι οποίες είτε συνδυάζονται ήδη, είτε συστήνεται στους επαγγελματίες υγείας να συνδυάσουν σε πρωτόκολλα μαζί με τις ραδιοσυχνότητες και τους εστιασμένους υπέρηχους υψηλής έντασης και να καταγράψουν τα αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: δερματική γήρανση, ραδιοσυχνότητες, εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής ενέργειας, συνδυαστικές θεραπείες αισθητικής

ABSTRACT

The role of High Intensity Focused Ultrasound (HIFU) and Radiofrequency (RF) in skin aging

Athina Konstantinidou

Department of Biomedical Sciences

University of West Attica, 2024

Radiofrequency and high intensity focused ultrasound are relatively new technologies in the field of aesthetics and medicine for the treatment of skin laxity, wrinkles and the reduction of subcutaneous fat. Since these are non-invasive treatments with minimal downtime, they are seeing increased popularity and continuous study on their advancement. They are also often used off-label to treat multiple conditions such as acne, melasma, hyperhidrosis, atrophic and hypertrophic scars, rosacea, acne rosecea, trichiasis, alopecia areata and androgenetic alopecia and certain vascular lesions – amongst others. They nevertheless have specific differences and in this thesis the two treatments were researched and compared. In addition to presenting the results of applications of the two technologies as a monotherapy, combinations with other technologies will also be presented and even protocols with the use of chemical agents, topically or by injection. At the end of the thesis there are other non-invasive or minimally invasive treatments, which are either already combined or recommended to health professionals to combine in protocols with radiofrequency and high intensity focused ultrasound and document the results.

Keywords: skin aging, radiofrequency, high intensity focused ultrasound, combined aesthetic treatments

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου για τη κ. Αθανασία Βαρβαρέσου, Καθηγήτρια και Διευθύντρια του μεταπτυχιακού προγράμματος “ Προχωρημένη Αισθητική και Κοσμητολογία: Ανάπτυξη, Ποιοτικός Έλεγχος και Ασφάλεια νέων καλλυντικών προϊόντων”, τη κ. Βασιλική Κεφαλά Καθηγήτρια-Κοσμήτορα της ΣΕΥΠ και το κ. Ευστάθιο Ράλλη Αναπληρωτή Καθηγητή, που μου έδωσαν την ευκαιρία να συμμετάσχω στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών και που μου μεταλαμπάδευσαν τις γνώσεις τους σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο. Ευχαριστώ επίσης θερμά την επιβλέπουσά μου κ. Φωτεινή Μπισκανάκη που με επέλεξε να συνεργαστούμε σε αυτή τη διπλωματική εργασία, καθώς και για την βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφερε σε όλα τα χρόνια που την γνωρίζω. Τέλος, θα ήθελα να μοιραστώ την βαθιά εκτίμηση μου στο κ. Σπυρίδων Παπαγεωργίου Επίκουρο Καθηγητή και τη κ. Βασιλική Γαρδίκη Μέλος ΕΔΙΠ καθώς και όλα τα μέλη του διδακτικού ερευνητικού προσωπικού του Π.Μ.Σ.

Βιβλιογραφικό CV

Αθηνά Κωνσταντινίδου

Μεταπτυχιακός Τίτλος Σπουδών

«Προχωρημένη Αισθητική και Κοσμητολογία: Ανάπτυξη, Ποιοτικός Έλεγχος και Ασφάλεια νέων καλλυντικών προϊόντων»

Τίτλος	Αισθητικός Κοσμητολόγος
Επιστημονικό Πεδίο	Βιοϊατρικές επιστήμες, κατεύθυνση Αισθητικής & Κοσμητολογίας – Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Βιογραφικά Στοιχεία	Freelancer, L'Oréal (Yves Saint Laurent, Armani Beauty, Lancome) Αισθητικός, Medi Jeunesse Αισθητικός, Medical Anti-Aging Center (Dr Prinou) Καθηγήτρια, ΔΙΕΚ Μαρκοπούλου, ΔΙΕΚ Κηφισιάς, ΔΙΕΚ Μεταξουργίου Καθηγήτρια Αγγλικής Γλώσσας, Ιδιαίτερα μαθήματα
Προσωπικά Στοιχεία	Όνοματεπώνυμο: Αθηνά Κωνσταντινίδου Ηλ. Διεύθυνση: nina_kst@hotmail.com Τόπος γεννήσεως: Αθήνα

Εκπαίδευση

Πτυχίο τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, κατεύθυνση Αισθητικής & Κοσμητολογίας – Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Κάτοχος διδακτικής επάρκειας στην αγγλική γλώσσα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Κάτοχος Proficiency, University of Michigan

Κάτοχος B1, Goethe-Institut

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Προχωρημένη Αισθητική & Κοσμητολογία: Ανάπτυξη, Ποιοτικός έλεγχος και Ασφάλεια νέων καλλυντικών προϊόντων

Σεμινάριο Αισθητικής & Κοσμητολογίας, Algotherm

Εκπαίδευση στο laser Alexandrite Arion, Evomedica

Πανελλήνιο Συνέδριο Αισθητικής «45η Cosmoestetica – Αισθητική & Κοσμητολογία: Level up»

Ημερίδα «Έρευνα στην εκπαίδευση, στην κοσμητολογία και στην εργαστηριακή ιατρική», Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Πιστοποίηση e-learning course “ICH Good Clinical Practice E6 (R2)”, Global Health Training Centre

Εκπλήρωσε τις απαιτήσεις για το Μεταπτυχιακό Τίτλο Σπουδών «Προχωρημένη Αισθητική και Κοσμητολογία: Ανάπτυξη, Ποιοτικός Έλεγχος και Ασφάλεια νέων καλλυντικών προϊόντων» στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών, το ΜΑΡΤΙΟ, 2024.

ΕΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ: Φ.Μπισκανάκη, Ακαδ. Υπότροφος ΠΑΔΑ

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	iv
Ευχαριστίες	v
Βιβλιογραφικό CV	vi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΔΕΡΜΑΤΙΚΗ ΓΗΡΑΝΣΗ	3
2.1 ΚΟΛΛΑΓΟΝΟ	5
2.1.1 Παραγωγή Κολλαγόνου	5
2.1.2 Ταξινόμηση κολλαγόνου	6
2.1.3 Βιοσύνθεση Κολλαγόνου	7
2.2 ΕΛΑΣΤΙΝΗ	7
2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΗΡΑΝΣΗ	8
2.4 ΕΞΩΓΕΝΗΣ ΓΗΡΑΝΣΗ & ΦΩΤΟΓΗΡΑΝΣΗ	8
3. ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ – RF	9
3.1 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ	9
3.2 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	38
3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	44
3.4 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	46
3.4.1 Εξωτερικό RF μαζικής θέρμανσης	46
3.4.2 MRF	47
3.4.3 RFAL & Fractional MRF	48
3.4.4 Fractional micro-plasma RF	48
3.4.5 PRF	48
3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	48
3.5.1 Εξωτερικό RF μαζικής θέρμανσης	49
3.5.2 RFAL & MRF	49
3.5.3 RF & HIFU	49
3.5.4 RF & Υδροξυαπατίτης	51
4. ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – HIFU	53
4.1 ΟΙ ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ	53
4.2 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	61
4.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	64
4.4 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	67
4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	69
5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ RF & HIFU	71
6. ΑΛΛΕΣ ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ Ή ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΘΕΡΑΠΕΙΕΣ ΑΝΤΙΓΗΡΑΝΣΗΣ ..	72
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια εκδηλώνεται αυξημένο ενδιαφέρον για ασφαλείς και αποτελεσματικές μεθόδους μείωσης της δερματικής χαλάρωσης, της εμφάνισης των ρυτίδων και του ποσοστού λίπους, χωρίς να υπάρχει ανάγκη για χρόνο αποθεραπείας. Λιγότερος χρόνος ανάρρωσης, συνεπάγεται λιγότερο χρόνο απουσίας από την εργασία και τις κοινωνικές συναναστροφές. Οι θεραπείες ραδιοσυχνοτήτων (RF) και εστιασμένων υπερήχων υψηλής έντασης (HIFU) πληρούν όλα τα παραπάνω κριτήρια, για αυτό και έχουν αρχίσει να αναζητούνται από ανθρώπους διαφόρων ηλικιακών ομάδων, ακόμη και από δεκαοχτώ έως εικοσιπέντε ετών. Οι νέοι ιδιαίτερα, αισθάνονται πιο άνετα να μοιραστούν τις εμπειρίες τους γύρω από τις αισθητικές επεμβάσεις με τον κόσμο, τόσο στην πραγματική ζωή, όσο και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Το ενδιαφέρον αυτό βέβαια δεν είναι ανησυχητικό, εφόσον υπάρχει μία ευρεία γκάμα επιλογής θεραπειών που με την πρόοδο της τεχνολογίας, δεν είναι ούτε επώδυνες, ούτε επικίνδυνες, όταν εκτελούνται από έμπειρους επαγγελματίες υγείας. Ένα από τα πρότυπα ομορφιάς που αναζητούν οι γυναίκες ιδιαίτερα, είναι το τρίγωνο του Yarbus, το οποίο διέρχεται από τα δύο μάτια με την κορυφή στο πιγούνι. Το τρίγωνο αυτό ωστόσο τείνει να αναστρέφεται με την πάροδο του χρόνου λόγω της οστικής απορρόφησης, της απώλειας λίπους και της απώλειας ελαστικότητας του δέρματος. Οι τροποποιήσεις του σχήματος του προσώπου λόγω γήρανσης και απώλειας του συνδετικού ιστού μειώνουν την αυτοεκτίμηση και την ανταγωνιστικότητα. [136] Παράλληλα, μέσω της συχνής λήψης φωτογραφιών δημιουργούνται όλο και περισσότερες ανησυχίες στις νέες γενιές, σχετικά με ποικίλα αισθητικά προβλήματα προσώπου και σώματος, τα οποία διακρίνουν ευκολότερα συγκριτικά με το παρελθόν. Επίσης, για πρώτη φορά στην ιστορία, λόγω των διαδικτυακών κλήσεων και συσκέψεων, οι άνθρωποι μιλάνε σε κόσμο κοιτάζοντας παράλληλα τον εαυτό τους. Το γεγονός αυτό της τελευταίας δεκαετίας, συνδυασμένο με τον χρόνο που περνούν πολλά άτομα στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης ή σε άλλα μέρη όπου μπορεί να εκτίθεται κάποιος σε επεξεργασμένες για την αισθητική βελτίωση εικόνες άλλων ατόμων, ωθεί πολύ κόσμο να επισκεφθεί αισθητικούς, δερματολόγους και πλαστικούς χειρουργούς. Όσον αφορά την γήρανση, η οποία απασχολεί ιδιαίτερα τον δυτικό πολιτισμό μαζί με την ομορφιά και την εξωτερική εμφάνιση, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επιδρούν σε αυτή, οι οποίοι θα αναλυθούν και συνοπτικά πιο κάτω, σίγουρα όμως κύρια φαινόμενα που συμβάλλουν όπως η περιβαλλοντική ρύπανση, η έλλειψη άσκησης και η κακή διατροφή, είναι ιδιαίτερα έντονα στις σημερινές κοινωνίες. Έχει αποδειχθεί πως η έκθεση του δέρματος σε αιθάλη, μπορεί να

αυξήσει τις ρυτίδες και να οδηγήσει σε πιο εμφανείς κηλίδες μελάγχρωσης. [106] Επιπροσθέτως, πολλοί άνθρωποι ξοδεύουν αρκετό χρόνο στα κινητά τους τηλέφωνα, μία κατάσταση η οποία πέραν του ότι δεν είναι ευνοϊκή για την υγεία, έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση φαινομένων όπως το “tech neck”, ήτοι την δημιουργία οριζόντιων ρυτίδων στην περιοχή του λαιμού. Εφαρμόζοντας τις θεραπείες RF και HIFU, εκτός από τα σημάδια γήρανσης, μπορούμε να στοχεύσουμε επιπλέον και στο τοπικό πάχος, το οποίο παρατηρείται σε όλες τις ηλικίες, ανεξάρτητα από την άσκηση ή και την σωστή διατροφή που μπορεί να υιοθετεί ένα άτομο. Το μικρό κόστος των θεραπειών συγκριτικά με τις χειρουργικές επεμβάσεις, καθιστά τις σύγχρονες θεραπείες προσιτές, ειδικά όταν σε πολλές περιπτώσεις το αποτέλεσμα είναι εμφανές από τις πρώτες, ή και από την πρώτη μόλις θεραπεία. [44], [121], [162], [165] Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να εξετάσει σε τι βαθμό έχουν τη δυνατότητα οι θεραπείες με RF και HIFU να επιφέρουν θετικές αλλαγές στην εμφάνιση του δέρματος, όπου με την πρόκληση ελεγχόμενης θερμικής βλάβης μπορούν να προκαλέσουν φυσιολογικές τροποποιήσεις στον ανθρώπινο ιστό με αποτελέσματα νεοκολλαγένεσης και νεοελαστογένεσης, οδηγώντας στην σύσφιξη του δέρματος. [107] Θα αναφερθούν επίσης οι διαφορές που έχουν ως τεχνολογίες, καθώς επίσης και τα διαφορετικά θεραπευτικά αποτελέσματα που μπορούν να επιφέρουν. Στο τέλος της διπλωματικής αναφέρονται άλλες μη επεμβατικές ή ελάχιστα επεμβατικές θεραπείες, οι οποίες συνδυάζονται ή θα μπορούσαν να συνδυαστούν μαζί με το RF και το HIFU σε πρωτόκολλα αντιγήρανσης.

2. ΔΕΡΜΑΤΙΚΗ ΓΗΡΑΝΣΗ

Το δέρμα είναι πολλά περισσότερα από “το εξωτερικό κάλυμμα που μας περιβάλλει”. Αποτελεί το μεγαλύτερο όργανο του ανθρώπινου σώματος, το οποίο δεν του επιτρέπει να αποξηραθεί, ελαχιστοποιεί δηλαδή την διαδερμική απώλεια νερού, προστατεύει από μολύνσεις παθογόνων [2], είναι μεταβολικά ενεργό, συμβάλλει στη θερμορύθμιση, στη σύνθεση της βιταμίνης D, παρέχει προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, βοηθά συνεργικά με τις νευρικές απολήξεις στην αίσθηση της αφής και μαζί με τα νύχια, τις τρίχες και τους αδένες, απαρτίζουν το καλυπτήριο σύστημα του ανθρώπινου σώματος. [3], [67]

Η συμπληρωματική εξέλιξη της βιολογικής γήρανσης με τη φωτογήρανση αποδυναμώνουν τη δομή και τις λειτουργίες του. Οι κύριες αλλαγές που παρατηρούνται με το πέρασμα των χρόνων στο πρόσωπο, είναι η μείωση στον μυϊκό, τον λιπώδη ιστό και την οστική πυκνότητα [56]. Οι δυναμικές ρυτίδες, δηλαδή εκείνες που σχηματίζονται όταν γίνεται κάποια έκφραση προσώπου, μετατρέπονται σε στατικές, μόνιμες ρυτίδες, ακόμα και σε ηρεμία προσώπου. Ξεκινά η πτώση των φρυδιών, συγκεκριμένα του πλάγιου τρίτου του φρυδιού, εξαιτίας της χαλάρωσης του συνδετικού ιστού, του δέρματος και του μετωπιαίου μυός και χωρίς θεραπεία το πρόβλημα επεκτείνεται και στα υπόλοιπα δύο τρίτα. [84] Τα χείλη λεπταίνουν [4] λόγω της μείωσης παραγωγής κολλαγόνου και ελαστίνης, το δέρμα ατροφεί [5], χάνει την ελαστικότητα και τη λάμψη του και από κυρτό γίνεται κοίλο. Εμφανίζονται κηλίδες, αγγειακές βλάβες, λεπτές γραμμές και ρυτίδες. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί παροξυσμικό ερύθημα του προσώπου, λαιμού και ντεκολτέ. [90] Και ενώ η επιδερμίδα παχαίνει, ταυτόχρονα χάνει την συνοχή της και τη δυνατότητά της να συγκρατεί τόσο καλά το νερό, διότι της λείπουν οι απαραίτητες ουσίες ώστε να το επιτύχει αυτό. [6] Επιπροσθέτως, παρατηρείται δυσλειτουργία και μείωση του επιδερμικού φραγμού. [5] Στην επιδερμίδα, η οποία αποτελείται στο 80% από κερατινοκύτταρα και ανανεώνεται φυσιολογικά κάθε 30-40 μέρες, λαμβάνει χώρα μια διαδικασία κυτταρικής ανανέωσης (cellular turnover), όπου τα παλιά ή καταστραμμένα κύτταρα αντικαθίστανται από νέα. Αυτή η διαδικασία, όσο αυξάνεται η ηλικία ενός ανθρώπου, τόσο καθυστερεί να πραγματοποιηθεί [95] και γίνεται λιγότερο αποτελεσματικά. Η κυτταρική αντικατάσταση είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση μιας υγιούς και νεανικής εμφάνισης, διότι μέσω αυτής αποκαθίστανται οι βλάβες, προάγεται η επούλωση και διατηρείται ο δερματικός φραγμός. Όταν τα νεκρά κύτταρα παραμένουν για περισσότερο χρόνο πάνω στο δέρμα, το κάνουν θαμπό, σκληρό και με πιο ανομοιόμορφο τόνο.

Έκθεση στον ήλιο, κληρονομικότητα, κακή διατροφή, έλλειψη φυσικής δραστηριότητας και επαρκούς ύπνου, [8] ρύπανση του αέρα σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, κάπνισμα, ανεπαρκής κατανάλωση νερού, ψυχολογικό stress, εκφράσεις και μορφασμοί ή αντανακλαστικές κινήσεις από συνήθειες του ανθρώπου όπως για παράδειγμα η αμέλεια της προστασίας των ματιών με γυαλιά από τον ήλιο, ορμονικές αλλαγές - συγκεκριμένα η μείωση του οιστρογόνου και της δεϋδροεπιανδροστερόνης (DHEA), ανάμεσα σε άλλες ορμόνες, έχουν καταλυτικό ρόλο στην γήρανση και την κακή εμφάνιση του δέρματος. [9], [10], [11] Για την ακρίβεια σε μελέτη με διακόσιους ογδόντα υγιείς ηλικιωμένους, φάνηκε βελτίωση της κατάστασης του δέρματος από άποψη ενυδάτωσης, επιδερμικού πάχους, χρώσης και παραγωγής σμήγματος με τη λήψη DHEA. [12] Μελέτες σε ποντίκια έχουν δείξει ότι οι ορμόνες αυξάνουν την πρωτεϊνσύνθεση, την έκφραση των γονιδίων, ενισχύουν τον μεταβολισμό, την ανάπτυξη και την λειτουργία οργάνων και ιστών. [13] Κατά την εμμηνόπαυση το δέρμα αρχίζει και χάνει την ελαστικότητά του και χαλαρώνει η περιτονία [56], δηλαδή τα επίπεδα συμπαγή στρώματα συνδετικού ιστού που ενώνουν και συγκρατούν τους μύες, τους τένοντες και τις αρθρώσεις [57]. Για αυτό παρατηρούμε ένα νεανικό πρόσωπο από σχήμα οβάλ ή σχήμα καρδιάς, με ομοιόμορφα κατανομημένο λίπος και που είναι σε θέση να κρατά το βάρος του ψηλά, με το πέρασμα των χρόνων να “βαραίνει” χαμηλά και να μετατρέπεται σε ένα πιο ορθογώνιο σχήμα. Επίσης, με τη μείωση οιστρογόνων στον οργανισμό έχει φανεί πως μειώνεται η ενζυμική δραστηριότητα των μεταλλοπρωτεϊνών της μήτρας, έτσι το κολλαγόνο, η λαμινίνη, οι πρωτεογλυκάνες και άλλες πρωτεΐνες της εξωκυττάριας μήτρας οδηγούνται σε αποδόμηση. Συγκεκριμένα, η μείωση στο οιστρογόνο και την προγεστερόνη ξεκινά κατά τη διάρκεια της περιεμμηνόπαυσης, [90] της περιόδου δηλαδή πριν έρθει η εμμηνόπαυση, όπου κατά την εμμηνόπαυση πλέον, λόγω έλλειψης οιστρογόνων δεν παράγονται καθόλου ωάρια από τις ωοθήκες. Τα οιστρογόνα εκτός από τη συμβολή τους στην παραγωγή κολλαγόνου, παίζουν επίσης ρόλο στην ενυδάτωση του δέρματος, συνεπώς με τη μείωση τους στην περιεμμηνόπαυση και την εμμηνόπαυση είναι φυσικό το δέρμα να υπόκειται σε δομικές αλλαγές. Η 17-β οιστροδιόλη, κύρια γυναικεία ορμόνη φύλου, δρα προστατευτικά στα κερατινοκύτταρα και τους ινοβλάστες, οπότε η μείωσή της σε συνδυασμό με το οξειδωτικό στρες, κάνουν το δέρμα ξηρό. Οι αλλαγές που παρατηρούνται είναι η μείωση στην παραγωγή κολλαγόνου, στην λειτουργία των ινοβλαστών, την ελαστίνη και την αγγείωση. Εκτός την επίδραση της γήρανσης στο αγγειακό σύστημα, η γήρανση επηρεάζει και την ομοιόσταση του υποδόριου λίπους. [95] Τέλος, στην αφυδάτωση του δέρματος οδηγεί επίσης και ο μειωμένος αριθμός των ιδιαίτερα υγροσκοπικών γλυκοζαμινογλυκανών. [90] Οι γλυκοζαμινογλυκάνες παίζουν καθοριστικό

ρόλο στην απορρόφηση του νερού από το δέρμα, συνεπώς με τη μείωσή τους χάνεται σταδιακά η υγρασία του. [106]

2.1 ΚΟΛΛΑΓΟΝΟ

2.1.1 Παραγωγή Κολλαγόνου

Το κολλαγόνο απαντά στο δέρμα, τα κύτταρα της τρίχας, τα νύχια, τα κόκαλα, τους συνδετικούς ιστούς και τους τένοντες. [14] Η προέλευση του είναι από την ελληνική λέξη “κόλλα”, διότι η δομή του, η οποία έχει συνήθως το σχήμα ινών, επιτελεί αυτήν ακριβώς την λειτουργία, παρέχοντας δομική στήριξη στον εξωκυττάριο χώρο των συνδετικών ιστών. Στο χόριο συναντάμε κολλαγόνο τύπου I & III και οι ίνες του αποτελούν το 70-80% της μάζας του. [66] Η επιδερμίδα ενώνεται με το χόριο στη βασική μεμβράνη, με καταδύσεις της επιδερμίδας στο χόριο και αναδύσεις του χορίου στην επιδερμίδα. Εκεί με μικροσκόπιο θα παρατηρήσουμε δύο πέταλα, το διαυγές και το πυκνό. Το διαυγές εφάπτεται με την βασική στοιβάδα και το πυκνό με το χόριο. Η σύνδεση αυτή στο πυκνό πέταλο επιτυγχάνεται από την πληθώρα ινιδίων κολλαγόνου. [69]

Παλαιότερα θεωρούταν ότι το κολλαγόνο παράγεται μόνο από τους ινοβλάστες στον συνδετικό ιστό, όμως μέχρι σήμερα έχουμε ανακαλύψει ότι μπορούν να επιτελέσουν την ίδια λειτουργία και αρκετά επιθηλιακά κύτταρα. [15], [16] Οι ινοβλάστες είναι μια ποικιλόμορφη ομάδα κυττάρων που χρησιμοποιούνται από διάφορους ιστούς και όργανα για την υποστήριξη της ομοιοστατικής λειτουργίας των ιστών. Κατέχουν διαφορετικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά ανάλογα με τη θέση τους στο σώμα και τον συγκεκριμένο ιστό στον οποίο κατοικούν. [55] Οι δερματικοί ινοβλάστες παράγουν το κολλαγόνο τύπου I & III στο δέρμα.

Με την εσωτερική γήρανση του δέρματος, ο ρυθμός σύνθεσης του κολλαγόνου μειώνεται και ο ρυθμός αποδόμησής του αυξάνεται. [104] Μετά την ηλικία των είκοσι με εικοσιπέντε ετών η παραγωγή του μειώνεται περίπου κατά 1.5% με το πέρασμα κάθε έτους. Επιπροσθέτως, με την φυσική διαδικασία της γήρανσης αυξάνεται η παρατήρηση του φαινομένου της γλυκοζυλίωσης. Η γλυκοζυλίωση είναι η μη ενζυματική τροποποίηση των πρωτεϊνών (συνήθως του αμινοξέως της λυσίνης), των λιπιδίων και των νουκλεϊκών οξέων από την γλυκόζη και παρατηρείται επίσης στον διαβήτη, συγκεκριμένα σε συνθήκες υπεργλυκαιμίας.

Τα παράγωγά της ονομάζονται τελικά προϊόντα προχωρημένης γλυκοζυλίωσης (AGE's). [71] Όταν η γλυκοζυλίωση συμβαίνει σε δομικές πρωτεΐνες, οι μεμονωμένες πρωτεΐνες οδηγούνται στον σχηματισμό διασταυρούμενων συνδέσεων μεταξύ τους και το αποτέλεσμα είναι η μείωση της ελαστικότητας των ιστών. Γλυκοζυλίωση μπορεί να υποστεί και η δομική πρωτεΐνη του κολλαγόνου και αυτό μπορεί να επηρεάσει την λειτουργία του.

Κατά την γήρανση επίσης κατακερματίζεται σταδιακά η εξωκυττάρια μήτρα του κολλαγόνου, η οποία προσδίδει αντοχή και ελαστικότητα στον κύριο όγκο του δέρματος, έτσι επηρεάζονται δυσμενώς οι μηχανικές ιδιότητες αυτού, όπως επίσης και οι λειτουργίες των δερματικών κυττάρων.

Οι αλλαγές περιλαμβάνουν τόσο την ενζυμική αποδόμηση όσο και τη μειωμένη de novo σύνθεση του κολλαγόνου, οι οποίες προκαλούν πρόωρη γήρανση του δέρματος.

Επιπλέον, η επαγόμενη από την υπεριώδη ακτινοβολία αναδιαμόρφωση της εξωκυτταρικής μήτρας, επηρεάζει έντονα τους κυτταρικούς φαινότυπους, όπως η αναγεννητική ικανότητα των δερματικών ινοβλαστών. [97]

Μετά από μελέτη, που εξέτασε την παρουσία και τη δομή του κολλαγόνου σε υγιείς ιστούς, ιστούς με γήρανση και παθολογικούς ιστούς (όπως μη μελανωματικών καρκίνων, προκαρκινικών αλλοιώσεων και καλοήθων δερματικών αλλοιώσεων), φάνηκε, ύστερα από χρώση ανοσοϊστοχημείας, ότι, στην πρώτη κατηγορία η έκφραση του κολλαγόνου τύπου I ήταν ομοιόμορφη μαζί με το χόριο, στην δεύτερη κατηγορία ασθενέστερη με μειωμένη ομοιογένεια και, στην τρίτη κατηγορία λίγο ασθενέστερη συγκριτικά με τη δεύτερη σε όλα τα μέρη του σώματος, με ακόμη πιο ασθενή έκφραση κάτω από τις αλλοιώσεις. [139]

Κατά τη διάρκεια της εμμηνόπαυσης, ο αντίκτυπος του υποοιστρογονισμού στο δέρμα εκδηλώνεται με μείωση της περιεκτικότητας σε υδροξυπρολίνη του κολλαγόνου τύπου I, καθώς μείωση του αριθμού των ανώριμων σταυροδεσμών του κολλαγόνου. [90]

2.1.2 Ταξινόμηση κολλαγόνου

Στον άνθρωπο και στα σπονδυλωτά γενικότερα, συναντάμε τριάντα τύπους κολλαγόνου, με τους τύπους I-IV να απαρτίζουν το ανθρώπινο σώμα σε ποσοστό πάνω από 90%. Ο τύπος I αποτελεί και την πρωτεΐνη που υπάρχει σε μεγαλύτερη αφθονία στο ανθρώπινο σώμα. [70] Το κολλαγόνο ταξινομείται ανάλογα με το αν είναι ινώδες, δηλαδή με μορφή επιμήκης ίνας,

ή μη ινώδες σε δύο κατηγορίες. Τα ινώδη κολλαγόνα είναι τα I, II, III, V, XI, XXIV, XXVII. [18]

Τα μη ινώδη είναι τα IV, VI, VIII, IX, X, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XXIX. [17]

2.1.3 Βιοσύνθεση Κολλαγόνου

Το κολλαγόνο είναι μία πρωτεΐνη, συγκεκριμένα, μόρια πρωτεϊνών, τα οποία απαρτίζονται από αμινοξέα. [14] Βιοσυντίθεται από τους ινοβλάστες υπό τη μορφή μίας πρόδρομης ένωσης, το προκολλαγόνο και σχηματίζει μία τριπλή έλικα από πολυπεπτιδικές αλυσίδες, όπου η κάθε μία έχει μήκος περίπου χιλίων καταλοίπων, με την γλυκίνη να εμφανίζεται ανά τρία κατάλοιπα στην αλληλουχία των αμινοξέων. [118] Για τη δημιουργία λειτουργικών μορίων κολλαγόνου απαιτούνται διάφορες ενδοκυτταρικές και εξωκυτταρικές τροποποιήσεις, με τις ενδοκυτταρικές μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις των καταλοίπων προλίνης και λυσίνης να παίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή. [117]

2.2 ΕΛΑΣΤΙΝΗ

Η ελαστίνη είναι μια πρωτεΐνη, που περιέχει 80-95% μη πολικά υδρόφοβα αμινοξέα, όπως η αλανίνη, η βαλίνη, η λευκίνη και η ισολευκίνη. Αποτελεί το 1-5% του βάρους του ξηρού δέρματος. Συγκεκριμένα πρόκειται για ελαστικές ίνες που αποτελούνται από ελαστίνη και γλυκοπρωτεΐνες υπό μορφή μικροϊνιδίων. Οι γλυκοπρωτεΐνες αποτελούνται από 2-15% σάκχαρα και πρωτεΐνες. Όπως και το κολλαγόνο, περιλαμβάνει κατά το 1/3 γλυκίνη, κατά το 1/9 προλίνη και μικρό περιεχόμενο σε κυστίνη και ιστιδίνη. Μαζί με το κολλαγόνο, δίνουν στο δέρμα την νεανική εμφάνισή του και η βασική διαφορά τους είναι πως αυτές διατάσσονται τυχαία στο δέρμα. Όπως έχει φανεί σε έρευνα για τη δερματική γήρανση (cutaneous aging), στο γηρασμένο δέρμα προσώπου η συσσωρευμένη ελαστίνη παρουσιάζεται μορφολογικά ανώμαλη και φαίνεται να καταλαμβάνει τις περιοχές του χαμένου κολλαγόνου. [130] Κατά την ηλικία των 40-50 ετών, η βιοσύνθεση της ελαστίνης αρχίζει να μειώνεται απότομα. Η ελαστίνη χάνεται μέσω της φυσικής αποδόμησης, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της ελαστικότητας του δέρματος. [105]

2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΗΡΑΝΣΗ

Βάσει των γονιδίων που κληρονομούνται και με το πέρασμα του χρόνου, δύο άτομα τις ίδιες χρονολογικής ηλικίας μπορούν να εμφανίσουν διαφορετικές ενδείξεις βιολογικής γήρανσης. Αυτού του είδους η γήρανση ονομάζεται και “ενδογενής” (intrinsic) ή “εγγενής”. Σημάδια της εγγενούς γήρανσης είναι η μείωση των ινοβλαστών και η παραγωγή ποιοτικά υποδεέστερου κολλαγόνου που έχει ως συνέπεια την εμφάνιση λεπτών γραμμών και ρυτίδων, το λεπτό και διαφανές δέρμα, η απώλεια υποκείμενου λίπους (λιποδυστροφία), η απώλεια οστικής μάζας στο πρόσωπο, η μείωση της λειτουργίας ιδρωτοποιών και σμηγματογόνων αδένων, η τριχόπτωση, οι ανεπιθύμητες τρίχες [4], η μείωση της ικανότητας επούλωσης του δέρματος από τραύματα ή εγκαύματα, η μείωση της συνοχής της επιδερμίδας, η μείωση του επιδερμικού φραγμού, η αφυδάτωση μέσω αύξησης της διαδερμικής απώλειας ύδατος και η μείωση της άμυνας απέναντι σε κάποιους υποτύπους της ευρύτερης οικογένειας των ιών των ανθρώπινων θηλωμάτων (HPV).

2.4 ΕΞΩΓΕΝΗΣ ΓΗΡΑΝΣΗ & ΦΩΤΟΓΗΡΑΝΣΗ

Ο άλλος τύπος γήρανσης είναι γνωστός ως εξωγενής γήρανση και προκαλείται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως χρόνια έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, στη ρύπανση, στην ιονίζουσα ακτινοβολία, σε χημικές ουσίες και τοξίνες. Μεταξύ των επιβλαβών περιβαλλοντικών παραγόντων που συμβάλλουν στην εξωτερική γήρανση, οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της επανειλημμένης έκθεσης στο υπεριώδες φως είναι μείζονος σημασίας και αναφέρονται ως φωτογήρανση. Πρόκειται για μία αθροιστική διαδικασία και εξαρτάται κυρίως από τον βαθμό έκθεσης στον ήλιο και τη χρωστική του δέρματος. Η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί μια σύνθετη αλληλουχία συγκεκριμένων μοριακών αποκρίσεων που προκαλούν βλάβη στον συνδετικό ιστό του δέρματος και είναι η κύρια αιτία της πρόωρης γήρανσης αυτού. [139] Η φωτογήρανση επηρεάζει τις εκτεθειμένες στον ήλιο περιοχές και χαρακτηρίζεται κλινικά από λεπτές και χονδρές ρυτίδες, τραχύτητα, ξηρότητα, χαλάρωση, τελαγγειεκτασίες, απώλεια αντοχής σε εφελκυσμό και χρωστικές αλλαγές. Υπάρχει επίσης μία αύξηση στην ανάπτυξη καλοήθων και κακοήθων νεοπλασμάτων σε φωτογηρασμένο δέρμα. [4]

3. ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ – RF

3.1 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ

Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα οι ραδιοσυχνότητες, οι οποίες θεωρούνται μη ιονίζουσα ακτινοβολία, [148] ανήκουν στις συχνότητες ανάμεσα στα 30 kHz και 300 GHz και βρίσκονται στο χαμηλής ενέργειας άκρο του - συνεπώς η ενέργεια που παράγεται από αυτές δεν είναι επαρκής για να ιονίσει άτομα ή μόρια. Αυτό σημαίνει ότι δεν ενέχουν τους ίδιους κινδύνους που συνδέονται με την ιονίζουσα ακτινοβολία. Συγκεκριμένα πρόκειται περί ταλαντώσεων που μεταδίδονται με την ταχύτητα του φωτός (299.792.458 m/s στο κενό). Σύμφωνα με την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA) των ΗΠΑ, [122] οι συσκευές RF παράγουν ενέργεια σε ένα πιο περιορισμένο εύρος παρόλα αυτά. Για παράδειγμα 6.78 MHz (Thermage CPT™ System), 4 MHz (Pelleve GlideSafe™ Treatment System), 40.68 MHz (Accent & Accent Family, Alma Lasers). Στην αισθητική οι ραδιοσυχνότητες αποτελούν θεραπευτική μέθοδο που παράγει επιλεκτική αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών από εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας (0,3 έως 10 MHz), με σκοπό τη θέρμανση του χορίου, διατηρώντας με ασφάλεια την επιδερμίδα. Εάν το RF είναι υψηλότερο από 5 MHz, υπάρχει σημαντική ακτινοβολούσα συνιστώσα με μειωμένη ικανότητα πρόβλεψης της κατανομής στο σώμα του ατόμου που θα εφαρμοστεί και μπορεί ακόμη και να επηρεάσει δυνητικά τον θεραπευόμενο. [158] Αυτή η θέρμανση προκαλεί άμεση μετουσίωση του κολλαγόνου, η οποία ακολουθείται από το σχηματισμό νέου κολλαγόνου, παρέχοντας φυσική σύσφιξη του δέρματος και μεγαλύτερη ελαστικότητα. Ακόμη και όταν χρησιμοποιείται ως μεμονωμένη θεραπευτική μέθοδος, οι ραδιοσυχνότητες φαίνεται να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες για τη μείωση των επιπτώσεων της γήρανσης του δέρματος. [20], [116] Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι πως δημιουργούν ηλεκτρικά πεδία μεταξύ δύο (ή περισσότερων, ανάλογα το σύστημα) ηλεκτροδίων που λειτουργούν σε ένα περιορισμένο εύρος του φάσματος RF. Γενικά ισχύει πως το ρεύμα RF ρέει πάντα μεταξύ δύο ηλεκτροδίων με αντίθετη πολικότητα. [109] Το φορτίο που παράγεται στην επιφάνεια του δέρματος αλλάζει πολικότητα από θετική σε αρνητική, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συγκρούσεις μεταξύ φορτισμένων μορίων και ιόντων που προκαλούν τα εν λόγω πολικά μόρια να δονηθούν με ρυθμό 6 εκατομμύρια φορές ανά δευτερόλεπτο. Η εμπέδηση (αντίσταση σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος) σε αυτές τις δονήσεις είναι η πηγή που παράγει θερμότητα στους ιστούς-στόχους, οι οποίοι δέχονται ενέργεια που μεταφέρεται

από το ηλεκτρικό πεδίο. [35] Η άνοδος της θερμοκρασίας και το βάθος της θέρμανσης εξαρτώνται από το επίπεδο της ενέργειας που χρησιμοποιείται και από την αντίσταση των βιολογικών ιστών. [20]

Το βάθος διείσδυσης είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται συνήθως στη δερματολογία με λέιζερ και αναφέρεται στην απόσταση κάτω από το θερμαινόμενο δέρμα. Από την άλλη, στη ραδιοσυχνότητα, το βάθος επίδρασης ορίζεται από την εξασθένιση της εφαρμοζόμενης ενέργειας με το βάθος. Η ενέργεια RF μειώνεται με την αύξηση της απόστασης από το ενεργό ηλεκτρόδιο λόγω της απόκλισης του ρεύματος. Αντίθετα, η «οπτική» ενέργεια στα λέιζερ εξασθενεί με την απόσταση λόγω σκέδασης και απορρόφησης. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το βάθος διείσδυσης είναι η τοπολογία του δέρματος και η βελτιστοποίηση του συστήματος ηλεκτροδίων. Η συχνότητα και το μήκος κύματος είναι οι δύο πρόσθετες συνιστώσες της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που μπορούν να μεταβάλουν το βάθος διείσδυσης. Σε χαμηλότερες συχνότητες ή μεγαλύτερα μήκη κύματος, το βάθος διείσδυσης αυξάνεται, ενώ σε υψηλότερες συχνότητες ή μικρότερα μήκη κύματος, το βάθος διείσδυσης μειώνεται. Η ενέργεια μεταφέρεται γρήγορα κοντά στην επιφάνεια σε υψηλότερες συχνότητες και στη συνέχεια το κύμα εξασθενεί βαθύτερα μέσα στον ιστό. Αντίθετα, σε χαμηλότερες συχνότητες, το μεγαλύτερο μήκος κύματος μπορεί να διεισδύσει βαθύτερα στον ιστό και να παρέχει μαζική θέρμανση ιστού (bulk heating), όπου η θέρμανση δεν μπορεί να εντοπιστεί σε μία εστιακή περιοχή. Τα χαρακτηριστικά των ιστών και οι ανατομικές δομές μπορούν επίσης να επηρεάσουν το βάθος διείσδυσης του RF. Για παράδειγμα, ο οστικός ιστός έχει χαμηλή αγωγιμότητα, περιορίζοντας το βάθος διείσδυσης κατά τη θεραπεία πάνω από το οστό. Μελέτες έχουν μετρήσει *in vitro* τις αγωγιμότητες σε 1MHz σε διάφορους βιολογικούς ιστούς, με αποτέλεσμα το αίμα να έχει την υψηλότερη αγωγιμότητα, ακολουθούμενο από το υγρό δέρμα, το ξηρό δέρμα και το λίπος, με τον οστικό ιστό να έχει τη χαμηλότερη αγωγιμότητα. Παρόλο που οι ιστοί μπορεί να έχουν σημαντικά διαφορετικές αγωγιμότητες *in vitro*, αυτές είναι λιγότερο αξιοσημείωτες *in vivo*. Η παρατήρηση αυτή εξηγείται από την παρουσία αγγειακού δικτύου, μήτρας συνδετικού ιστού και διακυτταρικών υγρών σε ορισμένους ιστούς, όπως στο λιπώδες στρώμα, που μπορεί να παρέχουν αυξημένη αγωγιμότητα. Οι ιστοί με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε νερό και αίμα έχουν υψηλότερη αγωγιμότητα. Κατά συνέπεια, αυτό καθίσταται κλινικά σημαντικό όταν χρησιμοποιείται αραιό διάλυμα ενέσιμης τοπικής αναισθησίας ξυλοκαΐνης (λιδοκαΐνης) με αδρεναλίνη (επινεφρίνη) και διτανθρακικό νάτριο (tumescent anaesthesia), το οποίο μπορεί να αυξήσει σημαντικά την αγωγιμότητα των ιστών αυξάνοντας την περιεκτικότητα αυτών σε νερό και

άλατα. Όπως και με το βάθος διείσδυσης, η αγωγιμότητα μπορεί να μεταβάλλεται σε συγκεκριμένους ιστούς με τη συχνότητα και μπορεί επίσης να επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Η αγωγιμότητα του δέρματος αυξάνεται ως ισχυρή συνάρτηση της συχνότητας από τα 100 kHz έως το 1 MHz - σε υψηλότερες συχνότητες παρατηρείται ασθενής αύξηση. Η αγωγιμότητα του λίπους είναι σχετικά επίπεδη σε όλες τις περιοχές συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τη σύνθετη αντίσταση και, επομένως, την αγωγιμότητα. Η θέρμανση του ιστού σε σημείο πήξης μειώνει το ιξώδες του ιστού μαζί με τη σύνθετη αντίστασή του, καθιστώντας τον υπό θεραπεία ιστό πιο αγωγίμο.

Με τη τεχνολογία των ραδιοσυχνοτήτων η ενέργεια μπορεί να παρέχεται με αγωγή ή χωρητική σύζευξη. Η αγωγή σύζευξη είναι γνωστή για τη συγκέντρωση της ενέργειας στο απομακρυσμένο τμήμα του ενεργού μη επικαλυμμένου ηλεκτροδίου που παρέχει ενέργεια στον ιστό-στόχο. Ο επιδερμικός θερμικός τραυματισμός μπορεί να προκύψει από αυτόν τον τύπο μηχανισμού σύζευξης. Αντίθετα, η χωρητική σύζευξη επιτρέπει τη διασπορά της ενέργειας σε όλη την επιφάνεια θεραπείας χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο με επίστρωση πολυαμιδίου που δρα ως διηλεκτρικό μέσο, απομονώνοντας το μεταλλικό σώμα του από την επιφάνεια του δέρματος. Αυτό επιτρέπει το σχηματισμό ενός πυκνωτή που παρέχει μια ομοιόμορφη θερμική ζώνη. [35] Γενικά, όσο μικρότερο είναι το ηλεκτρόδιο, τόσο υψηλότερη είναι η ενεργειακή πυκνότητα και το αποτέλεσμα τείνει να είναι αφαιρετικό (π.χ. κοπτικές μύτες καυτηριασμού), ενώ ηλεκτρόδια μεγαλύτερου μεγέθους, έχουν πιο ήπια επίδραση στους ιστούς, είτε πήξη (αιμόσταση), είτε “subnecrotic” τύπου θέρμανση, δηλαδή λιγότερο από όσο χρειάζεται για να προκαλέσει νέκρωση. [109], [122]

Οι αρχικές μελέτες με τη χρήση συσκευών RF στόχευαν στη σύσφιξη του δέρματος, με την πρώτη μονοπολική συσκευή RF να παίρνει έγκριση από τον FDA για περιοφθαλμικές ρυτίδες το 2002, ακολουθούμενη από τις ρυτίδες ολόκληρου του προσώπου το 2004. Το 2007 εγκρίθηκε για πρώτη φορά από τον FDA μία συσκευή RF που συνδυάζει 50W RF, 20W υπέρυθρη ενέργεια (IR) και κενό αναρρόφησης (vacuum) (Velashape, Syneron Medical Ltd.) για την προσωρινή βελτίωση της κυτταρίτιδας και την προσωρινή μείωση της περιφέρειας. Πιο πρόσφατα, οι ραδιοσυχνότητες έχουν χρησιμοποιηθεί και για τη μείωση του λίπους. [157] Εκτός από την ικανότητά τους να αυξάνουν την παραγωγή κολλαγόνου και την ελαστικότητα στο δέρμα, μπορούν ακόμα να βελτιώσουν την υφή και τον τόνο του και να μειώσουν το μέγεθος των πόρων, την παραγωγή σμήγματος και μελανίνης. [23] Όταν επιφέρουν θερμοκρασίες δέρματος από 40° μέχρι 50°C παρατηρείται νεο-κολλαγένωση,

ελαστογένεση και αγγειογένεση. [30] Η θερμότητα που παράγεται από το ρεύμα RF διεγείρει τη σύνθεση της πρωτεΐνης θερμικού σοκ (heat shock protein, HSP) στον ινοβλάστη, με επακόλουθη έκφραση του TGF-β1, ο οποίος διεγείρει τις HSP-47 και HSP-72 για να προωθήσει την αυξημένη παραγωγή κολλαγόνου από τους ινοβλάστες. Αυτές οι δύο ειδικές HSPs προστατεύουν το κολλαγόνο τύπου I κατά τη σύνθεσή του. [116] Οι θεραπείες με RF θεωρούνται επίσης ασφαλείς και αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση της υπεριδρωσίας [81], [132], [177]

Αναφορικά με τη δράση που μπορεί να έχουν στην ακμή, μελέτη με 22 συμμετέχοντες, 10 γυναίκες και 12 άνδρες, ηλικίας 16 έως 28 ετών, με μέτρια έως σοβαρή, ουλώδη, κυστική, ενεργή, κοινή ακμή, θέλησε να διαπιστώσει την επίδραση της θερμότητας στο ενεργό στάδιο της μέτριας και σοβαρής κοινής ακμής (acne vulgaris). Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ThermoCool TC System (Thermage, Inc., Hayward, CA), το οποίο παράγει έναν παλμό ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στο ραδιοκυματικό τμήμα του φάσματος από 6 έως 250 MHz στο δέρμα μέσω μίας χειρολαβής, ταυτόχρονα με ψεκασμό κρυογόνου για την ψύξη της επιφάνειας του δέρματος για να αποφευχθεί το επιδερμικό έγκαυμα. Μία συνεδρία έγινε σε είκοσι εθελοντές και δύο συνεδρίες σε δύο εθελοντές. Η ενεργειακή πυκνότητα (fluence) ήταν 72 J/cm^2 . Η παρακολούθηση κυμάνθηκε από 1 έως 8 μήνες. Όλοι οι συμμετέχοντες ανέχθηκαν καλά τις εφαρμογές και δεν υπήρξαν εγκαύματα ή άλλες ανεπιθύμητες ενέργειες. Όλοι δήλωσαν ικανοποιημένοι έως πολύ ικανοποιημένοι στα ερωτηματολόγια τους. Εξαιρετική ανταπόκριση (75% ή καλύτερη μείωση του αριθμού των ενεργών βλαβών της ακμής) παρατηρήθηκε στο 92% των συμμετεχόντων (n=18), μέτρια ανταπόκριση (25% έως 50% βελτίωση του αριθμού των ενεργών βλαβών της ακμής) στο 9% (n=2) και καμία ανταπόκριση (λιγότερο από 25% του αριθμού των βλαβών της ακμής) στο 9% (n=2). Το Student t-test έδειξε μια εξαιρετικά στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις των βλαβών πριν και μετά ($P < 0,009004$). Η ακμή δεν επιδεινώθηκε σε κανέναν από αυτούς τους συμμετέχοντες. Κλινικά, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στη συντριπτική πλειονότητα των συμμετεχόντων. Σε πολλούς, τα αποτελέσματα ήταν ορατά μετά από μόλις ένα μήνα. Άλλοι συνέχισαν με τις συνήθειες εξάρσεις τους μέχρι τον 4ο μήνα, οπότε και φάνηκε το πλήρες αποτέλεσμα μίας και μόνο θεραπείας. Σε ορισμένους παρατηρήθηκε διπλή ευεργετική επίδραση της θεραπείας: μείωση της δραστηριότητας της ακμής και βελτίωση των υποκείμενων ουλών. Μία 22χρονη νοσηλεύτρια που συμμετείχε στη μελέτη, παρακολούθηθηκε για πάνω από 13 μήνες. Κυριολεκτικά μόνο δύο ή τρεις φλεγμονώδεις βλατίδες εμφανίστηκαν σε αυτό το διάστημα. Ήταν σε θέση να εγκαταλείψει όλες τις μορφές

φαρμακευτικής αγωγής, τοπικής ή συστηματικής, από τότε που έγινε η πρώτη της θεραπεία. Είναι αξιοσημείωτο ότι το 59% των συμμετεχόντων αυτής της μελέτης δεν έπαιρνε καμία φαρμακευτική αγωγή πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά την εφαρμογή ραδιοσυχνοτήτων. Αυτό υποδηλώνει ότι αυτές μπορούν πράγματι να αποτελούν από μόνες τους μια έγκυρη νέα εναλλακτική θεραπευτική λύση για τη μέτρια έως σοβαρή κοινή ακμή. [121]

Οι ραδιοσυχνότητες μπορούν επίσης να επηρεάσουν και την τριχοφυΐα, όπου ανάλογα το σύστημα, έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν, είτε στην ανάπτυξη, είτε στην μείωση/αφαίρεση των τριχών. Για παράδειγμα, το κλασματικό RF χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις ασθενών με γυροειδή αλωπεκία [183] και ανδρογενετική αλωπεκία [125] για την τόνωση της τριχοφυΐας και οι μονοπολικές ραδιοσυχνότητες χρησιμοποιούνται στην αφαίρεση βλεφαρίδων σε ασθενείς με τριχίαση. [125] Στις υποκατηγορίες τεχνολογιών που συνδυάζονται με τις ραδιοσυχνότητες θα αναλυθεί και η χρήση του RF με το έντονο παλμικό φως για την μείωση της τριχοφυΐας.

Στο εμπόριο απαντώνται διάφορα μηχανήματα που παρέχουν θεραπεία με ραδιοσυχνότητες, είτε μονοπολικές, είτε διπολικές, είτε (τριπολικές / τετραπολικές / εξαπολικές / οκταπολικές) πολυπολικές. Οι μονοπολικές συσκευές RF παρέχουν ρεύμα χρησιμοποιώντας ένα μόνο ενεργό ηλεκτρόδιο που μεταδίδει το ηλεκτρομαγνητικό ρεύμα προς ένα παθητικό ηλεκτρόδιο που αποτελείται από μια πλάκα γείωσης, η οποία συνήθως βρίσκεται σε μία απομακρυσμένη περιοχή του σώματος από το ενεργό ηλεκτρόδιο. Τα μονοπολικά συστήματα RF έχει αποδειχθεί ότι παρέχουν ομοιόμορφη ογκομετρική θέρμανση, καθιστώντας αυτές τις συσκευές ως μία αποτελεσματική επιλογή κατά τη θεραπεία της χαλάρωσης του δέρματος. Ωστόσο, συχνά συνδέονται με αυξημένη αίσθηση δυσφορίας κατά την εφαρμογή σε σύγκριση με τα διπολικά συστήματα.

Οι διπολικές συσκευές RF διαφέρουν από τις μονοπολικές επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται μεταξύ δύο τοποθετημένων ηλεκτροδίων. Με αυτή τη διαμόρφωση, δεν απαιτείται πλάκα γείωσης, καθώς το ρεύμα δεν διαρρέει το υπόλοιπο σώμα. Οι διπολικές συσκευές RF προσφέρουν ένα πιο ελεγχόμενο και εντοπισμένο μοτίβο κατανομής της ενέργειας, επειδή ο ιστός που υποβάλλεται σε θεραπεία βρίσκεται ιδανικά μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Το βάθος διείσδυσης των διπολικών συσκευών επηρεάζεται από το μέγεθος των ηλεκτροδίων και τον χώρο μεταξύ τους. Έχει υποστηριχθεί ότι το βάθος διείσδυσης είναι περίπου το μισό της απόστασης μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Επομένως, οι διπολικές συσκευές RF προσφέρουν ένα επιπλέον επίπεδο ελέγχου της διείσδυσης της ενέργειας και σε

σύγκριση με τις μονοπολικές συσκευές, μπορεί επίσης να παρέχουν στο άτομο λιγότερη δυσφορία κατά τη διάρκεια της θεραπείας.

Σήμερα, οι διπολικές διατάξεις RF υπάρχουν σε συνδυασμό με πολλές πρόσθετες τεχνολογίες. Για παράδειγμα, οι διπολικές διατάξεις RF μπορούν να χρησιμοποιούν μια τεχνολογία γνωστή ως ηλεκτρο-οπτική συνέργεια (ELOS). Τα συστήματα που χρησιμοποιούν ELOS περιλαμβάνουν συνήθως οπτικές πηγές ενέργειας, όπως υπέρυθρη ακτινοβολία, έντονο παλμικό φως ή διοδικό λέιζερ, μεταξύ άλλων. Ο στόχος αυτών των συνδυαστικών συσκευών είναι η προθέρμανση των ιστών-στόχων μέσω φωτοθερμόλυσης, η οποία μεταβάλλει τη σύνθετη αντίσταση των ιστών και την ευαισθησία τους στο RF. Αυτή η ιδέα επιτρέπει στη συνέχεια τη χαμηλότερη ενέργεια RF που απαιτείται για την επίτευξη της κατάλληλης θέρμανσης του ιστού-στόχου, μειώνοντας έτσι τη δυσφορία και τις επιπλοκές της θεραπείας.

Οι πολυπολικές συσκευές RF χρησιμοποιούν συνήθως τρία ή περισσότερα ηλεκτρόδια, όπου το ένα λειτουργεί ως θετικός πόλος, ενώ τα υπόλοιπα λειτουργούν ως αρνητικοί πόλοι. Με αυτή τη διαμόρφωση, το ρεύμα που διαρρέει τον θετικό πόλο είναι άθροισμα του ρεύματος που διαρρέει τους άλλους αρνητικούς πόλους. Σημειώστε ότι κάθε ηλεκτρόδιο ενεργεί ως θετικός πόλος για σύντομο χρονικό διάστημα προτού γίνει αρνητικός πόλος - αυτή η διαμόρφωση του ρεύματος βοηθά στην πρόληψη της υπερθέρμανσης του θετικού πόλου και του επακόλουθου θερμικού τραυματισμού του υπό θεραπεία ιστού. Οι πολυπολικές συσκευές μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν χαρακτηριστικά όπως τα παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων.

Η αρχή των ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν για αισθητικούς σκοπούς, ήταν το εξωτερικό RF που δεν διεισδύει η συσκευή στο δέρμα και δεν είναι κλασματικό, ούτε παρέχει ακρίβεια. Αυτή η προσέγγιση, όπως προαναφέρθηκε, ονομάζεται μαζική θέρμανση και κυκλοφορεί σε συσκευές μασάζ ή και αναρρόφησης (vacuum) του δέρματος, οι οποίες με τη συνεισφορά της θερμότητας που παράγεται στους ιστούς του σώματος από τις ραδιοσυχνότητες, εκτός από αποτελέσματα σύσφιξης, προσφέρουν επιπλέον μικρή ανακούφιση σε πόνους και μία προσωρινή μείωση της εμφάνισης της κυτταρίτιδας. [24] Το πιο γνωστό μηχάνημα της κατηγορίας μαζικής θέρμανσης είναι το Thermage, το οποίο έχει συμπεριληφθεί σε πολλές κλινικές μελέτες και διαθέτει διαφορετικές κεφαλές για το πρόσωπο, τα μάτια και το σώμα και ψύξη με υγρό άζωτο. Η Solta Medical, Hayward, California έχει κυκλοφορήσει τρία διαφορετικά μηχανήματα Thermage. Το Original, το CPT (Comfort Pulsed Technology), το οποίο θεωρείται πιο γρήγορο, πιο αποτελεσματικό και

λιγότερο επίπονο από το πρώτο μοντέλο, με δονούμενη κεφαλή και ενσωματωμένο ψυκτικό σύστημα και το FLX, με ένα εκατοστό μεγαλύτερη κεφαλή και πιο προηγμένη τεχνολογία, παρέχοντας την πιο γρήγορη εφαρμογή. Κατά την έναρξη μιας συνεδρίας με το Thermage, το δέρμα μαρκάρεται από ένα χαρτί που αφήνει έγχρωμα αποτυπώματα σαν πλέγμα, το οποίο έχει συγκεκριμένες διαστάσεις ώστε να λειτουργήσει ως οδικός χάρτης. Αφού ολοκληρωθεί η εφαρμογή, τα αποτελέσματα συνεχίζουν να σχηματίζονται μέχρι και 4 με 6 μήνες μετά, συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη για επαναληπτική συνεδρία στο διάστημα του επόμενου εξαμήνου.

Με τα μηχανήματα RF η κίνηση κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της ενέργειας μπορεί να είναι δυναμική ή συνεχής. Η δυναμική κίνηση περιλαμβάνει τη συνεχή μετακίνηση της κεφαλής του RF πάνω από την περιοχή θεραπείας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η ιδέα είναι η ομοιόμορφη κατανομή της ενέργειας RF στο δέρμα, αποτρέποντας τα θερμά σημεία και εξασφαλίζοντας συνεχή θέρμανση. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά σε μεγαλύτερες περιοχές θεραπείας και η συνεχής κίνηση βοηθά στην αποφυγή της υπερέκθεσης σε συγκεκριμένα σημεία.

Η συνεχής κίνηση είναι παρόμοια με τη δυναμική κίνηση, αλλά μπορεί να περιλαμβάνει μια πιο αργή ή πιο σκόπιμη εφαρμογή της ενέργειας RF. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται συνήθως σε στοχευμένες ή μικρότερες περιοχές θεραπείας όπου η ακρίβεια είναι ζωτικής σημασίας. Η συνεχής κίνηση επιτρέπει στον θεραπευτή να εστιάζει σε συγκεκριμένες περιοχές που απαιτούν περισσότερη προσοχή ή όπου είναι επιθυμητή μεγαλύτερη σύσφιξη.

Τόσο οι τεχνικές δυναμικής, όσο και οι συνεχούς κίνησης στοχεύουν στην επίτευξη ελεγχόμενης θέρμανσης των βαθύτερων στρωμάτων του δέρματος, διεγείροντας την παραγωγή κολλαγόνου και προωθώντας τη σύσφιξη των ιστών. Η επιλογή μεταξύ αυτών των τεχνικών μπορεί να εξαρτάται από παράγοντες όπως το μέγεθος της περιοχής θεραπείας, τους ειδικούς στόχους της διαδικασίας και τις προτιμήσεις του θεραπευτή.

Η μεταφορά ενέργειας με την μέθοδο της σφράγισης θα αναλυθεί στον μικροβελονισμό ραδιοσυχνότητας, αφού είναι και η μόνη εφαρμογή που μπορεί να πραγματοποιηθεί με τα συγκεκριμένα συστήματα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες λεπτομέρειες των θεραπειών RF, συμπεριλαμβανομένου του τύπου της κίνησης που χρησιμοποιείται, μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη συσκευή ή το σύστημα που χρησιμοποιείται, καθώς διαφορετικοί

κατασκευαστές μπορεί να έχουν τα δικά τους προτεινόμενα πρωτόκολλα. Τα άτομα που εξετάζουν το ενδεχόμενο θεραπειών RF θα πρέπει να συμβουλευτούν έναν εξειδικευμένο και έμπειρο χειριστή για να συζητήσουν την καταλληλότερη προσέγγιση με βάση τις ατομικές τους ανάγκες και τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα της διαδικασίας.

Ένας άλλος τύπος παροχής RF συναντάται στις πολυπολικές συσκευές RF χωρίς επαφή. Αυτού του τύπου η τεχνολογία κυκλοφόρησε το 2013 στην Αμερική και το 2015 άρχισε να χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα. Αυτές οι συσκευές συνήθως δεν εξαρτώνται από τον χειριστή, εφόσον διαθέτουν τη δυνατότητα δημιουργίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν επιλεκτικά ενέργεια στο στρώμα ιστού-στόχου (π.χ. λιπώδη ιστό) με συγκεκριμένη αντίσταση. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός μπορεί να αποδειχθεί επωφελής, καθώς περιορίζει την παροχή ενέργειας στην επιδερμίδα, το χόριο και τους μύες, ενώ παρέχει ευνοϊκά αποτελέσματα σύσφιξης και εξάλειψης ανεπιθύμητου λιπώδους ιστού με μη επεμβατικό τρόπο. Η θερμοκρασία στον υποδόριο ιστό φτάνει μέχρι τους 42°C και έτσι τα λιποκύτταρα διασπώνται και απεκκρίνονται από τον οργανισμό μέσω της διούρησης. [148]

Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας με τον τύπο συσκευών εξωτερικού RF μαζικής θέρμανσης στην περίπτωση που δεν διαθέτει αυτοματοποιημένη θερμομέτρηση η συσκευή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί θερμομέτρο υπερύθρων για την εκτίμηση της θερμοκρασίας του δέρματος, το οποίο πρέπει να τοποθετείται κάθετα πάνω από αυτό σε απόσταση μήκους 5 με 10 ίντσες και μπορεί να κινείται και σε διάφορα σημεία πάνω από το δέρμα κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Η θερμοκρασία υπολογίζεται κατά μέσο όρο στην περιοχή με κέντρο μισή ίντσα κάτω από την κόκκινη δέσμη σκόπευσης.

Τα μηχανήματα RF διαθέτουν μικρότερες κεφαλές για χρήση στο πρόσωπο και μεγαλύτερες για χρήση στο σώμα, συνήθως στις περιοχές των μπράτσων, της κοιλιάς, των προσαγωγών, των γονάτων και των γλουτών. Ορισμένα διαθέτουν και ειδικές μικρές κεφαλές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο ιδιαίτερο και λεπτό δέρμα στην περιοχή των ματιών και στο στόμα. Το μέγεθος της κεφαλής μετράει διότι μικρότερα ηλεκτρόδια (7,5 & 10mm) στοχεύουν σε επιφανειακά έως μεσαία δερματικά στρώματα, ενώ μεγαλύτερα ηλεκτρόδια (15 & 20mm) στοχεύουν σε βαθύτερα δερματικά στρώματα με μικρότερη ικανότητα ψύξης. Κατά την θεραπεία τοποθετείται ενδεχομένως ένα επιπλέον ηλεκτρόδιο σε επαφή με την πλάτη του θεραπευόμενου, ανάλογα το σύστημα. Οι μόνες απαγορευτικές περιοχές για εφαρμογή ραδιοσυχνοτήτων είναι ο θυροειδής, τα χείλη και τα βλέφαρα και μία συνεδρία

μπορεί να διαρκέσει από 15 μέχρι 90 λεπτά ανάλογα με τη έκταση του δέρματος υπό θεραπεία.

Οι πιο έμπειροι χειριστές συσκευών RF χρησιμοποιούν τουλάχιστον δύο διαφορετικά μεγέθη κεφαλών σε μία θεραπεία. Εφαρμόζουν κυκλικές κινήσεις, οι οποίες είναι δύο κατευθύνσεων, οριζόντιες και κάθετες και φροντίζουν ώστε η κάθε περιοχή να έχει τουλάχιστον πέντε περάσματα. Όσον αφορά τη γραμμή του σαγονιού, αφού περάσουν με την κεφαλή κάτω από αυτό, ύστερα τραβούν τον ιστό του σαγονιού προς τα πάνω και ξανά εφαρμόζουν πάνω από το οστό του σαγονιού. Τεντώνουν το δέρμα αλλά δεν το τραβάνε υπερβολικά.

Για να έχουν τα καλύτερα αποτελέσματα οι χειριστές, χρησιμοποιούν προσεκτική επιλογή των ατόμων που θα δεχθούν θεραπεία σύμφωνα με τα ιατρικά ιστορικά τους και διαχειρίζονται τις προσδοκίες αυτών. Εφαρμόζουν καλό φωτογραφικό πρωτόκολλο, εκτιμούν και σχεδιάζουν πριν από τη θεραπεία, ακολουθούν τις προτεινόμενες κατευθυντήριες οδηγίες του μηχανήματος, αναγνωρίζουν ότι συνήθως περισσότερες συνεδρίες αποδίδουν καλύτερα αποτελέσματα και παρέχουν καλή παρακολούθηση μετά τη θεραπεία (follow up).

Για να γίνει μία σωστή διάγνωση του αισθητικού προβλήματος που θα αντιμετωπιστεί με RF, θα πρέπει αρχικά να γίνει καταγραφή του ιατρικού ιστορικού του ενδιαφερόμενου, Θα ακολουθήσει η αξιολόγηση της κατάστασης του δέρματος αυτού ώστε να προσδιοριστεί ο στόχος της θεραπείας και να αναγνωρισθούν οι περιοχές που θα εφαρμοστεί η θεραπεία για τα καλύτερα αποτελέσματα σύσφιξης και σμίλευσης. Γίνεται επίσης ψηλάφηση του δέρματος για την κινητικότητα, την σφριγηλότητα και το πάχος του. Τέλος, φωτογραφίζεται η κατάσταση του δέρματος πριν από τη θεραπεία.

Απαραίτητο για μία επιτυχή θεραπεία είναι η καλή ενυδάτωση του ατόμου πριν αλλά και μετά από κάθε θεραπεία. Το μακιγιάζ σε περίπτωση που υπάρχει αφαιρείται εξ ολοκλήρου, πλένεται η υπό θεραπεία περιοχή, διαβεβαιώνεται πως η περιοχή είναι ελεύθερη τραυματισμών ή μολύνσεων, αφαιρείται κάθε μεταλλικό αντικείμενο γύρω από την υπό θεραπεία περιοχή και ο χειριστής υποχρεούται να φοράει πάντα χειρουργικά γάντια κατά τη θεραπεία. Τέλος, γίνεται η εφαρμογή του ενδιάμεσου υλικού (gel), όπου σε αρκετές περιπτώσεις κάθε εταιρία συστήνει συγκεκριμένο gel για χρήση με το μηχανήμα της. Η χρήση τοπικών αναισθητικών κρεμών όπως λιδοκαΐνης, πριλοκαΐνης κ.λπ., πρέπει να αποφεύγεται, ώστε τα άτομα που υποβάλλονται στη θεραπεία να μπορούν να περιγράψουν το επίπεδο της ζέστης, ειδικά στις θεραπείες που εφαρμόζεται εξωτερικό RF. Κατά τη διάρκεια της θεραπείας το άτομο πρέπει να περιμένει ένα σταδιακό αίσθημα ζέστης στο δέρμα του.

Μπορεί επίσης να συμβουλευθεί να υποδεικνύει το επίπεδο ζέστης με μία κλίμακα είτε 1-4, είτε 1-10, με το 1 ήπια/καθόλου ζεστό και 4 ή 10 αφόρητα καυτό. Το ιδανικό επίπεδο είναι αρκετά ζεστό αλλά ανεκτό, δηλαδή 3 ή 8. Στην αρχή της συνεδρίας η ταχύτητα των κινήσεων είναι αργή και όταν η θερμοκρασία του δέρματος φτάσει τους 40 με 42°C αυτή αυξάνεται. Τα αποτελέσματα ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες. Όταν η θερμοκρασία είναι μικρή, η θερμότητα είναι ανεπαρκής ώστε να αποδιοργανώσει την ινώδη δομή του κολλαγόνου. Σε αυτή την περίπτωση δεν παρατηρείται κλινικό αποτέλεσμα. Στην κατάλληλη θερμοκρασία η θερμότητα μπορεί να αποδιοργανώσει μερικώς την ινώδη δομή του κολλαγόνου. Λαμβάνει χώρα σύσπαση στο μήκος των ινών του κολλαγόνου. Η αντίδραση επούλωσης από την έκθεση στη θερμότητα επιφέρει το σχηματισμό καινούριου κολλαγόνου. Όταν η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή, η θερμότητα είναι ικανή να προκαλέσει ολοκληρωτική διάλυση των ινών του κολλαγόνου και να το μετατρέψει σε ζελατίνη. Επίσης, μπορεί να υπάρξουν ανεπιθύμητες ενέργειες όπως νέκρωση των ιστών, έγκαυμα και ουλοποίηση. Εάν ο όγκος του προσώπου μετά την θεραπεία με ραδιοσυχνότητες είναι ικανοποιητικός, η μονοπολική θεραπεία RF μπορεί να γίνεται κάθε 6-12 μήνες για τη διατήρηση της ελαστικότητας του δέρματος, τη βελτίωση των λεπτών ρυτίδων και της χαλάρωσης. Εάν ο όγκος δεν είναι ικανοποιητικός, μπορεί να γίνει συνδυαστική πρόσθετη θεραπεία με άλλες μη επεμβατικές θεραπείες, όπως ενέσιμα εμφυτεύματα, για παράδειγμα, με το πολύ-L-γαλακτικό οξύ (poly-L-lactic acid, PLLA). Με τη συγκεκριμένη θεραπεία συστήνονται από ένα έως δύο φιαλίδια PLLA κάθε χρόνο. Η έγχυση PLLA διεγείρει πρώτα τον σχηματισμό ινοβλαστών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα από τις ραδιοσυχνότητες μόνες τους, όταν πραγματοποιείται 1 μήνα μετά. [53]

Εκτός από το RF που δρα εξωτερικά και προκαλεί θέρμανση στους ιστούς, υπάρχουν πολλές τεχνολογίες και τεχνικές που θα συναντήσουμε συνδυαστικά με τις ραδιοσυχνότητες. Αυτές έχουν δημιουργήσει τις παρακάτω θεραπείες και η επιλογή γίνεται ανάλογα με τις ανάγκες του θεραπευόμενου και το επιθυμητό αποτέλεσμα:

1) Μικροβελονισμός (*microneedling*) με RF (*MRF/MNRF*)

Το *microneedling* ή διαδερμική θεραπεία επαγωγής κολλαγόνου (*percutaneous collagen induction therapy*) όπως ονομάζεται αλλιώς στην ιατρική κοινότητα, έχει ευρεία εφαρμογή ως μη επεμβατική διαδικασία. Εκτός από την αύξηση της παραγωγής του κολλαγόνου από τους

ινοβλάστες, συμβάλει επίσης στην ομαλοποίηση της κυτταρικής λειτουργίας των κερατινοκυττάρων και των μελανοκυττάρων. Συνήθως χρησιμοποιείται για την αύξηση της απορρόφησης τοπικών ουσιών, αυξητικών παραγόντων, παραγόντων δηλαδή που παίζουν κρίσιμο ρόλο στη ρύθμιση διαφόρων κυτταρικών διεργασιών (όπως ο κυτταρικός πολλαπλασιασμός, η διαφοροποίηση και η επιβίωση) ή, στην περίπτωση που αφορά το RF, για την παροχή ραδιοσυχνοτήτων μέσω των μικροβελόνων απευθείας στο χόριο με τα αντίστοιχα μηχανήματα [7]. Δυνατότητα επιλογής αναφορικά με παραμέτρους σχετικά με τις βελόνες του RF υπάρχει στο μήκος αυτών, όπως και στο βάθος διείσδυσης. Η επιλογή γίνεται ανάλογα με το πάχος του δέρματος στην υπό θεραπεία περιοχή για την αποτελεσματική υπο-δερμική θεραπεία. Τα πιο γνωστά μηχανήματα που συνδυάζουν την τεχνολογία του μικροβελονισμού με RF είναι το Focus Dual, το Secret™ RF, το Potenza, το INTRAcel, το Infini, το Pinxel, το Vivace [62], το Scarlet, το Genius RF και το Morpheus8. Διάφορες συσκευές όπως το Genius και το Morpheus8 έχουν επιχρυσωμένες βελόνες. Το Morpheus8, το οποίο έχει συμπεριληφθεί σε πολλές μελέτες, διαθέτει διπολική ραδιοσυχνότητα και κεφαλή από μικροβελόνες εικοσιτεσσάρων καρατίων, οι οποίες ρυθμίζονται να διεισδύουν σε βάθος από 1 μέχρι 7mm, όπως και στις περισσότερες συσκευές MRF. Επίσης σήμερα υπάρχουν αναβαθμισμένες συσκευές, οι οποίες παρακολουθούν και προσαρμόζουν την ενέργεια στο πάχος και την ενεργειακή αντίσταση του εκάστοτε δέρματος σε κάθε παλμό.

Οι περισσότεροι επαγγελματίες - χειριστές προτείνουν τρεις με τέσσερις θεραπείες με μεσοδιάστημα ενός ή δύο μηνών, ώστε να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Εφόσον ο χρόνος για την αναδόμηση του κολλαγόνου διαρκεί περίπου 4-6 εβδομάδες, δεν συνιστώνται θεραπείες σε διάστημα λιγότερο από αυτό. [166] Η ερυθρότητα υποχωρεί τυπικά μετά από λίγες ημέρες και η εφαρμογή μακιγιάζ μπορεί να γίνει μετά από 1 με 2 ημέρες. Αν το επιθυμεί ο πελάτης, μπορεί να εφαρμόσει παγοκύστες στο δέρμα μετά τη θεραπεία και ίσως συσταθεί επίσης η χρήση αντιβιοτικής κρέμας (πχ φουσιδικού οξέος) τοπικά για μία εβδομάδα. [62] Τα προσωρινά μικροσκοπικά «σημάδια» κρούστας από το αποτύπωμα των βελονών στο δέρμα που ίσως εμφανιστούν, αναμένεται να κρατήσουν από πέντε έως δέκα τέσσερις ημέρες. Συστήνεται σε όσους έχουν λάβει την θεραπεία να μην αγγίζουν το πρόσωπό τους χωρίς να έχουν πλύνει καλά τα χέρια τους πρώτα, ειδικά τις δύο πρώτες ημέρες και να χρησιμοποιούν προϊόντα με δείκτη αντιηλιακής προστασίας. Το δέρμα ιδανικά πρέπει να στεγνώνεται με καθαρή πετσέτα και ταμποναριστές κινήσεις.

Επίσης αξίζει να αναφερθεί πως το Focus Dual, εκτός από RF microneedling παρέχει και θεραπεία με HIFU. Έτσι ένας ενδιαφερόμενος μπορεί να εφαρμόσει, για παράδειγμα, το RF

στην περιοχή των μάγουλων και του μετώπου και το HIFU στην περιοχή του λαιμού, στην ίδια συνεδρία.

Στο RF needling οι άκρες της βελόνας φέρουν θετικό φορτίο, ενώ η πρόσοψη του αναλώσιμου εργαλείου χειρός φέρει αρνητικό φορτίο. Αυτή η διαμόρφωση είναι δημοφιλής, καθώς συνδυάζει την ικανότητα να παρέχει θερμικό τραυματισμό βαθιά στο υποδερμικό στρώμα με το μηχανικό αποτέλεσμα διάτρησης των βελονών, το οποίο έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει από μόνο του την υφή και τη χαλάρωση του δέρματος. [35] Η δράση των ραδιοσυχνοτήτων, η οποία ενισχύει την ήδη αποτελεσματική διαδικασία του οργανισμού να παράγει κολλαγόνο και ελαστίνη σε απόκριση του «τραύματος», μπορεί να επιτύχει επιπροσθέτως και την υποδερμική αναδόμηση του λίπους και τη δερματική σύσφιξη από την συστολή του υποκείμενου ινοδιαφραγματικού δικτύου. [30] Για την ακρίβεια οι ραδιοσυχνότητες είναι μέχρι και πέντε φορές τουλάχιστον πιο αποτελεσματικές από ότι ο μικροβελονισμός μόνος του. Τα μηχανήματα MRF διαθέτουν λεπτές βελόνες, οι οποίες είναι διατεταγμένες σε ένα πλέγμα παρόμοιο με σκακιέρα, δημιουργώντας “μικροκανάλια” στο δέρμα και ηλεκτρόδια για να μεταφέρουν την ενέργεια των ραδιοσυχνοτήτων. Η μεταφορά γίνεται με σφράγιση (stamping), δηλαδή στατική παράδοση RF. Παρατηρείται συχνά με μονοπολικές συσκευές και παρέχει έναν ενιαίο σύντομο παλμό ενέργειας όταν η χειρολαβή έρχεται σε επαφή με τον ιστό που πρόκειται να υποβληθεί σε θεραπεία. Η σφράγιση απαιτεί από τον χειριστή να μετακινεί την χειρολαβή σε μια παρακείμενη περιοχή προς θεραπεία μετά την πυροδότηση κάθε παλμού. Αυτή η τεχνική μπορεί να είναι αργή, αλλά δεν έχει απότομη καμπύλη εκμάθησης και υπάρχουν ενσωματωμένοι μηχανισμοί που μετρούν τη θερμοκρασία του δέρματος και τη διατηρούν κάτω από τους 45°C, χρησιμοποιώντας ψύξη με ψεκάσμο. Το αντίθετο της μεθόδου σφράγισης χρησιμοποιείται στα δυναμικά συστήματα, όπου το ακροφύσιο κινείται συνεχώς πάνω από τις περιοχές του δέρματος που πρόκειται να αντιμετωπιστούν. Αυτές οι συσκευές διαθέτουν επίσης συνεχή παρακολούθηση της επιφανειακής θερμοκρασίας και οι συνεδρίες θεραπείας είναι ταχύτερες από ό,τι με τη μέθοδο σφράγισης - ωστόσο, απαιτούν περισσότερη τεχνική και δεξιότητα από τον χειριστή. [35]

Στο εμπόριο τυπικά απαντώνται κεφαλές με δώδεκα (πχ Morpheus8 Prime), είκοσι τέσσερις (Morpheus8 Resurfacing) ή είκοσι πέντε, τριάντα έξι (Vivace, Shenb Co., Ltd. South Korea) [62], σαράντα (Morpheus8 Body & Infini) και σαράντα εννέα βελόνες, με δυνατότητα διεύθυνσης από 1 ή 2 mm μέχρι 7 mm και η διάμετρός τους ορίζεται στα 0,3 mm. Το βάθος διεύθυνσης είναι συνήθως 2mm στην περιοχή των ματιών και της μύτης και 4mm στο

υπόλοιπο πρόσωπο. Θεραπεία μπορεί να λάβουν και περιοχές του σώματος με μεγαλύτερα βάθη, όπου το RFMN μπορεί να επιφέρει πολύ καλά αποτελέσματα και στην κυτταρίτιδα. [132], [133], [134], [135] Επίσης υπάρχουν σαν επιλογή και πιο λεπτές “μικροβελόνες” (nano-needles). Οι μεγαλύτεροι αριθμοί βελονών παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία να εισέλθουν στο δέρμα και έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να οδηγήσουν σε φτωχά αποτελέσματα και σε ανεπιθύμητες ενέργειες όπως εγκαύματα. Μία κατηγοριοποίηση του είδους των βελονών είναι αν πρόκειται για μονωμένες ή μη μονωμένες. Οι μονωμένες μικροβελόνες παρέχουν ενέργεια σε όλο το μήκος της βελόνας και δεδομένου ότι η ενέργεια πλησιάζει την επιδερμίδα είναι πιο επικίνδυνες. Οι μη μονωμένες μικροβελόνες παρέχουν ενέργεια μόνο στην άκρη της βελόνας στο χόριο ή στον υποδόριο ιστό, γεγονός που προσθέτει ένα επιπλέον στρώμα θερμικής προστασίας στην επιδερμίδα. Το Morpheus (InMode Ltd), είναι μηχανήμα το οποίο κυκλοφόρησε στην αγορά το 2018 και διαθέτει συχνότητα 1 MHz και 24 πιο παχιές μονωμένες χρυσές βελόνες. Άλλα μηχανήματα με μονωμένες βελόνες είναι το Infini (Lutronic Inc), το Genius (Lutronic Inc), το Profound RF (Candela), το INTRAcel (Jeysis/Perigee) και το Vivace (Aesthetics Biomedical). [172] Το Sylfirm X (Elogio Asia Pte. Ltd.), το οποίο κυκλοφόρησε στην αγορά το 2012, διαθέτει συχνότητα 2 MHz και πιο λεπτές χρυσές μη μονωμένες βελόνες, εναποθέτοντας το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας πιο βαθιά στο δέρμα, είτε συγκεντρωμένο κοντά στην άκρη της βελόνας σε μία πολύ συγκεκριμένη περιοχή, είτε σε σχήμα “σταγόνας” στην περίπτωση που το παλμικό κύμα παραμένει για περισσότερο χρόνο, σε κάθε περίπτωση όμως δεν παρατηρείται θέρμανση της επιφάνειας της επιδερμίδας. Αυτό περιγράφεται ως η πατενταρισμένη τεχνολογία που επιφέρει την επίδραση “na” (na effect). Η χρήση του Sylfirm X θεωρείται πιο ασφαλής για σκούρους φωτότυπους που μπορεί να εμφανίσουν πιο εύκολα ανεπιθύμητα συμπτώματα όπως η μεταφλεγμονώδης υπερμελάγχρωση. Επίσης θεωρείται λιγότερο επίπονο από το Morpheus. Μη μονωμένες βελόνες διαθέτει επίσης το Intensif (Endymed Medical, Caesarea, Israel), το Legend Pro (Lumenis, Yokneam, Israel) και το Scarlet (Aesthetic Medical Partners), το οποίο παράγει σύντομους παλμούς ραδιοσυχνοτήτων (short pulse radiofrequency, SRF). Κάποια μηχανήματα όπως το PiXel8-RF (Rohrer Aesthetics), το Fractora (InMode Ltd) και το Virtue RF (Cartessa), έχουν την δυνατότητα επιλογής στην κεφαλή για θεραπεία είτε με μονωμένες, είτε με μη μονωμένες βελόνες. [172] Τέλος, υπάρχουν και μηχανήματα που διαθέτουν ημι-μονωμένες βελόνες.

Στις συσκευές MRF εκτός από τα MHz, άλλη σημαντική παράμετρος τεχνικών χαρακτηριστικών αποτελεί η ισχύς (W) RF.

Ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών, μικροβελονισμού και RF, εκτός από την αύξηση της ελαστικότητας του δέρματος, την αντιμετώπιση της χαλάρωσης και τη βελτίωση γραμμών και ρυτίδων, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την θεραπεία της ακμής και ουλών ακμής, των γεροντικών-ηλιακών κηλίδων, της υπεριδρωσίας, του μελάσματος, της ροδόχρου νόσου και για τη βελτίωση του μεγέθους πόρων, των ραγάδων, της υφής και του τόνου του δέρματος. [31], [37], [91], [128], [129], [133], [132] Το MRF εφαρμόζεται συχνά στις περιοχές του προσώπου, λαιμού, στήθους, γονάτων, χεριών και αγκώνων. Συγκεκριμένα αναφορικά με την εμφάνιση των πόρων, το MRF ίσως πρόκειται για την καλύτερη θεραπεία αντιμετώπισης τους. Στις περιπτώσεις παχύσαρκων θεραπευόμενων όπου ενδέχεται η διείσδυση να μην είναι επαρκής, συστήνονται επαναληπτικές συνεδρίες, ώστε να φτάνει η ενέργεια διαδοχικά σε όλο και βαθύτερο στρώμα. Μετά το πέρας μίας συνεδρίας μπορεί να ακολουθήσει θεραπεία αυτόλογης μεσοθεραπείας με πλάσμα αίματος υψηλής συγκέντρωσης αιμοπεταλίων (PRP), η οποία δύναται να ενισχύσει το αποτέλεσμα. Όλες οι άλλες θεραπείες πρέπει να εφαρμοστούν τουλάχιστον δύο εβδομάδες μετά. [62]

Μελέτη που διεξήχθη σε 14 άτομα Κορεατικής καταγωγής ανέλυσε μετά από μία μόνο εφαρμογή MRF αποτελέσματα που αξιολογήθηκαν αντικειμενικά (μέσω σειριακών φωτογραφιών και παρατήρηση ιστολογικών αλλαγών) και υποκειμενικά (με αξιολόγηση από τα ίδια τα άτομα). Η αυτο-αξιολόγηση έδειξε πως το 86.7% των συμμετεχόντων βρήκε τα αποτελέσματα ικανοποιητικά. Ιστολογικά εξετάστηκε το δέρμα πριν, αμέσως μετά την θεραπεία και ύστερα από τέσσερις μήνες. Αμέσως μετά παρατηρήθηκαν μερικώς μετουσιωμένες ίνες κολλαγόνου και συρρίκνωση του δέρματος, ενώ τέσσερις μήνες μετά υπήρξε αύξηση στο κολλαγόνο και την ελαστίνη. Τέλος, ανεξάρτητοι δερματολόγοι έκριναν τα αποτελέσματα με τη διεθνή βαθμίδα αξιολόγησης GAIS (Global Aesthetic Improvement Scale), η οποία ορίζει το 1 ως «χειροτέρευση», το 2 ως «καμία αλλαγή», το 3 «βελτίωση», το 4 «μεγάλη βελτίωση», το 5 «πολύ μεγάλη βελτίωση», το 53.3% αξιολόγηση με 5, 26.7% αξιολόγηση με 4 και 20% αξιολόγηση με 3. [39]

Σε μελέτη το 2022, έγινε εφαρμογή του Sylfirm X ως μονοθεραπεία και συνδυασμού του με πολυνουκλεοτίδια (polynucleotides, PN) σε θεραπεία για το μέλασμα. Η αιτία επιλογής των PN ήταν η παρελθοντική διερεύνησή τους για αντιμελανογενετικές επιδράσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο συνδυασμός με PN δεν είναι ανώτερος σε σύγκριση με το MRF μόνο του στη θεραπεία του μελάσματος. Το MRF μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές και

αποτελεσματικό για τη βελτίωση της τραχύτητας του δέρματος και επίσης να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική θεραπευτική επιλογή για το μέλασμα. [176]

Μια αναδρομική ανασκόπηση διαγράμματος με τη χρήση του INFINI® (Lutronic, Goyang, South Korea), το οποίο είναι μηχάνημα που διαθέτει και κεφαλή με 40 βελόνες (MRF) και κεφαλή που παρέχει με μη επεμβατικό τρόπο ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων εξωτερικά στο δέρμα, έδειξε μέσω σφαιρικής αξιολόγησης φωτογραφιών από τον ερευνητή, ανάλυσης του ερυθήματος με λογισμικό ανάλυσης εικόνας και φωτομετρικές συσκευές και βιοψίας δέρματος, πως πρόκειται για μία ασφαλής και αποτελεσματική θεραπεία για το μεταφλεγμονώδες ερύθημα, με πιθανές αντιφλεγμονώδεις και αντιαγγειογενετικές ιδιότητες. [169]

2) *Fractional micro-plasma RF (Pixel RF, Alma Lasers)*

Πρόκειται για μονοπολικό RF, με καλά αποτελέσματα σε ρυτίδες, ραβδώσεις και ουλές. [28], [93] Η κεφαλή διαθέτει μία σειρά από στενά διατεταγμένες ακίδες, οι οποίες έρχονται σε επαφή με το δέρμα και παρέχουν ένα λεπτό κενό αέρα μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και της οροφής του ηλεκτροδίου. Η εκπομπή της ενέργειας RF σε μικρή απόσταση από το δέρμα σχηματίζει πλάσμα σε αέρια μορφή, στην οποία ένα μέρος των μορίων ionίζεται. Καθώς το πλάσμα είναι πολύ ευαίσθητο στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, το ρεύμα RF προκαλεί μικροσπινθήρες στο πλάσμα μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και των ακίδων του ηλεκτροδίου. Αυτοί οι σπινθήρες προκαλούν ήπια επιδερμική εκτομή και διατρύπουν το χόριο επιφανειακά για να σχηματίσουν μικρο-κανάλια.

Σε πιλοτική μελέτη, δεκαέξι συμμετέχοντες με ατροφικές ουλές ακμής στο πρόσωπο ή ρυτίδες υποβλήθηκαν σε θεραπεία ανά διαστήματα 4 εβδομάδων. Οι ουλές ακμής παρουσίασαν σημαντική βελτίωση μετά από δύο έως τέσσερις θεραπείες. Οι ρυτίδες του προσώπου παρουσίασαν μειωμένο βάθος μετά από δύο θεραπείες και σημαντική βελτίωση μετά από τέσσερις θεραπείες. [29]

Μελέτη που διεξήχθη στην Κίνα σε 60 εθελοντές με ακμή και ρυτίδες, έδειξε πως συγκριτικά με το MRF, το fractional micro-plasma RF έχει καλύτερα αποτελέσματα παραγωγής κολλαγόνου, ιδιαίτερα στις κυματοειδείς (rolling) ουλές, με το κόστος όμως των πιο έντονων παροδικών παρενεργειών (πόνος, ερύθημα, οίδημα). [28]

Άλλη μελέτη σε 95 Ασιάτες για την αντιμετώπιση μη υπερτροφικών ουλών μετά από εγκαύματα, έδειξε βελτίωση σε χρώμα, πάχος και ευκαμψία της ουλής. [93]

3) Κλασματικές ραδιοσυχνότητες (*fractional RF*), (*FRF*)

Το κλασματικό RF (FRF) είναι εμπνευσμένο από την τεχνολογία κλασματικού λέιζερ. Παρέχει ενέργεια RF σε μοτίβο πλέγματος μέσω ηλεκτροδίων-μικροβελόνων, δημιουργώντας ελεγχόμενες θερμικές ζώνες τραυματισμού στο δέρμα, ενώ οι γύρω περιοχές παραμένουν ανεπηρέαστες. Αυτή η προσέγγιση διεγείρει τη φυσική επούλωση του δέρματος και προωθεί την παραγωγή νέου κολλαγόνου και ελαστίνης.

Η βασική διαφορά μεταξύ του FRF και του MRF έγκειται στον μηχανισμό χορήγησης. Στις FRF τεχνολογίες, όπως η Trifractional RF™ (Pollogen Ltd.), η κεφαλή διαθέτει πολύ λεπτά ηλεκτρόδια βάθους 150μ όπου θερμοκαυτηριάζουν με ραδιοσυχνότητες το δέρμα για τη μικροαφαίρεση της επιφάνειάς του. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε βελτιωμένη υφή του δέρματος και μείωση των ρυτίδων και των ουλών ακμής. [145] Στο MRF οι λεπτές βελόνες διεισδύουν πιο βαθιά στο δέρμα, δημιουργώντας μικροτραυματισμούς και η ενέργεια RF παρέχεται μέσω αυτών των καναλιών.

Αξίζει να τονιστεί επιπροσθέτως, πως η υπερμελάγχρωση, η οποία πρόκειται για μία παρενέργεια που μπορεί να εμφανιστεί με οποιαδήποτε ενεργειακή συσκευή, σχετίζεται σε χαμηλότερο ποσοστό με θεραπείες FRF. [178]

Στην αγορά κυκλοφορεί συσκευή FRF (Trifractional RF™), η οποία διαθέτει επίσης παντενταρισμένη τεχνολογία δυναμικής ενεργοποίησης των μυών (Dynamic Muscle Activation, DMA™), η οποία σε μελέτη του 2020 με 13 συμμετέχοντες έδειξε σύμφωνα με τον ερευνητή και την κλίμακα GAI στις αξιολογήσεις παρακολούθησης 3 μηνών, το 81,8% των συμμετεχόντων βελτιωμένο και το 18,2% πολύ βελτιωμένο στις λεπτές γραμμές, τις ρυτίδες και τη σφριγηλότητα του δέρματος. [146]

Έρευνα σε ανθρώπινο δέρμα με το μηχάνημα fractional RF Renesis παρείχε ενέργεια RF απευθείας στο χόριο μέσω 5 ζευγών ηλεκτροδίων μικρο-βελόνων. Η θερμοκρασία του ιστού διατηρήθηκε στους 72°C για 4 δευτερόλεπτα με την χρήση ενός έξυπνου συστήματος ανατροφοδότησης. Η απόκριση της επούλωσης του τραύματος αξιολογήθηκε ιστολογικά και με RT-PCR έως και 10 εβδομάδες μετά τη θεραπεία. Η νεοελαστογένεση και ο ρόλος των πρωτεϊνών θερμικού σοκ (HSPs) αξιολογήθηκαν με ανοσοϊστοχημεία. Τα αποτελέσματα

ήταν πως το FRF δημιούργησε ένα μοτίβο θερμικής ζώνης RF (radiofrequency thermal zone, RFTZ) στο δικτυωτό χόριο, το οποίο αποτελούνταν από ζώνες μετουσιωμένου κολλαγόνου που χωρίζονταν από ζώνες του δερματικού ιστού. Οι RFTZ παρατηρήθηκαν έως την 28η ημέρα μετά τη θεραπεία, αλλά αντικαταστάθηκαν από νέο δερματικό ιστό έως τις 10 εβδομάδες. Η έκφραση της HSP72 μειώθηκε γρήγορα μετά την ημέρα 2, ενώ η έκφραση της HSP47 αυξήθηκε προοδευτικά έως τις 10 εβδομάδες. Ο όγκος του δικτυωτού δέρματος, η κυτταρική πυκνότητα, το υαλουρονικό οξύ και η περιεκτικότητα σε ελαστίνη αυξήθηκαν. Μελέτες RT-PCR αποκάλυψαν άμεση αύξηση των IL-1beta, TNF-alpha και MMP-13, ενώ τα επίπεδα MMP-1, HSP72, HSP47 και TGF-beta αυξήθηκαν από την δεύτερη ημέρα. Παρατηρήθηκε επίσης σημαντική επαγωγή της τροποελαστίνης, της φιμπριλλίνης, καθώς και των προκολλαγόνων 1 και 3, έως 28 ημέρες μετά τη θεραπεία. Η μελέτη αποκάλυψε ότι μετά τη θεραπεία ξεκινά μια έντονη αντίδραση επούλωσης του τραύματος, με προοδευτική αύξηση της διήθησης των φλεγμονωδών κυττάρων από την ημέρα 2 έως τις 10 εβδομάδες. Μια ενεργή διαδικασία δερματικής αναδιαμόρφωσης που καθοδηγείται από τον συνοδό του κολλαγόνου HSP47, οδήγησε σε πλήρη αντικατάσταση των RFTZ με νέο κολλαγόνο έως 10 εβδομάδες μετά τη θεραπεία. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας τόσο ανοσοϊστοχημικές μελέτες όσο και μελέτες PCR, καταδείχθηκαν με επιτυχία για πρώτη φορά ενδείξεις βαθιάς νεοελαστογένεσης μετά από θεραπεία RF σε ανθρώπινο δέρμα. Ο συνδυασμός της νεοελαστογένεσης και της νεοκολλαγένεσης που προκαλείται από τη θεραπεία με το σύστημα FRF μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη θεραπευτική επιλογή για τη χαλάρωση του δέρματος και/ή τις ρυτίδες. [144]

Σε μελέτη με εξήντα επτά συμμετέχοντες που έγιναν τέσσερις συνδυασμοί θεραπειών – FRF μόνο του, τρίχλορο οξικό οξύ (trichloroacetic acid, TCA) μόνο του, FRF και ύστερα TCA και TCA και ύστερα FRF, φάνηκε πως το TCA και ύστερα FRF προκάλεσε μείωση της αντίστασης του δέρματος, με αποτέλεσμα την πιο επιφανειακή και λιγότερο αποτελεσματική διείσδυση της ενέργειας FRF. Η θεραπεία με FRF και ύστερα TCA έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα σε βελτίωση της συνολικής εμφάνισης του δέρματος του προσώπου (GAIS) και των περισσότερων αξιολογημένων παραμέτρων του δέρματος (σύνολο παραμέτρων: βελτίωση της μελάγχρωσης και δυσχρωμίας, βελτίωση ερυθρήματος και αιμοφόρων αγγείων, χαλάρωσης, ρυτίδων και ατελειών του δέρματος). Οι ανεπιθύμητες ενέργειες και τα ποσοστά ικανοποίησης ήταν παρόμοια για όλες τις προσεγγίσεις. [178]

Η επιλογή της εκάστοτε θεραπείας γίνεται συχνά με βάση τους συγκεκριμένους στόχους της θεραπείας, την περιοχή που θεραπεύεται και τις προτιμήσεις του θεραπευτή.

Επίσης όταν χρησιμοποιείται fractional RF (ή και MRF) σε συνδυαστικό πρωτόκολλο με αυτόλογη μεσοθεραπεία (PRP) διευκολύνεται η είσοδος του PRP βαθύτερα στο δέρμα.

Το fractional RF επιπλέον θεωρείται τεχνολογία ηπιότερη σε σύγκριση με το laser διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και με πολύ μικρότερο χρόνο αποθεραπείας. Ο θεραπευόμενος μπορεί να επιστρέψει στις δραστηριότητες του από την επόμενη ημέρα.

4) Υπέρυθρη ακτινοβολία (IR)

Η έκθεση του ανθρώπινου δέρματος σε υπέρυθρη ακτινοβολία (0,78-1000 μm) που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, θερμά σώματα/ύλη ή από συσκευές που εκπέμπουν IR, έχει μακρά ιστορία και έχει υποστεί ευρεία χρήση τόσο σε ιατρικές θεραπείες, όσο και για προληπτικά μέτρα, και πιο πρόσφατα στον τομέα της "ευεξίας". Δεδομένου ότι η συνιστώσα IR της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης είναι κυρίως IR-A (0,78-1,40 μm) και λόγω της αυξανόμενης χρήσης συσκευών που εκπέμπουν τεχνητά παραγόμενη ακτινοβολία IR-A, αυτή η ζώνη ακτινοβολίας IR μικρού μήκους κύματος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η υπέρυθρη ακτινοβολία αυξάνει τη θερμοκρασία στο δέρμα — μέχρι και στον υποδόριο ιστό, ενισχύει την αιματική κυκλοφορία, επιταχύνει την επούλωση των πληγών και αυξάνει την εναπόθεση ελαστικών ινών [72].

Το υπέρυθρο φως ενσωματώνεται μερικές φορές μαζί με τις ραδιοσυχνότητες για συνδυασμένα αποτελέσματα σε συσκευές όπως η Vgh Infrared & RF Plus (Vagheggi Phytotech). Κάποιες από τις αντενδείξεις για τις συγκεκριμένες θεραπείες, όπως και για τις θεραπείες με κόκκινο φως, περιλαμβάνουν τον καρκίνο του δέρματος, την οξεία δερματική νόσο που απαιτεί δερματολογική θεραπεία, την υπάρχουσα ή προγραμματισμένη εγκυμοσύνη, τη γαλουχία, το ιστορικό φωτοευαισθησίας ή την πρόσφατη χρήση φωτοευαισθητοποιητικών φαρμάκων και την επιληψία. [68]

Σε μελέτη πενήντα έξι συμμετεχόντων έγινε χρήση συσκευής κλασματικής διπολικής ραδιοσυχνότητας με θεραπεία διπολικής ραδιοσυχνότητας και υπέρυθρου φωτός (eTwo system, Syneron Medical Ltd., Yokneam, Israel) για την βελτίωση των ρυτίδων του προσώπου και του συνολικού τόνου και της υφής του δέρματος. Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές χειρολαβές για τη μη επεμβατική θεραπεία των ρυτιδώσεων του προσώπου: μία που χρησιμοποιεί ακτινοβολία IR (μήκη κύματος 700-2000 nm) σε συνδυασμό με διπολικό RF και μία που χρησιμοποιεί μόνο κλασματικό διπολικό RF. Η διαδικασία με την

ακτινοβολία IR σε συνδυασμό με διπολικό RF εκτελέστηκε πρώτα, ακολουθούμενη αμέσως από μια κλασματική θεραπεία διπολικού RF. Πραγματοποιήθηκαν τρεις θεραπείες σε διαστήματα 4 έως 6 εβδομάδων. Η βαθμολόγηση ρυτίδων και ελάστωσης κατά Fitzpatrick μειώθηκε σημαντικά τρεις μήνες ($P < .01$, δοκιμασία t σε ζεύγη) και έξι μήνες ($P < .001$, δοκιμασία t σε ζεύγη) μετά την τελική θεραπεία. Οι αξιολογήσεις των ερευνητών σχετικά με τη συνολική βελτίωση της εμφάνισης του προσώπου, κατέδειξαν βελτίωση 88% στις 12 εβδομάδες και 82% στις 24 εβδομάδες μετά την τελική θεραπεία. Οι αξιολογήσεις των υποκειμένων ήταν παρόμοιες, αναφέροντας σταθερά βελτίωση των ρυτίδων και της συνολικής εμφάνισης του δέρματος του προσώπου καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης και υψηλό βαθμό ικανοποίησης από τα τελικά αποτελέσματα. Τα υποκείμενα ανέχθηκαν καλά τις διαδικασίες, με μόνο παροδικό ήπιο έως μέτριο ερύθημα και οίδημα στους περισσότερους ασθενείς, χωρίς επιπλοκές. [180]

5) Φωτοθεραπεία με δίοδο εκπομπής φωτός (*light emitting diode*) (*led*)

Ορισμένες συσκευές εξωτερικού RF έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ταυτόχρονα κόκκινο φως (ορατό φάσμα φωτός, 620-700 nm), αν αυτό είναι επιθυμητό. Υπάρχει δηλαδή η επιλογή θεραπείας και με τη συμβολή φωτός και χωρίς. Αν το μηχάνημα δεν έχει την δυνατότητα να μην παράγει το φως, τότε απαγορεύεται η εφαρμογή σε ενδιαφερόμενους που παρουσιάζουν οποιοδήποτε τύπου φωτοευαισθησία. Σε έρευνα στην οποία ακτινοβολήθηκε με κόκκινο φως δερματικό ισοδύναμο επιδερμίδας και ανθρώπινος δερματικός ιστός σε καλλιέργεια για δύο ώρες, φάνηκε πως η φωτοθεραπεία επιταχύνει την αποκατάσταση του επιδερμικού φραγμού, τον δερματικό πολλαπλασιασμό, δηλαδή την διαδικασία κυτταρικής διαίρεσης και πολλαπλασιασμού εντός της επιδερμίδας στη βασική στιβάδα και την μιτοχονδριακή δραστηριότητα. [94] Σε άλλη μελέτη φάνηκε πως το κόκκινο φως βελτίωσε σημαντικά τον τόνο του δέρματος, την αίσθηση του δέρματος, τη βαθμολογία έντασης κολλαγόνου, την τραχύτητα του δέρματος και την κατάσταση των ρυτίδων. [68]

6) RFAL (*Υποβοηθούμενη με ραδιοσυχνότητες λιπόλυση, Radio Frequency Assisted Lipolysis*)

Η εισαγωγή της λιποαναρρόφησης/λιπογλυπτικής/λιποπλαστικής από τον Πλουζ και άλλους ιατρούς έλαβε χώρα πριν 30 χρόνια. Από τότε έχουν γίνει άλματα στην αισθητική πλαστική για την αντιμετώπιση τοπικών εναποθέσεων λίπους σε άτομα που δεν πάσχουν από γενικευμένη παχυσαρκία και σήμερα πλέον αρκετοί πλαστικοί ανά τον κόσμο χρησιμοποιούν

τη μέθοδο RFAL. [112] Σε αντίθεση με τις μεθόδους RF όπου η θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή για τη διέγερση των ινοβλαστών και την επιτάχυνση του μεταβολισμού, η RFAL πρόκειται για πιο επιθετική, επεμβατική, αφαιρετική και πηκτική (ablative coagulative) μέθοδο με νεκρωτική φύση, η οποία επιτυγχάνει παρόλα αυτά ανώδυνη και αναίμακτη λιποαναρρόφηση/λιπογλυπτική. Εκτελείται με τοπική αναισθησία ή μέθη, με κυριότερο κριτήριο την έκταση της περιοχής που επιθυμείται να θεραπευθεί. Οι συσκευές που ανήκουν στην κατηγορία RFAL ενδείκνυνται για ανθρώπους που διαθέτουν περίσσεια λίπους μαζί με χαλάρωση, επιτυγχάνοντας θετικά αποτελέσματα και στις δύο παραμέτρους. Προτιμώνται από το νεαρότερο πληθυσμό, που επιθυμεί σύσφιξη του δέρματος χωρίς ουλές και χρόνο αποθεραπείας, όπως στα κλασικά χειρουργεία, από άτομα που δεν έχουν πρόβλημα που χρίζει χειρουργικής εκτομής δέρματος και τέλος από άτομα με υποτροπιάζουσα χαλαρότητα που έχουν υποβληθεί στο παρελθόν σε παραδοσιακές χειρουργικές θεραπείες. Οι πρώτες θεραπείες που έλαβαν έγκριση, ήταν για εφαρμογή στην περιοχή υπό του σαγονιού και το 2016 δόθηκε επίσης έγκριση σε συσκευές θεραπείας σώματος, με τις οποίες μπορεί να γίνει εφαρμογή σε σημεία όπως η κοιλιακή χώρα, η πλάτη, τα χέρια, οι μηροί κ.α. Ο ορισμός του FDA για τις μονοπολικές RFAL συσκευές αφορά το μέγεθος και τη θέση των ηλεκτροδίων σε σχέση με τον θεραπευόμενο κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Σύμφωνα με τις οδηγίες του FDA [110], μονοπολική είναι μια ηλεκτροχειρουργική τεχνική στην οποία το ρεύμα ρέει από ένα μόνο ενεργό ηλεκτρόδιο στο χειρουργικό σημείο, μέσω του θεραπευόμενου, σε ένα σχετικά απομακρυσμένο ηλεκτρόδιο επιστροφής. Μία συσκευή που χρησιμοποιεί μονοπολική RFAL, είναι η συσκευή ThermiTight (Thermi, Irving, TX). Για να έχουμε αποτέλεσμα νεο-κολλαγένεσης, το δέρμα και οι μαλακοί ιστοί θερμαίνονται από τους 60°C έως τους 80°C και η επιδερμική θερμοκρασία κυμαίνεται από 39°C μέχρι 42°C προκειμένου να αποφευχθεί ο θερμικός τραυματισμός. [51], [111]. Έτσι τήκεται το λίπος και καίγονται τα αγγεία, οπότε και αυτά δεν αιμοραγούν — συνεπώς, σαφώς θεωρείται πιο ασφαλής μέθοδος από μία συμβατική λιποαναρρόφηση. Οι συσκευές αποτελούνται από δύο μέρη — στην κάτω μεριά βρίσκεται μία κάνουλα-κεφαλή, η οποία εισχωρεί υποδερμικά στο δέρμα (subdermal probe) και στην πάνω μία στρογγυλή κεφαλή που παράγει ραδιοσυχνότητες και θερμαίνει τοπικά το δέρμα. Στην αγορά θα συναντήσουμε και συσκευές RFAL που διαθέτουν διπολικό RF, όπως το BodyTite™ (Invasix Ltd., Yokneam, Israel), FaceTite, NeckTite, AccuTite. [30] Η διαφορά του Facetite με το Accutite είναι ότι η συσκευή FaceTite έχει σχεδιαστεί για μεγαλύτερες περιοχές. Για παράδειγμα, αν επιθυμείται η διαμόρφωση του περιγράμματος του σαγονιού ή/και του λαιμού, ώστε να συσφιχθεί το δέρμα και να μειωθεί ο λιπώδης ιστός,

μπορεί να γίνει χρήση FaceTite. Από την άλλη πλευρά, η συσκευή AccuTite προορίζεται για μικρότερες περιοχές. Θα χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για τη θεραπεία λιπωδών σωμάτων (fat pads) στις ρινοπαραρειακές πτυχές και στο πηγούνι. Μπορεί ακόμη να θεραπεύσει το λίπος κάτω από τις μασχάλες στην πλάτη, το οποίο μπορεί να δίνει αντιαισθητική εικόνα όταν μία γυναίκα φοράει στηθόδεσμο. Αυτά τα διπολικά συστήματα αποτελούνται από εσωτερικά θετικά και εξωτερικά αρνητικά ηλεκτρόδια. Το ρεύμα RF ρέει προς τα πάνω από το εσωτερικό στο εξωτερικό ηλεκτρόδιο, το οποίο ολισθαίνει κατά μήκος της επιδερμικής επιφάνειας παράλληλα με το εσωτερικό ηλεκτρόδιο. Αυτός ο εσωτερικός αισθητήρας πήζει τον υποδόριο λιπώδη ιστό που βρίσκεται δίπλα στο ηλεκτρόδιο στον επιφανειακό υποδερμικό χώρο. Καθώς η ενέργεια κινείται προς το εξωτερικό ηλεκτρόδιο, διαχέεται και παρέχει ένα ήπιο θερμικό αποτέλεσμα στο θηλώδες χόριο. Ο μηχανισμός της διπολικής RF είναι μέσω της ελεγχόμενης παροχής θερμικής ενέργειας στο χόριο και στο υποδόριο ινοπλαστικό δίκτυο (subcutaneous fibroseptal network, FSN). Η αντίσταση των ιστών στη ροή της ενέργειας RF έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θερμότητας. Η ενέργεια RF έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί θερμικά επαγόμενα συσπαστικά του κολλαγόνου και αναδιάρθρωση των ινών του. Όταν η θερμική ενέργεια παρέχεται στο χόριο, έχει ως αποτέλεσμα τη σύσφιξη του δέρματος και όταν παρέχεται στο FSN, προκαλεί ογκομετρική συστολή. [111] Ως αποτέλεσμα, αυτές οι συσκευές μπορούν να επιτύχουν μη πηκτικές θερμικές μεταβολές στο χόριο και πηκτική θερμική νέκρωση στο κατώτερο 30% του δικτυωτού χορίου, μαζί με διαταραχή των λιποκυττάρων, πήξη των αιμοφόρων αγγείων και συστολή των βαθιών ινοπλαστικών ζωνών του δικτύου. Αυτές οι εξελιγμένες διπολικές συσκευές είναι επίσης εξοπλισμένες με αισθητήρες ρύθμισης της θερμοκρασίας με μηχανισμούς ασφαλείας για την προστασία του θεραπευόμενου. [35]

Τα τελικά αποτελέσματα μίας θεραπείας RFAL σχηματίζονται μέχρι και τρεις μήνες μετά. Πρέπει επιπροσθέτως να σημειωθεί πως υπάρχουν ποικίλες χειρολαβές συσκευών, οι οποίες επιτρέπουν τη χρήση για αναρρόφηση λίπους σε συνδυασμό με σύσφιξη, σε περιοχές όπως το σώμα και το στήθος, ή για αμιγείς διαδικασίες σύσφιξης του δέρματος, όπου η αφαίρεση λίπους αποτελεί δευτερεύον μέλημα, όπως είναι επιθυμητό σε περιοχές σαν των χεριών, του λαιμού και του προσώπου. [167] Κριτήρια αποκλεισμού μελέτης RFAL περιλάμβαναν έγκυες γυναίκες, καρκίνος ή ιστορικό καρκίνου, ηπατική ή νεφρική ανεπάρκεια, υπερλιπιδαιμία, HIV, διαβήτη, υποτροπιάζων απλός έρπης ή ζωστήρας, ουλές στην προτεινόμενη περιοχή θεραπείας, παρουσία βηματοδότη ή απινιδωτή και ιστορικό διαταραχής της πήξης του αίματος. [102]

7) Υπερήχοι

Συνδυασμό υπερήχων με μονοπολικές ραδιοσυχνότητες συναντάμε σε συσκευές όπως το Exilis Elite και το πιο πρόσφατο, με καλύτερα αποτελέσματα Exilis Ultra 360™, για χρήση σε πρόσωπο και σώμα. Επιτυγχάνεται λιπόλυση και παράλληλα μείωση ρυτίδων, σύσφιξη και τόνωση του περιγράμματος από την διέγερση παραγωγής κολλαγόνου. Συμβάλλει επίσης στην βελτίωση της όψης της κυτταρίτιδας. Συνήθως εφαρμόζεται στα μάτια, το στόμα, το σαγόνι, το πηγούνι, το ντεκολτέ, την κοιλιά, την περιφέρεια, τους γλουτούς, την πλάτη, τους βραχίονες, τα γόνατα, τους αστραγάλους, το εσωτερικό των μηρών και το στήθος στους άντρες, σε περιπτώσεις γυναικομαστίας για παράδειγμα. Το Exilis Ultra 360™, παράγει επίσης λιγότερη θερμότητα από το Exilis Elite και έτσι είναι πιο ανεπαίσθητο κατά την εφαρμογή.

Σε μία κλινική μελέτη που διεξήχθη σε βιετναμέζικους χοίρους το 2015 για την αποτελεσματικότητα του Exilis Elite (BTL Industries Inc., Boston, MA, USA), συσκευή μονοπολικής ραδιοσυχνότητας, παρατηρήθηκε από βιοψίες ιστολογικών δειγμάτων η περιεκτικότητα σε κολλαγόνο στους ιστούς από το αρχικό 9% πριν τη θεραπεία, να αυξάνεται μέχρι και 25,9% τρεις μήνες μετά την θεραπεία. Το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τέσσερις θεραπείες διάρκειας δέκα λεπτών στην κοιλιακή χώρα, με συχνότητα μία θεραπεία ανά βδομάδα, στις οποίες η θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος κυμαίνονταν από τους 39 μέχρι 43°C. Το δέρμα του βιετναμέζικου χοίρου είναι πολύ παρόμοιο με το ανθρώπινο δέρμα και πρόκειται για ένα καλό μοντέλο λειτουργικότητας ή ασθένειας. Η μελέτη συμπέρανε πως η μονοπολική ραδιοσυχνότητα αυξάνει σημαντικά την αναδιαμόρφωση του κολλαγόνου. [32]

Συσκευές που επίσης αξιοποιούν και τις δύο τεχνολογίες είναι και οι cavitation-RF. Οι συσκευές cavitation μπορούν να μειώσουν τον λιπώδη ιστό και την εμφάνιση της κυτταρίδας μετατρέποντας στην περιοχή της κεφαλής της συσκευής την ακουστική ενέργεια των υπερηχητικών κυμάτων σε θερμική, μέσω της ταλάντωσης της επιφάνειας της. Το cavitation με τη χρήση των υπερήχων έχει δύο επιδράσεις στα λιποκύτταρα: τη θερμογένεση, η οποία συμβαίνει λόγω της απορρόφησης των κυττάρων, και τη μηχανική συμπίεση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη σπηλαίωση, η οποία καταστρέφει τους λιπώδεις ιστούς.

Σε μελέτη που σύγκρινε τις θεραπείες με RF συνδυαστικά με cavitation έναντι της κρυολιπόλυσης, βρέθηκε πως η πρώτη ομάδα παρουσίασε σπουδαιότερη μείωση βάρους και είχε καλύτερη βελτίωση της περιφέρειας μέσης, της δερματοπτυχής και του δείκτη μάζας σώματος από τα άτομα που έλαβαν κρυολιπόλυση. Ωστόσο, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ της σπηλαίωσης συν ραδιοσυχνότητα και της κρυολιπόλυσης στα επίπεδα λεπτίνης και ινσουλίνης. [27]

8) *RF με κενό και παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (Vacuum and Pulsed Electromagnetic Fields) (PEMF)/RF με παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (Pulsed Electromagnetic Fields) (PEMF)*

Αυτός ο συνδυασμός χρησιμοποιείται για μη επεμβατική περιγράμμιση του σώματος. Το RF θερμαίνει τον ιστό, η θεραπεία με κενό αναρρόφησης ενισχύει τη ροή του αίματος και το PEMF διεγείρει τις μυϊκές συσπάσεις. Οι μέθοδοι ελεγχόμενης με αναρρόφηση παραγωγής ρεύματος και θεραπείας με κενό, συνδυάζονται με διπολικό RF και χρησιμοποιούν την αναρρόφηση για να διπλώσουν το δέρμα και επιτρέποντας μια πιο ομοιογενή επαφή με τη συσκευή. Ως εκ τούτου, παρέχεται κατάλληλη κατανομή θερμότητας με μεγαλύτερο έλεγχο της παροχής ρεύματος, η οποία, όπως και οι τεχνολογίες ELOS, επιτρέπει περαιτέρω χαμηλότερες απαιτούμενες ενέργειες RF, μειώνοντας τη δυσφορία της θεραπείας και τις συναφείς ανεπιθύμητες ενέργειες. [35]

Στο σύστημα Venus Versa (Venus Concept, Weston, FL) το PEMF και το IPL συγχωνεύονται συνεργιστικά με το RF για την επίτευξη πλήρους θεραπείας προσώπου. Ο εφαρμογέας IPL του συστήματος Venus Versa εφαρμόζεται για τη σταδιακή αφαίρεση καλοήθων μελαγχρωματικών και αγγειακών αλλοιώσεων. Ο εφαρμογέας DiamondPolar συνδυάζει RF με PEMF για την ενίσχυση της παραγωγής κολλαγόνου, τη μείωση της χαλάρωσης του δέρματος και την εξασθένιση της εμφάνιση των ρυτίδων. Αυτά τα δύο στάδια ακολουθούνται από NanoFractional RF για να βοηθήσουν στην ανανέωση της επιφάνειας του δέρματος και να βελτιώσουν την εμφάνιση των καταστάσεων υφής του δέρματος, όπως ουλές, ροδόχρου ακμή, διευρυμένοι πόροι, δυσχρωμία και μελάγχρωση. Αυτή η θεραπεία τριών σταδίων ονομάστηκε TriBELLA. Η καλύτερη ανταπόκριση των ασθενών παρατηρείται με περιόδους ανάπαυσης 10 λεπτών μεταξύ κάθε εφαρμογής. Η διάρκεια της θεραπείας είναι περίπου 1,5 ώρα. Διαπιστώθηκε ότι το βέλτιστο πρωτόκολλο θεραπείας είναι συνολικά τρεις θεραπείες με διαστήματα 4 έως 5 εβδομάδων. Τα αποτελέσματα είναι ορατά περίπου 3 μήνες

μετά την τελευταία θεραπεία και οι θεραπείες συντήρησης θα πρέπει να πραγματοποιούνται κάθε 6 μήνες. [181]

9) Ηλεκτρική διέγερση μυών (*electrical muscle stimulation, EMS*)

Με την πρόοδο της τεχνολογίας απαιτείται μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της χαλάρωσης των μαλακών μορίων, των μυών και της υπερτροφίας του λίπους για τους ανθρώπους που επιθυμούν τη μη επεμβατική διαμόρφωση του σώματος. Στην αγορά θα συναντήσουμε συσκευές για την αναδιαμόρφωση του σώματος με δυνατότητα παροχής και των δύο θεραπειών ταυτόχρονα. Οι παλαιότερες συσκευές είχαν συνήθως επικεντρωθεί μόνο στη μείωση του λίπους, χωρίς αντίκτυπο στη χαλάρωση των μυών ή του δέρματος. Μελέτη με 38 συμμετέχοντες που υποβλήθηκαν σε τρεις συνεδρίες με το EvolveX Transform (InMode, Lake Forest, CA), μηχανήμα το οποίο παρέχει θεραπεία με διπολικό RF και EMS, έδειξε στατιστικά αποτελεσματική βελτίωση στην ικανοποίηση του υποκειμένου, στο υπερηχογράφημα 1mm, στο υπερηχογράφημα 2mm, στο μέσο όρο των υπερηχογραφημάτων 1 και 2mm, στις μετρήσεις του παχύμετρου 1, στις μετρήσεις του παχύμετρου 2, στο μέσο όρο των μετρήσεων παχύμετρου 1 και 2, στην άνεση του υποκειμένου, στη μέτρηση της ευρύτερης περιφέρειας, στη μέτρηση 2 ιντσών πάνω από την περιφέρεια, στη μέτρηση 2 ιντσών κάτω από την περιφέρεια, στη μέση μέτρηση της περιφέρειας και τέλος, στη συμφωνία φωτογραφίας από τυφλό αξιολογητή. [103]

Πρακτικά η συνδυαστική θεραπεία RF και EMS μπορεί να επιτύχει αποτελέσματα σε τρεις παραμέτρους — την σύσφιξη του δέρματος, την καύση του λίπους και την ανάπτυξη μυϊκού ιστού. Κατά την χρήση του μηχανήματος γίνεται εφαρμογή πηκτώματος υπερήχων στο δέρμα για την μετάδοση της ενέργειας. Αν ένας ενδιαφερόμενος είναι ήδη αδύνατος και δεν επιθυμεί απώλεια λίπους, υπάρχει επιπρόσθετη κεφαλή που μπορεί να επηρεάσει μόνο τις υπόλοιπες δύο παραμέτρους μέσω της ισοτονικής σύσπασης του μυ και την τοπική αύξηση της θερμότητας. Για ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα, συνιστώνται εβδομαδιαίες θεραπείες των 45 λεπτών για τρεις μήνες. Η σύσπαση του μυός εξαρτάται από την ρύθμιση του μηχανήματος, συνεπώς μπορεί να είναι πιο ήπια ή πιο έντονη ανάλογα με την ανοχή του ατόμου.

10) Διοδικό laser

Το διοδικό πρόκειται για μη επεμβατικό laser, το οποίο εκπέμπει μονοχρωματική ακτινοβολία με μήκος κύματος 810 nm και έχει διάφορες εφαρμογές στην αισθητική. Μία από τις χρήσεις του και αυτή που συναντάται συνδυαστικά με τις ραδιοσυχνότητες είναι η αναζωογόνηση του προσώπου. Μπορεί επίσης να αντιμετωπίσει ουλές, μικρά αγγεία και χρωματικές αλλοιώσεις. [119] Σε μελέτη για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα μίας συνδυασμένης συσκευής RF/διοδικού λέιζερ σχεδιασμένη να στοχεύει τόσο στη χαλάρωση του δέρματος όσο και στις ρυτίδες του προσώπου, συμμετείχαν είκοσι εθελοντές, φωτοτύπων I-III με ήπιες έως μέτριες ρυτίδες και χαλάρωση του δέρματος. Έλαβαν 3 θεραπείες σε διάστημα τριών βδομάδων με το Polaris WR™ (Syneron Medical Ltd, Ισραήλ) και τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν τυφλά από τον θεράποντα ερευνητή και δύο ανεξάρτητους αξιολογητές μετά από κάθε συνεδρία θεραπείας, καθώς και 3 και 6 μήνες μετά την τελική θεραπεία. Παρατηρήθηκε μέτρια βελτίωση των ρυτιδώσεων του προσώπου στην πλειονότητα των εθελοντών, όπως προκύπτει από τις αξιολογήσεις του ερευνητή και του ανεξάρτητου αξιολογητή. Οι έρευνες ικανοποίησης των εθελοντών αντανακλούσαν τις κλινικές βελτιώσεις που παρατηρήθηκαν. Οι παρενέργειες ήταν ήπιες και περιορίστηκαν σε παροδικό ερύθημα και οίδημα. Δεν παρατηρήθηκαν ουλές ή μελαγχρωματικές αλλοιώσεις. Οι πολλαπλές συνεδρίες και τα περάσματα λέιζερ ήταν καλά ανεκτά από τους συμμετέχοντες, λόγω της ελαχιστοποίησης των μεμονωμένων οπτικών ενεργειών και των ενεργειών ραδιοσυχνότητας που χρησιμοποιήθηκαν. Συμπερασματικά, το Polaris WR™, το οποίο παρέχει διαδοχικά ενέργεια ραδιοσυχνότητας και διοδικού λέιζερ, είναι ασφαλές και αποτελεσματικό για τη θεραπεία ήπιων έως μέτριων ρυτιδώσεων του προσώπου και χαλάρωσης του δέρματος. [120]

11) Έντονο παλμικό φως (IPL)

Όπως προαναφέρθηκε οι ραδιοσυχνότητες έχουν συμβολή στην έκφυση των τριχών. Συνδυάζονται ακόμη και στην ίδια συσκευή με το έντονο παλμικό φως (IPL) σε φωτότυπους I-VI για την μείωση της τριχοφυΐας. Η ανεξάρτητη από χρωμοφόρα μέθοδος παροχής ενέργειας στην RF την καθιστά βιώσιμη πρόσθετη θεραπεία για τη θεραπεία ανοιχτόχρωμων τριχών και σκουρόχρωμων τύπων δέρματος Fitzpatrick. [125] Το 2014 για πρώτη φορά, μια συσκευή οικιακής αποτρίχωσης RF-IPL χαμηλής ενέργειας αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματική και ασφαλής σε όλους τους τύπους δέρματος. Σε μελέτη που εξέτασε την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της συσκευής Me™ (Syneron Medical Ltd., Yokneam, Israel) φάνηκε πως 1 μήνα μετά από 7 εφαρμογές επιτεύχθηκε 55% μείωση της

τριχοφυΐας. Μετά από 2 επιπλέον εφαρμογές το ποσοστό αυτό έφτασε το 58%. Οι παρενέργειες ήταν παροδικές και ήπιες. [123]

Σε άλλη μελέτη σχετικά με τον ίδιο συνδυασμό τεχνολογιών σε 24 συμμετέχοντες με ανεπιθύμητη τριχοφυΐα προσώπου, αφού έγινε εφαρμογή διαδοχικά με δύο περάσματα σε κάθε περιοχή χρησιμοποιώντας ένα σύστημα συνδυασμένης ενέργειας [έντονο παλμικό φως (680-980 nm)/διπολική ραδιοσυχνότητα], τα αποτελέσματα έδειξαν πως το 22,2% των περιοχών θεραπείας παρουσίασε καθόλου/κακή κάθαρση, το 28,9% μέτρια, το 46,7% καλή και το 2,2% εξαιρετική. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν σε λεπτά και πυκνά μαλλιά, καθώς και σε ανοιχτόχρωμα και σκούρα μαλλιά. Μετά από μια περίοδο 2 ετών, οκτώ άτομα ήταν ικανοποιημένα με τα αποτελέσματα και δεν επιθυμούσαν περαιτέρω θεραπεία. Δέκα συμμετέχοντες συνέχισαν τη θεραπεία με συσκευή ηλεκτρο-οπτικής ενέργειας: Ύστερα από μέσο όρο 3,6 συνεδρίες, το 70% από τους συμμετέχοντες ήταν ικανοποιημένοι με τα αποτελέσματα. Πέντε συμμετέχοντες διέκοψαν τη θεραπεία επειδή η επιτυχία δεν ανταποκρινόταν στις προσδοκίες τους. [124]

Το έντονο παλμικό φως έχει βρεθεί επίσης πως προκαλεί δευτερογενή αποκατάσταση ιστού δημιουργώντας ελεγχόμενη βλάβη είτε στην επιδερμίδα, είτε στο χόριο, συνεπώς χρησιμοποιείται και για την δερματική αναζωογόνηση. [72]

Σε μελέτη που συνδυάστηκε το έντονο παλμικό φως μαζί με ραδιοσυχνότητες μικρού μήκους κύματος (short-wave radiofrequency, SWRF) για την διερεύνηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας στη βελτίωση της διαδερμικής απώλειας ύδατος (transepidermal water loss, TEWL) και του ερυθήματος του προσώπου σε εθελοντές με ευαίσθητο δέρμα, φάνηκε πως ο συνδυασμός SWRF με IPL ήταν αποτελεσματικός στην ανακούφιση των ερεθιστικών αισθήσεων του δέρματος και του ερυθήματος του προσώπου του ευαίσθητου δέρματος με την αποκατάσταση της λειτουργίας του δερματικού φραγμού. Οι τιμές TEWL μειώθηκαν από $20,29 \pm 5,97$ g-h-1-m-2 στην αρχική τιμή σε $14,70 \pm 6,02$ g-h-1-m-2 μετά τη θεραπεία με SWRF και $13,78 \pm 4,70$ g-h-1-m-2 μετά τη συνδυασμένη θεραπεία ($p = 0,000$). Η κάθαρση της περιοχής ερυθήματος ήταν στατιστικά σημαντική, με $14,05\% \pm 5,71\%$ στην αρχική τιμή, $9,38\% \pm 4,08\%$ μετά τη θεραπεία με SWRF και $5,73\% \pm 2,79\%$ μετά τη συνδυασμένη θεραπεία ($p = 0,000$). Δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες ενέργειες. [47]

Σε πρωτόκολλο αντιγήρανσης, έντεκα συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν την κλινική δοκιμή που περιελάμβανε εναλλασσόμενες θεραπείες με έντονο παλμικό φως (Lumecca) σε 3 συνεδρίες

και συνεχή διπολική ραδιοσυχνότητα (Forma) με επιπρόσθετο διπολικό FRF-MRF (Fractora ή Morpheus) σε 3 εναλλασσόμενες συνεδρίες, με διαφορά 3 εβδομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στις ρυτίδες (24% μετά από 6 εβδομάδες και 33% μετά από 12 εβδομάδες), στη μελάγχρωση (38% μετά από 6 εβδομάδες και 62% μετά από 12 εβδομάδες), στις αγγειακές αλλοιώσεις (29% μετά από 6 εβδομάδες και 67% μετά από 12 εβδομάδες) και στη χαλάρωση (37% μετά από 6 εβδομάδες και 40% μετά από 12 εβδομάδες). [179]

12) *MRF συνδυασμένο με PRP (PRF)*

Δεν πρέπει να συγχέεται με το pulsed radiofrequency (PRF). [169]

Το 2022 σε μελέτη με είκοσι συμμετέχοντες οι οποίοι είχαν ήπια και μέτρια χαλάρωση στην περιοχή του λαιμού, δημιουργήθηκαν δύο ομάδες, όπου η πρώτη έλαβε τρεις θεραπείες MRF και η δεύτερη τρεις θεραπείες MRF συνδυασμένο με PRP (PRF). Η εφαρμογή ήταν με επίπεδο ισχύος 7, βάθος 2,5 mm, χρόνο παλμού 600 ms και συχνότητα 1Hz. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση σε όλες τις παραμέτρους και στις δύο ομάδες, με ένα πιο αυξημένο, αλλά στατιστικά ασήμαντο, επιδερμικό πάχος στην πρώτη ομάδα. Επίσης η πρώτη ομάδα είχε πιο επιθυμητά αποτελέσματα σύμφωνα με την παγκόσμια κλίμακα αισθητικής βελτίωσης (Global Aesthetic Improvement Scale) (GAIS), παρόλα αυτά οι άλλες παράμετροι είχαν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Το συμπέρασμα των ερευνητών ήταν πως το MRF με μονωμένες μικροβελόνες προσφέρει μια ασφαλή και αποτελεσματική μέθοδο για ήπια έως μέτρια χαλάρωση του λαιμού όταν χρησιμοποιείται μόνο του ή σε συνδυασμό με PRP. Θεώρησαν πως παραμένει αμφίβολο αν ο συνδυασμός MRF με PRP παρέχει ευνοϊκότερα αποτελέσματα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και τις παρενέργειες. [62]

13) *Microplasma RF & υπέρηχος & διαδερμική χορήγηση φαρμάκων-χημικών ουσιών*

Η συσκευή Legato II (Alma Lasers Inc, Buffalo Grove, IL) διαθέτει τεχνολογία κλασματικής αφαίρεσης που είναι μοναδική στην Alma Lasers και επιδρά στα ιόντα αζώτου που υπάρχουν στον αέρα, δημιουργώντας έναν ελεγχόμενο σπινθήρα που διεισδύει στην επιφάνεια του δέρματος και αφήνει έναν κρατήρα βάθους έως και αρκετών εκατοντάδων μικρομέτρων που περιβάλλεται από θερμική βλάβη. Ο αποκομμένος επιδερμικός ιστός χρησιμεύει ως μικροκανάλι μέσω της επιδερμίδας για τη χορήγηση φαρμάκων ή καλλυντικών ουσιών. Για

να ενισχυθεί η παροχή φαρμάκων ή καλλυντικών, ένα κύμα υπερήχων δημιουργεί ένα αποτέλεσμα που μοιάζει με σφυριού, το οποίο απομακρύνει το ενδοκυτταρικό υγρό από το εσωτερικό των μικροκαναλιών για να εισάγει την ουσία θεραπείας μέσω της δερμοεπιδερμικής σύνδεσης. [181] Έχει χρησιμοποιηθεί και φανεί αποτελεσματική σαν θεραπεία στην παροχή μεγάλης ποικιλίας ουσιών στο χόριο, όπως η τριαμσινολόνη, [183] η οποία έχει φανεί πως συμβάλλει στην αντιμετώπιση της γυροειδούς αλωπεκίας με την συγκεκριμένη θεραπεία [183] και των υπετροφικών ουλών που έχουν βελτιωθεί σε μελέτη με το Legato, επίσης [184]. Άλλες ουσίες είναι το ρετινοϊκό οξύ, που χορηγήθηκε και αυτό διαδερμικά για την βελτίωση ατροφικών ουλών, με καλά αποτελέσματα [184] και τέλος το PRP, όπου έχει φανεί πως επιφέρει την επιτυχή αναζωογόνηση του δέρματος μέσω της βελτίωσης της υφής του, του ομοιογενούς τόνου και της σύσφιξης αυτού.

Οι ραδιοσυχνότητες χρησιμοποιούνται επίσης σε τους διάφορους τομείς της ιατρικής για θεραπευτικούς και όχι αισθητικούς σκοπούς [168], αναφορικά όμως με την ικανότητά τους να συσφίγγουν και να αναζωογονούν το δέρμα, χρησιμοποιούνται και σε περιστατικά αιδοιοκολπικών ατροφιών και ουρογεννητικών συνδρόμων εμμηνόπαυσης με τα μηχανήματα Votiva και Aniva να εξειδικεύονται σε αυτή τη χρήση. [33]

Αρκετά δημοφιλή είναι και τα μηχανήματα που εκπέμπουν ραδιοσυχνότητες με μία τους κεφαλή και διαφορετικές τεχνολογίες με τις υπόλοιπες, όπως το Focus Dual που αναφέρθηκε στην υποκατηγορία του MRF.

Η διάρκεια των αποτελεσμάτων από μια θεραπεία προσώπου με ραδιοσυχνότητες (RF) μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του συγκεκριμένου τύπου θεραπείας RF, της ηλικίας του ατόμου, της κατάστασης του δέρματος, του τρόπου ζωής και της ρουτίνας συντήρησης.

Τύπος θεραπείας RF: Υπάρχουν διάφορες συσκευές και τεχνικές RF για τη σύσφιξη και αναζωογόνηση του δέρματος του προσώπου. Ορισμένες θεραπείες RF παρέχουν άμεσα αποτελέσματα που μπορεί να διαρκέσουν για μερικούς μήνες, ενώ άλλες προσφέρουν πιο σταδιακές βελτιώσεις που συνεχίζουν να αναπτύσσονται για αρκετούς μήνες. Κάθε θεραπεία μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά τη διάρκεια των αποτελεσμάτων.

Ατομικοί παράγοντες: Η ηλικία, τα γονίδια και η κατάσταση του δέρματος παίζουν σημαντικό ρόλο στο πόσο θα διαρκέσουν τα αποτελέσματα μιας θεραπείας RF. Τα νεότερα

άτομα με καλή ελαστικότητα του δέρματος μπορεί να εμφανίσουν αποτελέσματα μεγαλύτερης διάρκειας σε σύγκριση με τα άτομα με πιο προχωρημένα σημάδια γήρανσης.

Τρόπος ζωής και περιποίηση του δέρματος: Η τήρηση ενός υγιεινού τρόπου ζωής, συμπεριλαμβανομένης της κατάλληλης προστασίας από τον ήλιο, μιας ισορροπημένης διατροφής και ρουτίνες φροντίδας του δέρματος, μπορεί να βοηθήσουν στη διατήρηση των αποτελεσμάτων μιας θεραπείας RF. Η παραμέληση της φροντίδας του δέρματος ή η έκθεση του δέρματος σε υπερβολική ηλιακή βλάβη μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτερη απώλεια των αποτελεσμάτων.

Θεραπείες συντήρησης: Σε πολλές περιπτώσεις, συνιστώνται θεραπείες συντήρησης για τη διατήρηση των οφελών των θεραπειών RF. Ο χειριστής της συσκευής μπορεί να συμβουλευτεί σχετικά με τη συχνότητα των συνεδριών συντήρησης, οι οποίες ενδεχομένως να είναι απαραίτητες για την παράταση της μακροζωίας των αποτελεσμάτων.

Περιοχή θεραπείας: Η περιοχή που αντιμετωπίζεται με RF μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διάρκεια των αποτελεσμάτων. Ορισμένες περιοχές, όπως το μέτωπο ή η περιοχή γύρω από τα μάτια, ενδέχεται να ανταποκρίνονται διαφορετικά και να απαιτούν συχνότερες θεραπείες ή συντήρηση.

Ως γενική κατευθυντήρια οδηγία, τα αποτελέσματα των θεραπειών RF στο πρόσωπο μπορούν να διαρκέσουν από έξι μήνες έως δύο χρόνια ή και περισσότερο και η σύσφιξη του δέρματος μπορεί να συνεχίσει να εμφανίζεται από τέσσερις μήνες έως και ένα χρόνο μετά το πέρας της θεραπείας με μονοπολικές ραδιοσυχνότητες. Εάν έχει πραγματοποιηθεί επαρκής θεραπεία, γενικά αρκεί μία μόνο συνεδρία, αν και ο Fritz με άλλους ιατρούς ανέφεραν μεγαλύτερη βελτίωση στη ρινοπαραριακή πτυχή με δύο θεραπείες που απέχουν μεταξύ τους 1 μήνα. Ομοίως, ο Koch διαπίστωσε αυξημένο ποσοστό θεραπευόμενων με σημαντική ανόρθωση των φρυδιών μετά από τέσσερις θεραπείες (80%, σε σύγκριση με 60% μετά από μία μόνο θεραπεία). [174]

Ένας εξειδικευμένος επαγγελματίας υγείας, μπορεί να αξιολογήσει το εκάστοτε περιστατικό και να συστήσει ένα κατάλληλο σχέδιο θεραπείας δίνοντας μια εκτίμηση για το πόσο καιρό μπορεί να διαρκέσουν τα αποτελέσματα με βάση τις ατομικές συνθήκες.

Κάποιες από τις συσκευές με τα πιο έντονα αποτελέσματα σύσφιξης είναι οι:

Thermage (μονοπολική ραδιοσυχνότητα, εξωτερικό RF) [79], ThermiTight™ (μονοπολική ραδιοσυχνότητα, RFAL), Pelleve (μονοπολική ραδιοσυχνότητα, εξωτερικό RF), Exilis Elite™ - Exilis Ultra 360™ (παλαιότερο μοντέλο - καινούριο μοντέλο, μονοπολική ραδιοσυχνότητα, εξωτερικό RF συνδυασμένο με συνεχή εκπομπή υπερήχων), Sylfirm X (παλμικού και συνεχούς κύματος MRF).

3.2 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Ενδείξεις

Υποψήφιοι για θεραπεία με RF είναι άτομα όλων των φωτοτύπων με συνολικά καλή υγεία και ρεαλιστικές προσδοκίες. Ο ιδανικός υποψήφιος είναι άτομο ηλικίας 35-55 ετών που δεν έχει αρκετά σοβαρό πρόβλημα ώστε να υποβληθεί σε χειρουργείο αλλά έχει κάποια σημάδια εμφανής γήρανσης όπως μέτρια χαλάρωση, χαλαρές γραμμές σαγονιού, μέτριες ρινοπαραριακές πτυχές, περιοφθαλμικές και περιστοματικές ρυτίδες, ρυτίδες στο μέτωπο, πτυχώσεις στο μεσόφρυο. Περιπτώσεις δηλαδή όπου το πρόβλημα δεν είναι τόσο “ήπιο” ώστε να μπορεί να επωφεληθεί σημαντικά από άλλες αισθητικές θεραπείες. [34]

Μία άλλη κατηγορία είναι άτομα έχουν ήδη υποβληθεί σε χειρουργικές διαδικασίες, όμως παρουσιάζουν υποτροπιάζουσα χαλαρότητα και κάποια εμφανή σημάδια γήρανσης. Οι θεραπείες με RF μπορούν να βελτιώσουν και να παρατείνουν τα αποτελέσματα σε αυτές τις περιπτώσεις. [30]

Άτομα με υπερβολικά φωτογηρασμένο δέρμα, έντονη χαλάρωση και πολύ βαθιές ρυτίδες, μπορούν να εφαρμόσουν RF αλλά θεωρούνται “πτωχοί” υποψήφιοι. Το μέλασμα και ο ανομοιόμορφος τόνος δέρματος παρόλα αυτά αποτελούν ένδειξη και μπορούν να επωφεληθούν από τις ραδιοσυχνότητες, [175] ενδεχομένως και συνδυαστικά με άλλες θεραπείες, συχνά laser, για τα βέλτιστα αποτελέσματα. [108], [131] Παράδειγμα μιας ουσίας που χρησιμοποιήθηκε σε μελέτη σε συνδυασμό με ραδιοσυχνότητες ήταν το κοχικό οξύ. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ καλά και χωρίς παρενέργειες. [143] Φάνηκε επιπροσθέτως μείωση στις μέσες τιμές του ερυθήματος. Σε άλλη μελέτη έγινε εφαρμογή διπολικής εναλλασσόμενης ραδιοσυχνότητας παλμικού τύπου (uninvasive pulsed-type bipolar alternating current radiofrequency, IBPRF) για τη θεραπεία του μελάσματος σε συνδυασμό με τρανεξαμικό οξύ. Υπήρχαν ομάδες που έλαβαν IBPRF μόνο και άλλες που συνδυάστηκε εκτός από το τρανεξαμικό οξύ, με λευκαντικές κρέμες και με Q-switched laser νεοδυμίου-υτρίου-αλουμινίου-γρανάτη (Nd:YAG). Οι συμμετέχοντες ανέφεραν υποκειμενική ικανοποίηση από

την εμφάνιση των βλαβών του μελάσματος μετά από επτά έως οκτώ θεραπείες, ανεξάρτητα από το αν υποβλήθηκαν σε θεραπεία μόνο με RF ή με συνδυασμένη θεραπεία. Μετά τη θεραπεία, δεν καταγράφηκαν σημαντικές επιπλοκές. [147]

Οι ραδιοσυχνότητες επίσης μπορούν να βοηθήσουν στην ανακούφιση ερεθιστικών συμπτωμάτων κ στην ενυδάτωση του δέρματος μειώνοντας την διαδερμική απώλεια ύδατος. [47] Έχει φανεί από άλλη μελέτη πως αυξάνουν επιπλέον την εναπόθεση του υαλουρονικού οξέος στο δέρμα. [144]

Εκτός από τις ενδείξεις της γήρανσης, το RF λόγω της αποτελεσματικότητάς του μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις που παρουσιάζονται δυσμορφίες στο περίγραμμα και σχήμα του σώματος, όπου έχει την ικανότητα να επιτύχει ανακατανομή και μείωση του όγκου του λιπώδους ιστού και της εμφάνισης της κυτταρίτιδας. [132], [133], [134], [135] [163], [156] Ο FDA έχει θέσει ως επιπλέον ενδείξεις πέραν της κυτταρίτιδας, τους ήπιους μυϊκούς πόνους και σπασμούς και την αύξηση της τοπικής κυκλοφορίας. [122]

Άλλη ένδειξη αποτελεί η κοινή ακμή (acne vulgaris), στην οποία αν και δεν αποτελεί πρώτη γραμμή θεραπείας, μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση των βλαβών του δέρματος που προκαλεί. Συνεπώς ένδειξη αποτελεί και η μη ανταπόκριση σε συστηματική ή/και τοπική αγωγή για αυτήν ή τα σημάδια της. [121] Ιδίως οι κλασματικές θεραπείες RF μπορούν μέσω της προαγωγής παραγωγής του κολλαγόνου και της αναδιαμόρφωσης αυτού να εξομαλύνουν την υφή του δέρματος και να μειώσουν την ορατότητα των ουλών, είτε ατροφικών, είτε υπερτροφικών. [184] Επιπροσθέτως, ορισμένες τεχνολογίες RF έχουν αντιφλεγμονώδη δράση [169], [170] και ενδεχομένως να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στόχευση της φλεγμονής που σχετίζεται με τις βλάβες της ακμής. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να βοηθήσει στη μείωση της ερυθρότητας και του οιδήματος. Ακόμη, μπορεί να βοηθήσει στην μείωση της παραγωγής σμήγματος μέσω της επίδρασής του στους σμηγματογόνους αδένες, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή λιπαρών ουσιών του δέρματος. Αν και χρειάζονται περισσότερες έρευνες, ορισμένες μελέτες υποδεικνύουν ότι οι ραδιοσυχνότητες μπορούν να επηρεάσουν τη δραστηριότητα των σμηγματογόνων αδένων, μειώνοντας την υπερβολική παραγωγή λιπαρών ουσιών που συμβάλλουν στην ακμή. [23]

Οι ραδιοσυχνότητες επίσης ενδείκνυνται σε αισθητικά προβλήματα στα οποία θα είχε θετική επίδραση η παραγωγή κολλαγόνου, όπως για παράδειγμα οι ραβδώσεις. [171] Τέλος μπορούν να βελτιώσουν την γυροειδή αλωπεκία, [183] την ανδρογενετική αλωπεκία, [125] την τριχίαση [125] το ερύθημα [47], την ροδόχρου νόσο [133], την ροδόχρου ακμή [181], την

υπεριδρωσία [81], [132], [177] και να μειώσουν ή εξαλείψουν αγγειακές βλάβες. [175], [178], [179] Οι θεραπείες με ραδιοσυχνότητες μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες θεραπείες για συνεργικό αποτέλεσμα.

Αντενδείξεις:

1. Εγκυμοσύνη και γαλουχία [92], [134]

Ενώ η χρήση των ραδιοσυχνότητων θεωρείται ασφαλής, είναι θεμιτό να αποφεύγονται κατά τη συγκεκριμένη περίοδο κοσμητικές και όχι ιατρικές επεμβάσεις άμεσης ανάγκης.

2. Οποιαδήποτε δερματική πάθηση-διαταραχή ή ενεργή λοίμωξη στην περιοχή θεραπείας / φλεγμονώδης νόσος δέρματος όπως έκζεμα, ψωρίαση, δερματίτιδα / πληγές / αυτοάνοσα δερματικά νοσήματα [92], [159]

Εάν υπάρχει ενεργή λοίμωξη ή φλεγμονή στην περιοχή θεραπείας, μπορεί να είναι απαραίτητο να καθυστερήσουν οι θεραπείες RF μέχρι να υποχωρήσει η κατάσταση.

3. Ιστορικό μη φυσιολογικής επούλωσης πληγών / χηλοειδών / υπερτροφικών ουλών [92], [159]

Ενώ οι θεραπείες RF θεωρούνται γενικά ασφαλείς, τα άτομα με ιστορικό υπερτροφικών ουλών ή χηλοειδών μπορεί να έχουν αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης ανώμαλης ουλής ως απόκριση σε οποιαδήποτε βλάβη, συμπεριλαμβανομένης της ελεγχόμενης βλάβης που προκαλείται από RF. Οι ατομικές αντιδράσεις στις αισθητικές επεμβάσεις μπορεί να ποικίλλουν, επομένως η εξατομικευμένη ιατρική συμβουλή είναι απαραίτητη σε αυτές τις περιπτώσεις. Ο εξειδικευμένος χειριστής μπορεί να αξιολογήσει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του δέρματος, το ιατρικό ιστορικό και τους πιθανούς κινδύνους για να καθορίσει την καταλληλότερη πορεία δράσης για το άτομο.

4. Λήψη ισοτρετινοΐνης (Accutane®) από το στόμα τους τελευταίους έξι με δώδεκα μήνες προ της θεραπείας [92], [121]

Ορισμένες ανησυχίες προκύπτουν από το ενδεχόμενο η ισοτρετινοΐνη να επηρεάσει την επούλωση και την ανάπλαση του δέρματος. Η ισοτρετινοΐνη είναι γνωστό ότι μειώνει τη δραστηριότητα των λιπαρών αδένων και επηρεάζει την ικανότητα του δέρματος να

επουλώνεται. Ο συνδυασμός της ισοτρετινοΐνης με ορισμένες αισθητικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που περιλαμβάνουν RF ή άλλες θεραπείες επιφανειακής ανάπλασης του δέρματος, μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο επιπλοκών όπως καθυστερημένη επούλωση, ουλές ή αλλαγές στη μελάγχρωση.

5. Φωτοευαισθησία

Η φωτοευαισθησία μπορεί να προέρχεται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένων συγκεκριμένων φαρμάκων, ιατρικών παθήσεων, ή παθήσεων δέρματος. Όταν το δέρμα είναι ευαίσθητο στο φως, είναι πιο πιθανό να παρουσιάσει παρενέργειες όπως έγκαυμα και δυσχρωμίες.

6. Ηλιακό έγκαυμα / ερεθισμένο δέρμα / υπερβολικά μαυρισμένο δέρμα από τον ήλιο / σολάριουμ ή αυτομαυριστικές κρέμες και σπρέι κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο εβδομάδων

Σε άτομα με πρόσφατο ηλιακό έγκαυμα ή υπερβολική έκθεση στον ήλιο μπορεί να συνιστάται να καθυστερήσουν τις θεραπείες RF, καθώς το δέρμα μπορεί να είναι πιο ευαίσθητο και επιρρεπές σε ανεπιθύμητες αντιδράσεις.

7. Βηματοδότης, εμφυτευμένος απινιδωτής, οποιοδήποτε τύπου εμφυτευμένο ηλεκτρονικό ή μεταλλικό εμφύτευμα οπουδήποτε στο σώμα

Η ενέργεια RF μπορεί να αλληλεπιδράσει με μεταλλικά εμφυτεύματα ή συσκευές στο σώμα, προκαλώντας ενδεχομένως δυσφορία ή βλάβη.

Η χειρολαβή θα πρέπει να χρησιμοποιείται τουλάχιστον 1 cm μακριά από κοχλιακά εμφυτεύματα στο αυτί.

8. Μόνιμο εμφύτευμα στην υπό θεραπεία περιοχή, όπως μεταλλικές λάμες, βίδες και μεταλλικά σκουλαρίκια (piercing) ή σιλικόνη, εκτός εάν βρίσκονται αρκετά βαθιά στο περιοστικό επίπεδο

9. Νευροτροποποιητές για αισθητική χρήση ή ενέσιμα εμφυτεύματα (soft tissue fillers)

Αντένδειξη αποτελούν οι ενδοδερμικές ή επιφανειακές υποδερμικές περιοχές εγχυμένες με νευροτροποποιητές / υαλουρονικό οξύ (hyaluronic acid, HA) / κολλαγόνο / λίπος ή άλλες μεθόδους επαύξησης με βιοϋλικό πριν το προϊόν διαλυθεί (έως 6 μήνες), εκτός από το Botox μετά τη δέσμευση του στους μύες του προσώπου (3-7 ημέρες). Είναι δυνατή η θεραπεία

νωρίτερα πάνω από ενέσιμα προϊόντα που τοποθετούνται στο βαθύ, περιοστικό επίπεδο, μόλις η περιοχή έχει επουλωθεί (1-3 εβδομάδες). Σε περίπτωση που έχει γίνει χρήση εμφυτευμάτων, θεραπεία με RF μπορεί να εφαρμοστεί τουλάχιστον μία με τέσσερις εβδομάδες μετά.

Στην περίπτωση που εφαρμοστεί πρώτα RF, νευροτροποποιητές και εμφυτεύματα γίνονται 48 ώρες μετά. Βέβαια σε πολλές περιπτώσεις συμβαίνει να γίνεται έγχυση HA στην ίδια συνεδρία με ενεργειακές συσκευές (energy based devices, EBDs). [58]

Εφόσον τονίστηκε πως θεωρητικά, οι ενέσεις νευροτροποποιητών, υαλουρονικού οξέος και άλλων πληρωτικών θα πρέπει να γίνονται μετά από θεραπείες με ενεργειακές συσκευές, σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, ζητείται από τους επαγγελματίες να χορηγήσουν θεραπεία με συσκευή με βάση λέιζερ ή ενέργειας μετά από έγχυση δερματικού πληρωτικού υαλουρονικού οξέος. Ενώ μέχρι το 2010 δεν είχε καταγραφεί μεταβολή του εμφυτεύματος μετά την εφαρμογή μη επεμβατικού RF [98], [99], [100], [101], παρά μόνο μία μικρή ανεπιθύμητη ενέργεια παροδικού πόνου όταν οι ραδιοσυχνότητες εφαρμόστηκαν πάνω από το πληρωτικό υλικό σε σχέση με το κανονικό δέρμα, [100] μια προοπτική, μονά τυφλή, πιλοτική μελέτη που έλαβε χώρα το 2022 υφιστά την προσοχή, αφού απέδειξε ανησυχητική πιθανότητα υποβάθμισης του πληρωτικού υαλουρονικού οξέος ως αποτέλεσμα της μαζικής θέρμανσης που παράγεται από τη ραδιοσυχνότητα. Στην μελέτη αυτή 14 εθελοντές έλαβαν ενδοδερμικές ενέσεις πλήρωσης HA σε τέσσερις θέσεις στην κοιλιά. Ένα σημείο χρησίμευσε ως έλεγχος και οι άλλες τρεις θέσεις αντιμετωπίστηκαν με μονοπολική ραδιοσυχνότητα την ίδια ημέρα μετά την ένεση, στις 14 και στις 28 ημέρες μετά την ένεση. Πραγματοποιήθηκαν βιοψίες δέρματος κατά την έναρξη και 56 ημέρες μετά την ένεση HA και έγινε ιστολογική ανάλυση. Στη θέση Β, η επεξεργασία με ραδιοσυχνότητες (Minnie, Quanta System SpA, Ιταλία) πραγματοποιήθηκε σε μονοπολική λειτουργία 36 mm, ενέργεια 60% για 30–60 δευτερόλεπτα, έως ότου η θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος φτάσει τους 42°C (μετρούμενη με υπέρυθρο θερμομέτρο). Την ημέρα 14, πραγματοποιήθηκε θεραπεία με ραδιοσυχνότητες στο σημείο Γ με τις ίδιες ρυθμίσεις. Την ημέρα 28, πραγματοποιήθηκε θεραπεία με ραδιοσυχνότητες στο σημείο Δ, και πάλι με τις ίδιες ρυθμίσεις. Το ποσοστό των συμμετεχόντων με αποδόμηση HA την ημέρα 56 σε σύγκριση με τον έλεγχο (Ημέρα 0) ήταν για το σημείο που δεν έλαβε θεραπεία με ραδιοσυχνότητες 0%, για το σημείο που έλαβε θεραπεία ραδιοσυχνοτήτων ακριβώς μετά 35.71%, για το σημείο που έλαβε θεραπεία ραδιοσυχνοτήτων 14 ημέρες μετά 7.14% και τέλος για το σημείο που έλαβε θεραπεία ραδιοσυχνοτήτων 28 ημέρες μετά 7.14%. Δηλαδή από τους 14 συνολικά συμμετέχοντες, οι 5

από τους 7 οι οποίοι εμφάνισαν απώλεια HA την εμφάνισαν στο σημείο Β και οι υπόλοιποι 2 στο σημείο Γ και Δ αντίστοιχα. Όλοι οι συμμετέχοντες ανέχθηκαν καλά τη διαδικασία. Δεν παρατηρήθηκαν ψηλαφητά οζίδια, ερύθημα ή μετα-φλεγμονώδη υπερμελάγχρωση μετά τη θεραπεία. Δύο συμμετέχοντες (14,28%) είχαν κνησμό μετά την ένεση HA σε όλα τα σημεία, ο οποίος υποχώρησε πλήρως εντός 2 ημερών. Δεν παρατηρήθηκαν σοβαρές ανεπιθύμητες ενέργειες. Η ιστολογική εξέταση δεν αποκάλυψε φλεγμονή ή κοκκίωμα την ημέρα 56 μετά την ένεση σε κανένα δείγμα βιοψίας. [74]

10. Αλλεργία στο μέταλλο

Σε περίπτωση που κάποιος παρουσιάζει αλλεργία στο μέταλλο, μπορεί να λάβει θεραπεία MRF με κεφαλή που διαθέτει επιχρυσωμένες μικροβελόνες

11. Σοβαρά αφυδατωμένο / πολύ ξηρό / ευπαθές δέρμα

12. Τρέχων καρκίνος ή ιστορικό καρκίνου οποιουδήποτε τύπου καρκίνου ή προ-κακοήθεις σπίλοι

13. Συστημικές διαταραχές-λοιμώξεις / σοβαρές ταυτόχρονες παθήσεις, όπως καρδιακές διαταραχές ή αισθητηριακές διαταραχές [159], [134]

14. Διαταραγμένο ανοσοποιητικό σύστημα λόγω ανοσοκατασταλτικών ασθενειών, όπως το AIDS και ο HIV ή χρήση ανοσοκατασταλτικών φαρμάκων

15. Υποψήφιοι με ιστορικό ασθενειών που διεγείρονται από τη θερμότητα, όπως ο υποτροπιάζων απλός ερπητοϊός στην περιοχή θεραπείας, μπορούν να υποβληθούν σε θεραπεία μόνο μετά από προληπτικό καθεστώς

16. Κακώς ελεγχόμενες ενδοκρινικές διαταραχές, όπως διαβήτης ή δυσλειτουργία του θυρεοειδούς και ορμονική αρρενοποίηση

17. Ιστορικό αιμορραγικών πηκτοπαθειών / λήψη φαρμάκων για την πήξη του αίματος / χρήση αντιπηκτικών τις τελευταίες 10 ημέρες

18. Οποιαδήποτε χειρουργική επέμβαση στο πρόσωπο που πραγματοποιήθηκε εντός ενός έτους πριν από τη θεραπεία

19. Δερμοαπόξεση προσώπου, επαναφορά της επιφάνειας του προσώπου ή βαθύ χημικό peeling εντός των τελευταίων τριών μηνών, εάν πρόκειται για θεραπεία προσώπου

20. Θεραπεία με φως, λέιζερ, RF ή άλλες συσκευές στην θεραπευόμενη περιοχή εντός 2-3 εβδομάδων για μη επεμβατικές διαδικασίες και 6-12 εβδομάδων για επεμβατικές θεραπείες αναζωογόνησης του προσώπου (fractional laser resurfacing) (ανάλογα με τη σοβαρότητα της θεραπείας) πριν από τη θεραπεία, εκτός από ειδικές συστάσεις

Μελέτη MRF έθεσε κριτήριο αποκλεισμού οποιαδήποτε εφαρμογή θεραπείας με laser, είτε αφαιρετικό, είτε όχι, εντός των τελευταίων έξι μηνών. [159]

22. Χρήση μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (NSAIDS, π.χ. ιβουπροφαίνη) μία εβδομάδα πριν και μετά από κάθε συνεδρία θεραπείας, σύμφωνα με την διακριτική ευχέρεια του ιατρού

23. Θεραπεία πάνω από τατουάζ ή μόνιμο μακιγιάζ που πρέπει να διατηρηθεί

24. Θεραπεία πάνω από τα χείλη

25. Ενδιαφερόμενοι με φωτότυπο δέρματος V & VI υφίστανται προσοχής, ειδικά στο MRF.

26. Θεραπεία πάνω από επιφάνειες που φέρουν τρίχες

27. Εμπύρετα άτομα

28. Ιστορικό σοβαρού οιδήματος [134]

29. Αιμοπεταλιακές διαταραχές (θεραπείες PRF) [62]

30. Σύμφωνα με τη διακριτική ευχέρεια του ιατρού, να αποφεύγεται η θεραπεία οποιασδήποτε κατάστασης που θα μπορούσε να την καταστήσει μη ασφαλή για τον υποψήφιο.

3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Το RF ως αναίμακτη θεραπεία έχει πολύ λιγότερες επιπλοκές και επίπεδο πόνου και ενόχλησης από ένα χειρουργείο. Επιπλέον, μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους φωτότυπους και όλο το χρόνο, δεδομένου πως δεν έχει απορρόφηση από χρωμοφόρα [88], σε αντίθεση για παράδειγμα με συγκεκριμένα laser, τα οποία είναι απαγορευτικά τους καλοκαιρινούς μήνες και επικίνδυνα για κάποιους φωτότυπους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες περιοχές

του προσώπου και του σώματος, καθιστώντας την ευέλικτη επιλογή για την αντιμετώπιση διαφορετικών προβλημάτων του δέρματος.

Άλλο πλεονέκτημα του RF έναντι θεραπειών όπως η έγχυση ενέσιμων εμφυτευμάτων στο δέρμα, είναι πως με τα εμφυτεύματα όπως του υαλουρονικού οξέος, δεν διεγείρεται η παραγωγή κολλαγόνου για μία όψη φυσικής και νεανικότερης εμφάνισης. Αντίθετα, με την υπερβολική τοποθέτηση και με το πέρασμα του χρόνου, κάνουν τα χαρακτηριστικά του προσώπου να δείχνουν αλλοιωμένα. Τα αποτελέσματα που δίνουν επίσης οι ραδιοσυχνότητες είναι φυσικά, χωρίς να δίνουν “παγωμένη” εμφάνιση σε ένα πρόσωπο.

Αναφορικά με τον μικροβελονισμό, σε εφαρμογές απλού μικροβελονισμού, έχουμε θετικά αποτελέσματα μετά από μερικές εφαρμογές. Στην θεραπεία με MRF, οι αλλαγές στην εικόνα του δέρματος θα έρθουν πιο γρήγορα, θα είναι πιο δραματικές και θα κρατήσουν περισσότερο, αφού συνδυάζονται δύο τεχνολογίες και γίνεται στόχευση σε βαθύτερο στρώμα στο δέρμα. Επιπροσθέτως, τα αποτελέσματα μπορούν να εξατομικευθούν, διότι υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες επιλογές σε παραμέτρους. Ο πάροχος μπορεί να επιλέξει τον αριθμό των βελονών, τον χρόνο της θεραπείας και την ισχύ (Hz). Ένα άλλο πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες συσκευές είναι πως μπορεί να στοχεύσει ακόμα και μικρές δυσπρόσιτες περιοχές ιστού, όπως η περιοχή κάτω από τα μάτια, το άνω χείλος, οι αγκώνες κ.α. Η εφαρμογή του είναι γρήγορη και όχι πολύ επίπονη, οπότε οι περισσότεροι δεν έχουν πρόβλημα να επαναλάβουν τη διαδικασία. Τέλος, είναι πιο ασφαλής μέθοδος δερματικής αναζωογόνησης για σκουρόχρωμους φωτότυπους, δεδομένου ότι ο στόχος του είναι τα βαθύτερα στρώματα της επιδερμίδας, σε αντίθεση με ένα laser (παραδείγμα CO²), το οποίο στοχεύει όλα τα στρώματα του δέρματος και πρέπει να αποφεύγεται, διότι είναι πάρα πολύ πιθανό να αφήσει υπερμελαγχρώσεις. [37] Δεδομένου ότι η θερμοκρασία του δέρματος ελέγχεται και βρίσκεται κάτω από τους 42°C, θεωρείται γενικά ασφαλές.

Το κύριο μειονέκτημα των θεραπειών με RF συγκριτικά με τις επεμβατικές διαδικασίες, είναι πως αν και το αποτέλεσμά τους έχει διάρκεια, δεν έχει την μονιμότητα ενός λίφτινγκ προσώπου. Απαιτεί ετήσιες συνεδρίες συντήρησης με το ανάλογο κόστος, το οποίο όμως είναι σαφώς μικρότερο από αυτό των χειρουργικών διαδικασιών. Επίσης αν υπάρξει ανεπιθύμητη απώλεια λίπους στο πρόσωπο, ενδεχομένως να απαιτείται μεταμόσχευση αυτόλογου λίπους (fat transfer/fat grafting) ή η έγχυση με δερματικά εμφυτεύματα για να αποκτήσει το πρόσωπο ξανά τον χαμένο όγκο του.

Οι εξωτερικές θεραπείες με ραδιοσυχνότητες είναι γενικά σχεδιασμένες ώστε να είναι μη επεμβατικές και να μην δημιουργούν σημεία πήξης με τον ίδιο τρόπο που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ορισμένες πιο επεμβατικές ή χειρουργικές διαδικασίες. Οι θεραπείες με συσκευές αυτού του τύπου αν και έχουν διάφορα πλεονεκτήματα, όπως την ενεργοποίηση της μικροκυκλοφορίας του αίματος και του λεμφικού υγρού μέσω του ενδοδερμικού μασάζ αν πρόκειται για συσκευές vacuum, δεν είναι σε θέση να επιτύχουν την πήξη του ιστού, η οποία λαμβάνει χώρα σε ανώτερες θερμοκρασίες, περίπου 67°C και απαιτείται για τη μέγιστη συστολή του ιστού και τη διέγερση του κολλαγόνου. Με χρήση συσκευών μαζικής θέρμανσης στις περιπτώσεις που δεν χρησιμοποιείται θερμόμετρο υπερύθρων, δεν υπάρχει ακρίβεια. Μόνο αν μετρηθεί η θερμοκρασία του δέρματος μπορεί ο χειριστής να είναι βέβαιος ότι οι 42° επιτυγχάνονται, μία δυνατότητα που δεν υπάρχει στις περισσότερες συσκευές μαζικής θέρμανσης. Υπάρχει πιθανότητα για σφάλματα στο βάθος διείσδυσης ή/και στον έλεγχο της θερμοκρασίας. Κατά τη θεραπεία του δέρματος, η θερμότητα από τη συσκευή RF που χρησιμοποιεί μαζική θέρμανση μπορεί να τοποθετηθεί πολύ επιφανειακά, οδηγώντας σε εγκαύματα ή αλλαγές στη μελάγχρωση, ή πολύ βαθιά, οδηγώντας σε απώλεια λίπους. Το χόριο πρέπει να θερμανθεί στους 42°C για 3 λεπτά για να επηρεαστεί η διέγερση του κολλαγόνου. Κάποιες συσκευές βέβαια, όπως το Fractora της Inmode, διαθέτουν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας του δέρματος στη λειτουργία εξωτερικού RF και απενεργοποιούνται αυτόματα για την αποφυγή καψίματος.

3.4 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

3.4.1 Εξωτερικό RF μαζικής θέρμανσης

Πριν από μία θεραπεία ραδιοσυχνοτήτων πρέπει να εξετάζονται ενδελεχώς τα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά του ατόμου, όπως και να γίνεται προσεκτική επιλογή στις παραμέτρους ρύθμισης του μηχανήματος.

Μία σημαντική ανεπιθύμητη ενέργεια που μπορεί να παρουσιαστεί με τη χρήση RF, είναι η ανεπιθύμητη απώλεια λίπους σε περιοχές του προσώπου. Το φαινόμενο έχει καταγραφεί από πολλούς ανθρώπους και ειδικά σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή γίνεται από άπειρα άτομα ή/και με χρήση οικιακών συσκευών. Το λίπος στο πρόσωπο είναι επιθυμητό διότι συμβάλει στην νεανική εμφάνιση, αφού μεγαλώνοντας οι περιοχές των ματιών, των μάγουλων και των κροτάφων βυθίζονται από την σταδιακή απώλειά του.

Άλλες πιθανές παρενέργειες αποτελούν το ερύθημα, το οίδημα, η ήπια παροδική υπερμελάγχρωση [92] και ο ήπιος παροδικός πόνος. [100] Το ερύθημα και το οίδημα εξαφανίζονται συνήθως 2 με 24 ώρες μετά τη θεραπεία. Συστηματική ανασκόπηση 121 άρθρων βρήκε πως οι θεραπείες με RF θεωρούνται ασφαλείς, με εξαίρεση ένα περιστατικό που εμφάνισε συρίγγιο στον λαιμό. [19] Έχει περιγραφεί επίσης σχηματισμός εκτεταμένων ουλών σε θεραπευόμενο μετά από εφαρμογή διπολικών ραδιοσυχνοτήτων που πραγματοποιήθηκε από μη εξειδικευμένο ιατρικό προσωπικό. [22] Σε άλλη έρευνα με χρήση διπολικού RF παρατηρήθηκε εμφάνιση ακνεϊκού εξανθήματος, οξιδίων, υπερμελάγχρωσης και ερυθήματος. [182]

Με τις ραδιοσυχνότητες δύναται να δημιουργηθούν εγκαύματα σε περιπτώσεις που έχει υπολογιστεί λάθος ο χρόνος και οι ρυθμίσεις στις παραμέτρους των συσκευών. Ιδιαίτερα η περιοχή του προσώπου υφίσταται υψηλής προσοχής, διότι δεν είναι τόσο εκτενής και ομαλή όπως του σώματος, αλλά έχει καμπύλες. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα η κεφαλή κάποια στιγμή κατά την θεραπεία να μην κάνει επαφή σε όλη την επιφάνειά της και αυτό να οδηγήσει κάποιον πόλο να βρεθεί στον αέρα, με αποτέλεσμα την κακή κατανομή της ενέργειας.

Άλλο περιστατικό που έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία είναι η δημιουργία πολλαπλών εγκαυμάτων σε άνδρα σαράντα πέντε ετών που έλαβε θεραπεία με το Thermage Cpt System λόγω αποτυχίας της διηλεκτρικής μεμβράνης. Τέθηκε από τους ερευνητές ο προβληματισμός του ενδεχομένου οι άντρες να μην πρέπει να λαμβάνουν θεραπείες με τη συγκεκριμένη συσκευή. [80]

3.4.2 MRF

Το ερύθημα αποτελεί μία αναμενόμενη, παροδική και ήπια παρενέργεια στις θεραπείες MRF. [121] Εξέταση τριάντα πέντε ερευνών για χρήση MRF σε σκούρους φωτότυπους (Fitzpatrick III-VI) ανέφερε τις εξής παρενέργειες: παροδική μεταφλεγμονώδης υπερμελάγχρωση σε εφτά από αυτές, ήπια παρατεταμένη υπερμελάγχρωση σε μία και σε μία δημιουργία ουλής. [54]

Μελέτη MRF 22 εθελοντών έδειξε μετά τη θεραπεία εμφάνιση ερυθήματος σε όλους τους συμμετέχοντες, το οποίο διήρκεσε κατά μέσο όρο 3,5 ημέρες (εύρος 2-7 ημέρες). Οι συμμετέχοντες είχαν επίσης μια σύντομη περίοδο με βλάβες εφελκίδων και απολέπιση. Ο πόνος και η δυσφορία κατά τη διάρκεια της θεραπείας ήταν ανεκτά. [159]

3.4.3 RFAL & Fractional MRF

Μελέτη σειράς με 247 συμμετέχοντες που έλαβαν θεραπεία με τον συγκεκριμένο συνδυασμό ραδιοσυχνότητας κατέγραψε τις τρεις εξής παρενέργειες: 1. παρατεταμένο οίδημα (>6 εβδομάδες) στο 4,8% από αυτούς (12/247) 2. σκλήρυνση της περιοχής (>12 εβδομάδες) στο 3,2% (8/247) και 3. περιφερειακή νευραπραξία της κάτω γνάθου στο 1,2% (3/247). Όλες υποχώρησαν χωρίς περαιτέρω παρέμβαση. [34]

3.4.4 Fractional micro-plasma RF

Εκτός από παροδικές παρενέργειες όπως το ερύθημα, ο πόνος και το οίδημα, σε μελέτη με 60 συμμετέχοντες ένα περιστατικό εμφάνισε μεταφλεγμονώδη υπερμελάγχρωση. [28], [29] Σε άλλη μελέτη οι επιπλοκές περιλάμβαναν εξάνθημα ακμής, δημιουργία βλάβης απλού έρπητα, παρατεταμένη μεταφλεγμονώδη υπερμελάγχρωση, και ανώμαλη τριχοφυΐα. [93]

3.4.5 PRF

Σε προοπτική επεμβατική πιλοτική μελέτη με 20 γυναίκες που είχαν ορατά σημάδια γήρανσης στην περιοχή λαιμού, έγινε εφαρμογή PRF στο λαιμό στις 10 (ομάδα A) και σκέτο MRF στις άλλες 10 (ομάδα B). Παροδικό ερύθημα μετά την επέμβαση εμφανίστηκε και στις είκοσι συμμετέχουσες (100%) και μεταφλεγμονώδης υπερμελάγχρωση (postinflammatory hyperpigmentation, PIH) εμφανίστηκε σε 3 από αυτές (μία στην ομάδα A και δύο στην ομάδα B). Οι εθελόντριες έλαβαν θεραπεία με κρέμα λεύκανσης χωρίς υδροκινόνη και τους δόθηκε αυστηρή συμβουλή για την εφαρμογή αντηλιακής προστασίας. Η PIH υποχώρησε μετά από 4 εβδομάδες σε μία συμμετέχουσα της ομάδας B και μετά από 6 εβδομάδες στις υπόλοιπες δύο. [62]

3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα και οι επιδράσεις των θεραπειών με RF μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη συσκευή που χρησιμοποιείται, τις παραμέτρους της θεραπείας και τον τύπο και την κατάσταση του δέρματος του ατόμου.

3.5.1 Εξωτερικό RF μαζικής θέρμανσης

Σε μελέτη, έξι εθελοντές φωτοτύπου Fitzpatrick III-IV, έλαβαν έξι συνεδρίες θεραπείας με μονοπολικό RF με μεσοδιάστημα 2 εβδομάδων (συνολική διάρκεια θεραπειών τρεις μήνες). Τραβήχτηκαν φωτογραφίες και λήφθηκαν δείγματα δέρματος για βιοψία, κατά την έναρξη της θεραπείας, μετά από 3 μήνες και μετά από 6 μήνες. Έγινε ποσοτικοποίηση της ολικής ελαστίνης, του κολλαγόνου τύπου I και III και του νεοσυντιθέμενου κολλαγόνου. Τα αποτελέσματα αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά τη θεραπεία έδειξαν μείωση στην ελαστίνη και σημαντική αύξηση στο νεοσυντιθέμενο κολλαγόνο και κολλαγόνο I και III. Συγκεκριμένα αποδείχθηκε πως το κολλαγόνο συνέχισε να αυξάνεται 3 μήνες μετά τη θεραπεία. Φάνηκε επίσης πως το RF ενισχύει την επιδερμική υπερπλασία. Οι βιοψίες έδειξαν αυξημένο πάχος της επιδερμίδας και της κοκκώδους στοιβάδας.

Έρευνα σε λαγούς το 2023 έδειξε πως η διπολική συχνότητα RF μπορεί να επιφέρει δερματική συστολή, μειώνοντας το πάχος του δέρματος και του υποδόριου ιστού και αυξάνοντας παράλληλα τον αριθμό των ινοβλαστών, σε θερμοκρασίες 36°, 38° και 40°C, με χρήση 16-22 W. [83]

3.5.2 RFAL & MRF

Πολυκεντρική και αναδρομική μελέτη του συνδυασμού διπολικού RFAL (Facetite; Inmode) και fractional διπολικού RF (Fractora modified to Morpheus8; InMode) με 247 εθελοντές, έδειξε πως ενώ αρχικά είχαν μέση βαθμολογία ταξινόμησης προσώπου/λαιμού κατά Baker 3,1 (SD, ±1,4), βελτίωσαν αντικειμενικά τη βαθμολογία ταξινόμησης προσώπου/λαιμού Baker τους κατά 1,4 μονάδες (SD, ±1,1). Επίσης το 93% των συμμετεχόντων ήταν ικανοποιημένοι με τα αποτελέσματα και θα επαναλάμβανε την θεραπεία. [34]

3.5.3 RF & HIFU

Δεδομένου πως οι ραδιοσυχνότητες και οι υπέρηχοι στοχεύουν σε διαφορετικά βάθη, έχουν ενσωματωθεί σε σύστημα ακόμη και για ταυτόχρονη εκπομπή.

Πρόκειται για μία πρόσφατα ανεπτυγμένη συσκευή HIFU (V-RO (NEW DOUBLO), Hironic Corp., Ltd., South Korea) που μελετήθηκε το 2023, η οποία συνδυάζει το RF και τους εστιασμένους υπέρηχους υψηλής ενέργειας σε μία κεφαλή κυκλικού σχήματος με διάμετρο

2,5 cm. Η κεφαλή Simultaneous Dual (SD) είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε οι υπέρηχοι να εκπέμπονται ως μία μόνο κουκίδα από το κέντρο της κεφαλής και η διπολική ενέργεια RF να εκπέμπεται από τα άκρα, ακτινοβολώντας εναλλάξ μεταξύ υπερήχων και RF. Αυτή η χειρολαβή SD μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιάνοντας και τρίβοντάς τη σαν στυλό και είναι βελτιστοποιημένη για τη θεραπεία ολόκληρου του προσώπου, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών με καμπύλες. Αυτό επιτρέπει την ακτινοβολήση τόσο με υπερήχους όσο και με RF χωρίς αντικατάσταση της χειρολαβής και ολόκληρο το πρόσωπο μπορεί να αντιμετωπιστεί με ακρίβεια μέσω της τριβής. Το αποτέλεσμα αναζωογόνησης μπορεί να ενισχυθεί με την ταυτόχρονη θεραπεία του χορίου του βαθύτερου στρώματος, που ακτινοβολείται με υπερήχους και του πιο επιφανειακού στρώματος, όπου ακτινοβολείται RF.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε 22 εθελοντές κορεάτικης καταγωγής, ηλικίας από 30 μέχρι 65, με μέσο όρο 42.8 χρόνων. Έγινε εφαρμογή HIFU στην αριστερή μεριά του προσώπου και HIFU μαζί με διπολικό RF στην δεξιά. Στην μεριά που εφαρμόστηκε μόνο HIFU βελτιώθηκαν σημαντικά παράμετροι του δέρματος συμπεριλαμβανομένων του όγκου και αριθμού των πόρων, της ελαστικότητας του δέρματος, του βάθους των ρυτίδων, του βαθμού της χαλάρωσης στην περιοχή των ματιών, των ρινοπαραρρινοσφαιρικών πτυχών και μάγουλων, της πυκνότητας του δέρματος και της διαπερατότητας. Στην πλευρά με την επιπρόσθετη εφαρμογή RF, αυξήθηκε επιπλέον η αποτελεσματικότητα στην μείωση στις παραμέτρους σχετικές με τους πόρους, η βελτίωση της ελαστικότητας του δέρματος, η μείωση του βάθους των ρυτίδων στα μάτια και η ενυδάτωση του δέρματος. Το συμπέρασμα ήταν πως η πιο επιφανειακή δράση του RF στο άνω θηλώδες χόριο δρώντας συνεργικά με τα αποτελέσματα που δίνει το HIFU στους βαθύτερους ιστούς του δέρματος, δίνουν καλύτερα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι η συνδυασμένη θεραπεία HIFU και RF εξευγενίζει τους πόρους με τη σύσφιξη του βαθιού και επιφανειακού χορίου γύρω από τους θύλακες των τριχών και επίσης έχει την ικανότητα να αυξήσει την πυκνότητα του δέρματος. Η πυκνότητα του δέρματος και η ενυδάτωση τόσο στη δεξιά όσο και στην αριστερή πλευρά συνέχισαν να αυξάνονται αμέσως μετά τη θεραπεία, 4 και 8 εβδομάδες μετά τη θεραπεία. Ειδικότερα, η δεξιά πλευρά του προσώπου, η οποία έλαβε τη συνδυασμένη θεραπεία, παρουσίασε σημαντική αύξηση της πυκνότητας του δέρματος την τέταρτη εβδομάδα σε σύγκριση με την αριστερή πλευρά, η οποία έλαβε μόνο θεραπεία με HIFU. Παρόλα αυτά, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων όσον αφορά την ανόρθωση του προσώπου μεταξύ του αριστερού μάγουλου που αντιμετωπίστηκε μόνο με HIFU και του δεξιού μάγουλου που αντιμετωπίστηκε με συνδυασμό HIFU και RF. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν

από το ότι το HIFU βελτίωσε τη χαλάρωση των γωνιών του ματιού, τις ρινοπαραϊακές πτυχές, τα μάγουλα και τον όγκο της γνάθου, επειδή η βελτίωση της χαλάρωσης του προσώπου μπορεί να επιτευχθεί με τη στόχευση των βαθύτερων στρωμάτων του δέρματος. Λόγω των σημαντικών διαφορών στα αποτελέσματα ανόρθωσης που παρατηρήθηκαν πριν και μετά τη θεραπεία με HIFU ως μονοθεραπεία, φαίνεται ότι το HIFU από μόνο του είναι επαρκές για να παράγει σημαντικό αποτέλεσμα ανόρθωσης. [36]

Διαφορετική έρευνα θέλησε να συγκρίνει το RF και το HIFU με στόχο την εξέταση της νεοκολλαγένεσης και της νεοελαστογένεσης σε κάθε στρώμα του δέρματος μετά από κάθε συνεδρία HIFU και μονοπολικής RF. Έλαβαν χώρα ιστομετρικές αναλύσεις για το κολλαγόνο και τις ελαστικές ίνες με τη βοήθεια χρώσης με “Victoria blue” και “Masson’s trichrome” σε κάθε στρώμα του δέρματος, συμπεριλαμβανομένου του θηλώδες χόριου και του ανώτερου, μεσαίου και βαθύ δικτυωτού χόριου. Οι ραδιοσυχνότητες οδήγησαν σε νεοκολλαγένεση στο θηλώδες χόριο και στο ανώτερο, μεσαίο και βαθύ δικτυωτό χόριο και σε νεοελαστογένεση στο θηλώδες χόριο και στο ανώτερο και μεσαίο δικτυωτό χόριο. Οι υπέρηχοι οδήγησαν σε νεοκολλαγένεση στο μέσο και βαθύ δικτυωτό χόριο και νεοελαστογένεση στο βαθύ δικτυωτό χόριο. Συμπερασματικά, οι υπέρηχοι έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν πιο βαθιούς ιστούς, δεδομένου ότι επέδωσαν το υψηλότερο επίπεδο νεοκολλαγένεσης και νεοελαστογένεσης στο βαθύ δικτυωτό χόριο. Η μονοπολική συχνότητα επιδρά και εκείνη βαθιά στο δέρμα, με τη διαφορά των δύο τεχνολογιών να υπόκειται στο ότι το κάνει σε διάχυτες περιοχές, ενώ οι υπέρηχοι σε εστιασμένες. [153]

3.5.4 RF & Υδροξυαπατίτης

Σε αναδρομική ανάλυση μελέτης για την θεραπεία ατροφικών ουλών ακμής στο πρόσωπο με 352 συμμετέχοντες, έγινε μονοθεραπεία διπολικού RF (Viva™; Venus Concept, Toronto, ON, Canada), μονοθεραπεία μη αφαιρετικού fractional laser 1540 nm (Palomar Icon™; Cynosure, Westford, MA, USA), μονοθεραπεία αφαιρετικού κλασματικού laser CO₂ (Ultraplus Encore; Lumenis Aesthetics, Yokneam, Israel; DeepFX™), μονοθεραπεία υδροξυαπατίτη (calcium hydroxylapatite, CaHA) (Radiesse®) και συνδυασμός των τριών θεραπειών με εφαρμογή CaHA είτε αμέσως πριν, είτε 2-4 εβδομάδες πριν από τη θεραπεία με EBD σαν ξεχωριστή συνεδρία θεραπείας. Τα καλύτερα αποτελέσματα δώθηκαν και σύμφωνα με τη γνώμη των δερματολόγων και σύμφωνα με τη γνώμη των συμμετεχόντων, ήταν στην συνδυασμένη θεραπεία CaHA-αφαιρετικού fractional σε ξεχωριστές συνεδρίες. Ωστόσο, οι

συμμετέχοντες που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με το fractional CO₂ ανέφεραν περισσότερες ΑΕ και μεγαλύτερο χρόνο αποθεραπείας και μεγαλύτερη διάρκεια ερυθήματος. [182]

4. ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – HIFU

4.1 ΟΙ ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ

Το HIFU είναι μία τεχνολογία μη χειρουργικής – μη επεμβατικής θεραπείας για το πρόσωπο και το σώμα, που χρησιμοποιεί Εστιασμένο Υπέρηχο Υψηλής Ενέργειας. Μπορεί επίσης να αναφέρεται ως Εστιασμένοι Υπέρηχοι Υψηλής Έντασης ή Εστιασμένοι Υπέρηχοι Υψηλής Συχνότητας. Οι υψηλής έντασης υπέρηχοι στην αισθητική είναι μηχανικά κύματα που μεταδίδονται σε ευθεία γραμμή και μπορούν να εστιαστούν σε συχνότητες κλίμακας της τάξεως MHz. Εστιασμένη ενέργεια σημαίνει πως οι γειτνιάζοντες ιστοί από το σημείο εστίασης των κυμάτων δεν επηρεάζονται. [141] Συχνά χρησιμοποιούν συχνότητα >2 MHz και υψηλή πυκνότητα ισχύος (>1000 W/cm²). [157] Μπορεί για παράδειγμα να συναντήσουμε κεφαλές HIFU βάθους 4,5mm (4 MHz) και 3,0mm (7 MHz). [155] Τα ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητάς τους έχουν την ικανότητα να διαπερνούν τους ιστούς, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου σώματος, [86] όπου εκεί η τεχνολογία του HIFU ενεργοποιεί τις φυσικές ιδιότητες ανάπλασης του ανθρώπινου οργανισμού, ώστε να αναδομήσει, να ανυψώσει και να συσφίξει το χαλαρό δέρμα. Τα αποτελέσματα των υπερήχων γενικότερα στους ιστούς ποικίλλουν. Αρχικά, δεδομένου ότι τα μόρια αυτών ταλαντώνονται με τη συχνότητα του υπερηχητικού κύματος, μπορεί να προκληθεί διαφορά πίεσης σε αυτά, η οποία οδηγεί στο φαινόμενο της σπηλαιοποίησης που είναι η βάση της τεχνολογίας του cavitation. Με τη χρήση υπερήχων παρατηρείται επίσης αύξηση της θερμοκρασίας στους ιστούς λόγω τριβής από τις ταλαντώσεις, βελτίωση της απαγωγής προϊόντων μεταβολισμού, αύξηση της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης, μείωση οιδημάτων λόγω των ταλαντώσεων, διαχωρισμός των ινών του κολλαγόνου, επίδραση στη σύνθεση πρωτεϊνών, υπεραιμία, αγγειοδιαστολή, αναλγησία, αντιφλεγμονώδης δράση, αύξηση της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης, μυοχάλαση συσπασμένων μυών και επιτάχυνση επούλωσης πληγών. [140]

Ανατομικά το δέρμα χωρίζεται από πάνω προς τα κάτω στις εξής στιβάδες: την επιδερμίδα, το χόριο, τον υποδόριο ιστό, την περιτονία και τέλος τους μύες. Η επιδερμίδα με το χόριο έχουν μέσο όρο πάχους 1mm – ανάλογα με το ποσοστό νερού και το σημείο προσώπου. Ο υποδόριος ιστός, ανάλογα τον άνθρωπο και σε ποιο σημείο βρίσκεται αυτός στη διαδικασία

της γήρανσης, έχει πάχος 4-5 mm. Το HIFU, σε αντίθεση με μεθόδους που δρουν επιφανειακά στην επιδερμίδα ή και το χόριο, διεγείρει όχι μόνο τα πιο επιφανειακά στρώματα του δέρματος, αλλά η ενέργειά του φτάνει μέχρι και στην περιτονία. Θεραπείες όπως η μικροδερμοαπόξεση, τα λέιζερ ανάπλασης, ο μικροβελονισμός, τοπικές θεραπείες, χημική απολέπιση κ.α. επιδρούν μόνο στα πιο εξωτερικά επίπεδα του δέρματος και μπορούν να δώσουν κάποια περιορισμένα αποτελέσματα, όπως η ενεργοποίηση της παραγωγής κολλαγόνου ή και σύσφιξη του ίδιου του δέρματος, αλλά δεν θα επιφέρουν αλλαγή στον εσωτερικό σχηματισμό του προσώπου και την ανάπλαση αυτού.

Στις αισθητικές θεραπείες οι εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής ενέργειας μπορούν να επιτύχουν ανύψωση του οβάλ του προσώπου σε σύντομο χρονικό διάστημα και να μειώσουν το ποσοστό του λίπους υπό της κάτω γνάθου (subplatysmal fat), σε περίπτωση που αυτό υπάρχει. Χρησιμοποιούνται επίσης για την αναζωογόνηση του δέρματος στην περιοχή του ντεκολτέ [42], [59] και την λιπόλυση και σύσφιξη σε περιοχές του σώματος. [45] Ο όρος λιπόλυση, αν και συναντάται συχνά, δεν είναι ο καταλληλότερος στη χρήση, αφού η «λιπόλυση» πρόκειται για μια ορολογία του μεταβολισμού, που αυξάνεται στις καταστάσεις νηστείας και πείνας από την ορμονοευαίσθητη λιποπρωτεϊνική λιπάση. Η λιπόλυση με ενεργειακές συσκευές χαρακτηρίζεται καλύτερα ως «καταστροφή» των λιποκυττάρων, η οποία αναμένεται να απελευθερώσει τριακυλογλυκερόλη (TG) και ενδεχομένως να παρεμβαίνει στην αποθήκευση TG στον λιπώδη ιστό. [46]

Στις ΗΠΑ, οι ιατροτεχνολογικές συσκευές ρυθμίζονται βάσει των τροποποιήσεων του 1976 για τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα στον νόμο για τα τρόφιμα, τα φάρμακα και τα καλλυντικά, με την κύρια ευθύνη να ανήκει παρόλα αυτά στο κέντρο του FDA για τις συσκευές και την ακτινολογική υγεία. Ο νόμος ορίζει διάφορες ρυθμιστικές οδούς προς την αγορά ανάλογα με την πολυπλοκότητα της συσκευής και τις ενδείξεις χρήσης. Για τις περισσότερες συσκευές υψηλής ενέργειας εστιασμένων υπερήχων οι υποβολές πριν από την κυκλοφορία στην αγορά περιλαμβάνουν τόσο προκλινικά όσο και κλινικά δεδομένα. Οι προκλινικές δοκιμές περιλαμβάνουν γενικά μετρήσεις ισχύος υπερήχων και χαρακτηρισμό του πεδίου, μετρήσεις θερμοκρασίας in vitro και in vivo, θερμική υπολογιστική μοντελοποίηση και απόδειξη της ακρίβειας για τη στόχευση της περιοχής ενδιαφέροντος και την παρακολούθηση της προόδου της θεραπείας. Τα πρωτόκολλα για τις κλινικές δοκιμές αναπτύσσονται από τον χορηγό της συσκευής σε συνεργασία με το ιατρικό και επιστημονικό προσωπικό του FDA, εφόσον πρόκειται, για παράδειγμα, για μία εταιρία της Αμερικής. [25]

Το 2007 ξεκίνησε η έρευνα για την αισθητική βελτίωση της όψης του δέρματος και την αναζωογόνηση του προσώπου, μέσω της διαδερμικής παροχής υπερήχων έντονης ενέργειας (intense ultrasound, IUS) αρχικά σε ανθρώπινο πτωματικό υλικό, με σκοπό την επιλεκτική δημιουργία ζωνών θερμικού τραυματισμού (thermal injury zones, TIZ) στο επιπολής μυο-απονευρωτικό σύστημα (superficial musculoaponeurotic system, SMAS), δηλαδή το οργανωμένο ινώδες δίκτυο που αποτελείται από το μυώδες πλάτυσμα, την παρωτιδική περιτονία και το ινομυϊκό στρώμα που καλύπτει το μάγουλο [40]. Χρησιμοποιώντας 2 χειρολαβές IUS, παραδόθηκαν 202 γραμμές έκθεσης αμφίπλευρα σε πολλαπλές περιοχές του προσώπου με ποικίλους συνδυασμούς ισχύος και χρόνου έκθεσης (0,5-8,0 J). Κάθε μηχανήμα HIFU μετράει ως μία βολή, μία γραμμή — τυπικά δηλαδή σε ένα ολόκληρο πρόσωπο μπορεί να γίνει θεραπεία με τριακόσιες εξήντα γραμμές. Στη συνέχεια, ο ιστός αφαιρέθηκε και εξετάστηκε αδρά και ιστολογικά για ενδείξεις θερμικής βλάβης με τη χρήση χρώματος βιωσιμότητας χλωριούχου τετραζολίου του νιτροκυανίου. Αναπαραγώγιμες TIZ δημιουργήθηκαν επιλεκτικά στο SMAS σε βάθος έως 7.8mm, με διατήρηση του περιβάλλοντος ιστού, συμπεριλαμβανομένης της επιδερμίδας. Φάνηκε πως οι υψηλότερες ενεργειακές ρυθμίσεις και το μοτίβο γραμμής έκθεσης υψηλής πυκνότητας παρήγαγαν μεγαλύτερο βαθμό συρρίκνωσης των ιστών. Η ικανότητα παραγωγής εστιασμένης θερμικής μετουσίωσης κολλαγόνου στο SMAS για την πρόκληση συρρίκνωσης και σύσφιξης των ιστών, η οποία έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αισθητική αναζωογόνηση του προσώπου, δεν είχε αναφερθεί πριν από τη συγκεκριμένη έρευνα. [21]

Το 2009 δόθηκε η έγκριση από τον FDA για την ανύψωση (lift) των φρυδιών. [41] Ακολούθησε η έγκριση για τους ισχυρισμούς που αφορούν την ανόρθωση του λαιμού και της περιοχής υπό της κάτω γνάθου. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί εκτός εγκεκριμένων ενδείξεων (off-label) εφαρμογές για την αναζωογόνηση του προσώπου, τη λεύκανση του δέρματος, την υπεριδρωσία, την ακμή και τη λιπόλυση. [76], [46]

Όπως έχει φανεί ύστερα από πολλές μελέτες μέχρι σήμερα, γενικά ισχύει πως η μικροεστιασμένη ενέργεια των υπερήχων εκπέμπεται με ηχητικά κύματα διαπερνώντας αναίμακτα την επιδερμίδα και κατευθύνεται με απόλυτη ακρίβεια στις βαθύτερες στιβάδες του δέρματος. Ανάλογα με το σημείο που ορίζει το εστιακό βάθος και τη δομή που στοχεύεται, μπορεί να επιφέρει είτε αποτέλεσμα λείανσης λεπτών γραμμών και ρυτίδων, είτε ανόρθωσης και σύσφιξης του δέρματος, είτε ανόρθωση στο SMAS, είτε καταστροφή των λιποκυττάρων. Η θερμοκρασία του υποδόριου ιστού αυξάνεται στο εστιακό σημείο και έτσι δημιουργείται τοπική σύμπτυξη στις πρωτεϊνικές δομές του δέρματος και στο υπόδερμα.

Αυτό οδηγεί στον σχηματισμό σημείων θερμικής πήξης (thermal coagulation points, TCPs). [89] Η ακριβής θερμοκρασία που παράγεται είναι της τάξεως των 60° με 70°C. Από την αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται επίσης σύσπαση των ινών κολλαγόνου. Η ακριβής θερμοκρασία άνω της οποίας ξεκινούν να παράγουν κολλαγόνο οι ινοβλάστες είναι 42°C. [61], [42] Η διαδικασία της θερμικής βλάβης εκκινεί μια αντίδραση επούλωσης του τραύματος που έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή νέου κολλαγόνου και ελαστικών ινών, οδηγώντας σε συστολή των ιστών, βελτίωση της ελαστικότητας του δέρματος και πάχυνση του δέρματος. [136] Η δημιουργία βραχύτερου και παχύτερου κολλαγόνου προκαλείται από το σπάσιμο των ενδομοριακών δεσμών υδρογόνου, το οποίο προκαλεί αναδίπλωση των αλυσίδων του κολλαγόνου και ανάληψη μιας σταθερότερης διαμόρφωσης. Έτσι, ο ίδιος ο οργανισμός αντιστρέφει τη διαδικασία της γήρανσης με φυσικό τρόπο. Κάποιες από τις αρχές του HIFU είναι ο κυτταρικός θάνατος και η μείωση του όγκου στην επιλεγμένη υπό θεραπεία περιοχή μέσω της πήξης, η οποία οδηγεί στη συρρίκνωση και σύσφιξη των ιστών. [41] Τα πρώτα αποτελέσματα μίας θεραπείας με εστιασμένους υπερήχους υψηλής ενέργειας θα αρχίσουν να φαίνονται 2 βδομάδες μετά τη θεραπεία από την βελτίωση του υπάρχοντος κολλαγόνου. Μετά από 1-1.5 μήνα ολοκληρώνεται η παραγωγή του νέου κολλαγόνου και παράλληλα οι μύες συσφίγγονται και ανορθώνονται.

Οι βλάβες θερμικής πήξης πιστεύεται επίσης ότι εξαλείφουν τη μελανίνη και τα χρωστικά υπολείμματα. Το HIFU συνεπώς μπορεί να προσδώσει θετικά αποτελέσματα στο μέλασμα, αφού πρόσφατες μελέτες αποκάλυψαν ότι το μέλασμα μπορεί να μην είναι μόνο μια ασθένεια των μελανοκυττάρων, αλλά και μια διαταραχή της φωτογήρανσης του δέρματος. [152]

Στην μείωση του υποδόριου λιπώδους ιστού (subcutaneous adipose tissue, SAT) υπάρχουν δύο μηχανισμοί που οδηγούν στην καταστροφή του με τη χρήση HIFU. Ο ένας είναι ένα μηχανικό αποτέλεσμα που διαταράσσει αμέσως τις κυτταρικές μεμβράνες. Το μηχανικό κύμα υπερήχων ταξιδεύει μέσα στα λιποκύτταρα, δημιουργώντας κύκλους αυξημένης και μειωμένης πίεσης, οι οποίοι τραβούν αέριο από το διάλυμα με τη μορφή φυσαλίδων. Όταν αυτές οι φυσαλίδες εκρηγνύονται, απελευθερώνουν ενέργεια, προκαλώντας περαιτέρω μηχανική βλάβη στα στοχευμένα λιποκύτταρα. Ο άλλος είναι η παραγωγή θερμότητας που καταστρέφει τα ανεπιθύμητα λιποκύτταρα με αποτέλεσμα την πηκτική νέκρωση, ενώ ο περιβάλλοντας ιστός παραμένει ως επί το πλείστον ανεπηρέαστος. [46] Μετά τη θεραπεία με HIFU, τα νεκρά κύτταρα προκαλούν επούλωση πληγών και εισβολή μακροφάγων και άλλων κυττάρων, καθώς και πρόσληψη και μεταφορά λιπιδίων από απομακρυσμένες περιοχές. Η

μεγαλύτερη καταστροφή των λιποκυττάρων συμβαίνει εντός των πρώτων 12 εβδομάδων μετά τη θεραπεία και το 95% της τοπικής καταστροφής των λιποκυττάρων εντός των πρώτων 18 εβδομάδων μετά τη θεραπεία. Αυτές οι αλλαγές συμβαίνουν χωρίς σημαντική αύξηση των λιπιδίων του πλάσματος του αίματος. Η μεγάλη πλημμύρα κυττάρων για την επούλωση της πληγής θα απορροφήσει τα φλεγμονώδη κύτταρα και στη συνέχεια θα αυξήσει τους ινοβλάστες. Αυτή η διαδικασία, με τη θερμική μετουσίωση του κολλαγόνου, δημιουργεί νέο κολλαγόνο μαζί με την ανόρθωση του δέρματος.

Η θερμοκρασία στην οποία μπορεί πολύ γρήγορα να φτάσει η εστιακή περιοχή είναι 56-90°C και έτσι προκαλείται σοβαρή νέκρωση σε αυτή. Μικρές φλεγμονές και μώλωπες λόγω της αναντιστοιχίας των υπερηχητικών κυμάτων μεταξύ του μορφοτροπέα και του δέρματος συγκαταλέγονται στους περιορισμούς της μεθόδου. Γνωστές συσκευές απώλειας λίπους HIFU που έχουν εγκριθεί από τον FDA είναι η LIPOcel™ (Jeisys Medical, Inc.) και η LipoSonix (Medicis Technologies Corp.) [165] Η άδεια στο LipoSonix δόθηκε το 2011 [114] και στο LIPOcel το 2019. [26] Με το LIPOcel η κεφαλή της συσκευής χρησιμοποιεί την εστιασμένη ενέργεια υπερήχων για να εστιάσει από τον μορφοτροπέα στο στρώμα λίπους σε βάθος 13mm από την επιφάνεια του δέρματος όταν πατηθεί ο ποδοδιακόπτης ή ο δακτυλοδιακόπτης στη χειρολαβή. Ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία του ιστού αυξάνεται πάνω από 55°C και επέρχεται θερμική πήξη. Χρησιμοποιώντας τα θερμικά αποτελέσματα που παράγονται από τον ηχοβολέα HIFU, επέρχεται κυτταρική διάσπαση του υποδόριου λιπώδους ιστού. Αυτή η θερμική πήξη έχει ως αποτέλεσμα τη συστολή του κολλαγόνου και στη συνέχεια οδηγεί σε καταστροφή του λιπώδους ιστού. Ο κατεστραμμένος λιπώδης ιστός απομακρύνεται μέσω φλεγμονώδους αντίδρασης. Το LIPOcel με το LipoSonix διαθέτουν ίδια χαρακτηριστικά ως προς την πηγή ενέργειας (ενέργεια HIFU), τη συχνότητα της ενέργειας υπερήχων (2 MHz), τη μέγιστη ισχύ που παρέχεται στον ασθενή (60 J/cm²), το βάθος του εστιακού σημείου της κεφαλής (13mm) και διαφέρουν ως προς τις γραμμές θεραπείας (LIPOcel 16 γραμμές, LipoSonix 24 γραμμές). [78]

Σε ένα τυπικό πρωτόκολλο θεραπείας, αφού ληφθεί το ιατρικό ιστορικό του ενδιαφερόμενου και εκείνος κριθεί κατάλληλος υποψήφιος, γίνεται εκτίμηση στις προσδοκίες και τα χαρακτηριστικά αυτού. Ύστερα αποφασίζεται το βάθος ανάλογα με το θεραπευτικό αποτέλεσμα που επιθυμείται να επιτευχθεί. Η ενέργεια για τις επιφανειακές ρυτίδες έκφρασης και τα σημάδια ακμής παρέχεται με βάθος ρύθμισης 1.5mm και η εφαρμογή γίνεται στις περιοχές των ματιών, του μετώπου, των παρειών και του λαιμού. Επιλέγονται κεφαλές με

βάθος 3mm και 4.5mm στις περιοχές των παρειών και του λαιμού. [142] Στα 1.5mm το HIFU προκαλεί ανάπλαση του κολλαγόνου στον υποδόριο ιστό, το χόριο και στον ινώδη ιστό. Στα 3mm συσφίγγει στους συνδέσμους δέρματος-μυών. Και στα 4.5mm ανορθώνει το SMAS και τους μύες του προσώπου. Τα εστιακά βάθη όσον αφορά περιοχές του σώματος, είναι 6mm, 7mm, 8mm και τα 10mm, 13mm και 16mm, ανάλογα τη συσκευή. Οι περιοχές εφαρμογής είναι συνήθως το εσωτερικό των μηρών και των γονάτων, η κοιλιά, η περιφέρεια, οι βραχίονες, η πλάτη και οι γλουτοί. Για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα πρέπει να γίνει συνδυασμός των κεφαλών. Στη συνέχεια ο χειριστής της συσκευής κρίνει με πόσες γραμμές θα ακτινοβοληθεί το δέρμα. Ορισμένοι θεράποντες εφαρμόζουν πριν την έναρξη της συνεδρίας λιδοκαΐνη ή παρόμοια αναισθητικά, τα οποία μπορούν να σκεπάσουν και με αποφρακτικό επίδεσμο, για περίπου μία ώρα, [41] αν και αυτό το μέτρο δεν είναι πάντα απαραίτητο. [48] Το πρόσωπο πριν από μία θεραπεία είναι πάντα ελεύθερο κρεμών, καθαρίζεται και χωρίζεται σε ζώνες σχεδιάζοντας με λευκό μολύβι. Τέλος, κάθε θεραπεία ξεκινάει λαμβάνοντας ως κύριους γνώμονες την ασφάλεια και την άνεση του θεραπευόμενου, καταγράφοντας πάντα τις παραμέτρους και τις λεπτομέρειες μίας συνεδρίας. [64]

Οι περιοχές στις οποίες δεν πρέπει να εφαρμόζεται το HIFU είναι οι κρόταφοι, οι οφθαλμικές κόγχες και ο καθεκκτήρας μυς της γωνίας του στόματος.

Κατά τη διάρκεια των θεραπειών εστιασμένων υπερήχων υψηλής ενέργειας για σύσφιξη και αναζωογόνηση του δέρματος, χρησιμοποιείται συχνά ένα ενδιάμεσο υλικό το οποίο πρόκειται για πήκτωμα (gel) ως μέσο σύζευξης μεταξύ της συσκευής HIFU και του δέρματος του θεραπευόμενου. Αυτό εξυπηρετεί διάφορους σημαντικούς σκοπούς στη διαδικασία HIFU:

Ενίσχυση της μετάδοσης της ενέργειας υπερήχων: Το ενδιάμεσο υλικό λειτουργεί ως αγωγίμο μέσο που βοηθά στη μετάδοση της ενέργειας υπερήχων υψηλής ενέργειας από τη συσκευή HIFU στο δέρμα του θεραπευόμενου. Χωρίς αυτό, ενδέχεται να υπάρξει απώλεια ενέργειας καθώς αυτή περνά από τη συσκευή στο δέρμα, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της θεραπείας.

Μείωση των κενών αέρα: Το ενδιάμεσο υλικό βοηθά στην εξάλειψη τυχόν κενών αέρα μεταξύ της κεφαλής του HIFU και της επιφάνειας του δέρματος. Τα κενά αέρα μπορεί να εμποδίσουν την αποτελεσματική μετάδοση της ενέργειας των υπερήχων και να οδηγήσουν σε ασυνεπή ή ελλιπή αποτελέσματα θεραπείας. [87]

Προστασία του δέρματος: Το ενδιάμεσο υλικό παρέχει ένα προστατευτικό φράγμα μεταξύ της συσκευής HIFU και του δέρματος, συμβάλλοντας στην αποφυγή τριβής, θερμότητας ή

δυσφορίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτό διασφαλίζει ότι η θεραπεία είναι όσο το δυνατόν πιο άνετη για τον θεραπευόμενο.

Συμβολή στην οπτικοποίηση των υπερήχων: Σε ορισμένες περιπτώσεις, το ενδιάμεσο υλικό μπορεί να περιέχει σωματίδια που αντανακλούν τους υπερήχους και μπορούν να βοηθήσουν τους επαγγελματίες υγείας να απεικονίσουν την περιοχή θεραπείας και να διασφαλίσουν ότι η ενέργεια HIFU εφαρμόζεται με ακρίβεια. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν χρησιμοποιείται απεικόνιση με υπερήχους για την παρακολούθηση της διαδικασίας σε πραγματικό χρόνο.

Ελαχιστοποίηση του κινδύνου εγκαυμάτων ή δυσφορίας: Το HIFU παράγει θερμότητα μέσα στο δέρμα για να διεγείρει την παραγωγή κολλαγόνου και να συσφίξει τους ιστούς. Το ενδιάμεσο υλικό βοηθά στη διασπορά αυτής της θερμότητας, αποτρέποντας τα θερμά σημεία και μειώνοντας τον κίνδυνο εγκαυμάτων ή δυσφορίας.

Πολύ σημαντικές παράμετροι που θα καθορίσουν το αποτέλεσμα στους ιστούς, φάνηκαν μετά από πειράματα *ex vivo* σε χοίρινο δέρμα πως είναι τα χαρακτηριστικά της χειρολαβής (handpiece) και η ενεργειακή πυκνότητα (fluence) (J/cm^2) που θα επιλεγθεί. Η προσεκτική επιλογή σε αυτά τα δύο κριτήρια θα ελαχιστοποιήσει τυχόν ανεπιθύμητες ενέργειες. [75]

Ο πρόδρομος για το HIFU ήταν οι μικρο-εστιασμένοι υπέρηχοι (micro-focused ultrasound) (MFU), στους οποίους όταν προστέθηκε η υψηλής ανάλυσης οπτικοποίηση, αυτοί ονομάστηκαν micro-focused ultrasound with high-resolution ultrasound visualization (MFU-V). [43] Το Ulthera® System αποτελεί το πιο γνωστό μηχάνημα της κατηγορίας και έχει συμπεριληφθεί σε αρκετές μελέτες. [136], [137], [60] Η απεικόνιση με υπερήχους και η αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο της σοβαρότητας και των δομικών αλλαγών (όπως η απώλεια οστού ή λίπους), είναι οι παράγοντες που επιδρούν θετικά στην ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των θεραπειών με MFU-V, οι οποίες έχουν μελετηθεί εξίσου από ερευνητές και έχουν αποδειχθεί ασφαλείς και αποτελεσματικές για την μη επεμβατική σύσφιξη του δέρματος. [89]

Στην αγορά κυκλοφορούν πολλές συσκευές HIFU. Ορισμένες διαθέτουν ενσωματωμένο ψυκτικό σύστημα και άλλες όχι. [41] Το σύστημα ψύξης βοηθά στην προστασία της επιδερμίδας, στην αναλγησία και στην δυνατότητα εφαρμογής υψηλότερων ενεργειών. Χωρίς σύστημα ψύξης, η θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος μπορεί να ξεπερνά τους 40 °C [46] και με σύστημα ψύξης να βρίσκεται στους 5 °C. Ο αριθμός συνεδριών που απαιτούνται

ενδέχεται να διαφέρει με κριτήριο την κατάσταση και το πρόβλημα του ιστού που εφαρμόζεται ο υπέρηχος. Συνήθως μία θεραπεία είναι επαρκής για να προσφέρει αποτελέσματα, παρόλα αυτά κάποια άτομα ίσως χρειαστούν επιπλέον θεραπείες για να επιτύχουν την επιθυμητή τους εικόνα. Στις περισσότερες περιπτώσεις μία με δύο συνεδρίες είναι αρκετές για ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα. [65] Τις πρώτες μέρες μετά την θεραπεία συστήνεται η χρήση αντιηλιακού και ενυδατικών/καταπραϋντικών κρεμών. Η χρήση ενεργών συστατικών, όπως η ρετινόλη μπορεί να αποφευχθεί προς αποφυγή ερεθισμού του δέρματος. Η εφαρμογή καλυπτικού make up δεν αποτελεί αντένδειξη και μπορεί να γίνει από την πρώτη μέρα της θεραπείας.

Γενικά οι υπέρηχοι (όχι οι εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής ενέργειας) ως τεχνολογία συναντώνται σε διάφορες άλλες μεθόδους στην αισθητική ιατρική, όπως για παράδειγμα στην διαδερμική χορήγηση φαρμάκων/καλλυντικών ουσιών συνδυασμένη με το FRF που αναλύθηκε στο κεφάλαιο των ραδιοσυχνοτήτων, το cavitation, την κερατόλυση, την φωνοφόρηση [151] και την υποβοηθούμενη με υπέρηχους λιπόλυση. Όπως και με τις ραδιοσυχνότητες, έτσι και με τους υπέρηχους, η υποβοηθούμενη με υπέρηχους λιπόλυση (Ultrasonic-Assisted Liposuction) (UAL), η οποία συστήθηκε από τον Zocchi [113] στην Ιταλία το 1992, πρόκειται για μέθοδο παρόμοια με την RFAL, με την διαφορά ότι η κάνουλα που εισέρχεται στο δέρμα παράγει υπέρηχους αντί για RF. Το λίπος, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους αφαίρεσής του, υγροποιείται-γαλακτωματοποιείται και ύστερα απομακρύνεται μέσω αναρρόφησης από το σώμα.

Έχουν κυκλοφορήσει ακόμη συσκευές παράλληλων ακτινών υπέρηχων υψηλής έντασης, υψηλής συχνότητας, χωρίς όμως εστίαση, (high-intensity parallel beam ultrasound, US) για την αντιμετώπιση της χαλάρωσης του δέρματος του προσώπου, οι οποίες έχουν δείξει καλά αποτελέσματα ανόρθωσης των φρυδιών, της περιοχής υπό της κάτω γνάθου και του λαιμού, χωρίς παρενέργειες. [161], [63]

Άλλος τύπος υπέρηχων είναι οι εστιασμένοι υπέρηχοι χαμηλής συχνότητας. Οι υπέρηχοι χαμηλής συχνότητας εκπέμπουν σε επίπεδο kHz, σε αντίθεση με τους υψηλής συχνότητας που εκπέμπουν MHz. Σε μελέτη εξετάστηκε η μείωση της περιφέρειας της κοιλιάς σε Ασιάτες με το Vectra® System, το οποίο πρόκειται για συσκευή που εκπέμπει εστιασμένους υπέρηχους χαμηλής συχνότητας και διαθέτει παράλληλα και εφαρμοστή διπολικών ραδιοσυχνοτήτων. Κάθε υποκείμενο έλαβε συνολικά τρεις θεραπείες με διαφορά 2

εβδομάδων. Σε όλες τις επισκέψεις λαμβάνονταν μετρήσεις με το σύστημα Vectra®, η περίμετρος της κοιλιάς και τυποποιημένες φωτογραφίες. Δεκαεπτά άτομα ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα θεραπείας. Η περιφέρεια της κοιλιάς παρουσίασε στατιστικά σημαντική βελτίωση στις 2 εβδομάδες μετά τη δεύτερη θεραπεία ($P = 0,023$) και σχεδόν σε όλες τις επόμενες παρακολουθήσεις. Οι μετρήσεις με το παχύμετρο ήταν στατιστικά σημαντικές στις 2 εβδομάδες μετά τη δεύτερη θεραπεία ($P = 0,013$) και σχεδόν σε όλες τις επακόλουθες εξετάσεις. Η μέση βαθμολογία πόνου που αναφέρθηκε ήταν 2,3 στην οπτική αναλογική κλίμακα και το 6% δεν ήταν ικανοποιημένο από τις συνολικές θεραπείες. Έξι περιστατικά σχηματισμού εξανθημάτων εμφανίστηκαν αμέσως μετά τη θεραπεία, τα οποία υποχώρησαν όλα αυθόρμητα εντός μερικών ωρών. [154]

Τέλος, μία χρήση των υπερήχων που ενδιαφέρει άτομα στον χώρο της αισθητικής και ιατρικής είναι για την απεικόνιση διαφόρων δερματικών εμφυτευμάτων, όπως υαλουρονικού οξέος ή σιλικόνης από προηγούμενες αισθητικές θεραπείες. [150]

4.2 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Το HIFU ενδείκνυται σε:

α) Δέρματα όλων των φωτοτύπων με χαλάρωση [155], ρυτίδες, ανομοιόμορφο τόνο δέρματος / μέλασμα [49], [1], [152], έντονη εμφάνιση πόρων [36], [173] και περίσσεια λιπώδους ιστού. [46], [162], [156]

β) Δέρμα που δεν είναι τόσο χαλαρό ώστε να χρήζει χειρουργικής αντιμετώπισης αλλά παρουσιάζει σημάδια γήρανσης. [65]

γ) Άτομα με ρεαλιστικές προσδοκίες, τα οποία δεν νιώθουν άνετα ή δεν τους αρέσει ο τρόπος που δείχνει το πρόσωπο, ο λαιμός ή το σώμα τους, εξαιτίας της χαλάρωσης του δέρματος και της περίσσειας λιπώδους ιστού.

δ) Άτομα που φορούν ρούχα ή φουλάρια, όχι επειδή πραγματικά το επιθυμούν, αλλά για να κρύψουν τη γηρασμένη όψη του λαιμού τους.

ε) Όσους πιστεύουν ότι μία γηρασμένη όψη επηρεάζει αρνητικά τις διαπροσωπικές σχέσεις ή/και την καριέρα τους.

στ) Άτομα τα οποία δεν επιθυμούν ή/και δεν είναι καλοί υποψήφιοι / απαγορεύεται να προβούν σε χειρουργικές θεραπείες όπως το λίφτινγκ προσώπου (facelift), το λίφτινγκ λαιμού (necklift) και η λιποαναρρόφηση, στα οποία υπάρχει το ρίσκο της αναισθησίας, των αιμορραγιών, θρομβώσεων, τομών και ουλών, με απώλεια της δυνατότητας έκφυσης της τριχοφυΐας στο σημείο τομής.

ζ) Άτομα τα οποία έχουν υποβληθεί σε χειρουργικές επεμβάσεις όπως το λίφτινγκ προσώπου, αλλά παρουσιάζουν υποτροπιάζουσα χαλαρότητα ή/και θέλουν να παρατείνουν τα αποτελέσματα και να βελτιώσουν την εμφάνιση του δέρματός τους.

Το HIFU αντενδείκνυται σε:

1. Άτομα που έχουν υποβληθεί πρόσφατα σε θεραπεία με δερματικά εμφυτεύματα, όπου η χρονική περίοδος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του δέρματος, την ευαισθησία του ενδιαφερόμενου, την συνολική υγεία, την περιοχή εφαρμογής, τον τύπο του filler και αν έχουν δημιουργηθεί εκχυμώσεις στο δέρμα.

Σύμφωνα με τη σύσταση των εμπειρογνομώνων, οι μικρο-εστιασμένοι υπέρηχοι με υψηλής ανάλυσης οπτικοποίηση θα πρέπει να πραγματοποιούνται τουλάχιστον 1-2 εβδομάδες μετά την έγχυση, προκειμένου να υποχωρήσουν οι παρενέργειες της ένεσης (π.χ. μώλωπας, οίδημα κ.λπ.) πριν από την έναρξη της επόμενης θεραπείας.

Σε πιλοτική μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2022, 14 άτομα έλαβαν ενδοδερμικά έγχυση HA σε τέσσερις περιοχές μεγέθους 2×2 cm στην κοιλιά (0,25 ml/περιοχή). Η περιοχή A χρησίμευσε ως σημείο ελέγχου, ενώ οι περιοχές B, Γ, Δ υποβλήθηκαν σε θεραπεία με MFU με τη χρήση μετατροπέα 1,5 mm μετά από 60 λεπτά, μετά από 14 ημέρες και μετά από 28 ημέρες, αντίστοιχα. Έπειτα εξετάστηκαν ιστοπαθολογικά από τυφλό έμπειρο δερματοπαθολόγο όλες οι περιοχές με δείγμα βιοψίας διάτρησης 3mm, κατά την έναρξη και την ημέρα 56. Παρατηρήθηκε απώλεια HA την ημέρα 56 σε σύγκριση με την αρχική τιμή στην περιοχή B σε 7 άτομα (53,9) και στην περιοχή Γ σε 6 άτομα (46,2%). Η μέση βαθμολογία HA στο σημείο B κατά την έναρξη ήταν 3.7 και την ημέρα 56, 2.8. Στο σημείο Γ η μέση βαθμολογία HA κατά την έναρξη ήταν επίσης 3.7 και την ημέρα 56, 3. Το σημείο Δ ήταν 3.7 κατά την έναρξη και την ημέρα 56, 3.3 - δεν εμφάνισε δηλαδή στατιστική διαφορά

($p = 0,073$). Δεν παρατηρήθηκε φλεγμονή ή κοκκίωμα την ημέρα 56 της μελέτης. Συμπερασματικά, η θεραπεία με MFU μετά από έγχυση HA φαίνεται να είναι ασφαλής. Ωστόσο, παρατηρήθηκε κάποιος βαθμός απώλειας HA εάν η θεραπεία MFU γινόταν εντός 2 εβδομάδων μετά την έγχυση HA. [82]

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2019 για την αντιμετώπιση ατροφικών ουλών ακμής, 20 γυναίκες έλαβαν 3.0mL υδροαπατίτη (calcium hydroxylapatite) και 4 εβδομάδες μετά 400 γραμμές HIFU, χωρίς να παρατηρηθούν σοβαρές παρενέργειες. [127]

Οι συστάσεις για το πολυ-L-γαλακτικό οξύ (PLLA) είναι συνήθως οι ενεργειακές συσκευές να χρησιμοποιούνται πρώτα πριν ακολουθήσει η θεραπεία με πολυ-L-γαλακτικό οξύ, ιδίως εάν και οι δύο θεραπείες γίνουν την ίδια ημέρα. Ωστόσο, μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε σειρά εάν οι θεραπείες γίνονται σε διαφορετικές ημέρες. Η πλειονότητα των συγγραφέων (>80%) χρησιμοποιεί EBDs με PLLA στην ίδια συνεδρία. [53]

2. Άτομα με βηματοδότη, μεταλλικά εμφυτεύματα, όπως μεταλλικά κλιπς από επέμβαση στον εγκέφαλο, ενσωματωμένο απινιδωτή, οποιουδήποτε τύπου ενσωματωμένη συσκευή.

3. Άτομα άνω των εξήντα ετών

4. Συμμετοχή σε θεραπείες αντιγήρανσης, συμπεριλαμβανομένου του lifting ή της θεραπείας με λέιζερ στο λαιμό ή/και το ντεκολτέ εντός των τελευταίων 12 μηνών. [48]

Αναφορικά με το συνδυασμό με laser, σε μελέτη πρωτοκόλλου αντιγήρανσης έγινε εφαρμογή fractional laser CO₂ αμέσως μετά την αφαίρεση του gel από την εφαρμογή των εστιασμένων υπερήχων υψηλής ενέργειας που είχε προηγηθεί, χωρίς την παρατήρηση ανεπιθύμητων ενεργειών. [149] Σε άλλη παρόμοια μελέτη με έντονους υπερήχους ωστόσο, παρατηρήθηκαν αρκετές ανεπιθύμητες ενέργειες, οι οποίες θα αναλυθούν στο κεφάλαιο των παρενεργειών. [160]

5. Παθήσεις που επηρεάζουν την επούλωση του δέρματος/ ιστορικό χηλοειδών ή/και υπερτροφικών ουλών / νοσημάτων του συνδετικού ιστού [48], [127]

6. Εγκυμοσύνη και γαλουχία (απόλυτη αντένδειξη) [76]

Ενώ η χρήση των υπερήχων θεωρείται ασφαλής, κοσμητικές και όχι ιατρικές επεμβάσεις άμεσης ανάγκης είναι θεμιτό να αποφεύγονται κατά τη συγκεκριμένη περίοδο.

7. Ενεργή δερματική λοίμωξη (απόλυτη αντένδειξη) [76] / τρέχουσα δερματική φλεγμονή [48]

8. Εμφυτεύματα σιλικόνης
9. Αλλεργία στο gel των υπερήχων
10. Σε άτομα με σοβαρές ή ασταθείς ιατρικές καταστάσεις, όπως ορισμένες καρδιαγγειακές ή αυτοάνοσες [127] παθήσεις, μπορεί να συνιστάται η αποφυγή του HIFU για την αποφυγή πιθανών επιπλοκών.
11. Διαταραχές πήξης του οργανισμού [36]
12. Αντιπηκτικά και αντιαιμοπεταλιακά φάρμακα [36], [127]
13. Επιληψία [36]
14. Ενεργή λεύκη [36]
15. Κυστική ακμή (απόλυτη αντένδειξη) [76]
16. Εμπύρετα άτομα
17. Σοβαρές συστηματικές νόσοι π.χ. μη ελεγχόμενη ηπατική νόσος ή διαβήτης [48]
18. Ιστορικό αλλεργιών [48]
19. Ψυχιατρική νόσος [48]
20. Κήλη στην περιοχή που πρόκειται να υποβληθεί σε θεραπεία [164]
21. Ασθενής με λιγότερο από 1,0 cm πάχος λιπώδους ιστού πέραν του επιλεγμένου εστιακού βάθους στην περιοχή που θα υποβληθεί προς θεραπεία (συσκευές καταστροφής λιποκυττάρων σώματος) [164]
22. Σύμφωνα με τη διακριτική ευχέρεια του ιατρού, να αποφεύγεται η θεραπεία οποιασδήποτε κατάστασης που θα μπορούσε να την καταστήσει μη ασφαλή για τον υποψήφιο.

4.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Πλεονέκτημα της θεραπείας με HIFU είναι πως πρόκειται για μία μη επεμβατική θεραπεία με σκοπό την μείωση των ρυτίδων και της χαλάρωσης του δέρματος, τη μείωση του ανεπιθύμητου λίπους στην περιοχή του λαιμού και κάτω από το σαγόι, τονίζοντάς το και σκιαγραφώντας το. Άλλο πλεονέκτημα είναι πως τα αποτελέσματα μίας θεραπείας θα

συνεχίσουν να βελτιώνονται μέχρι και έξι μήνες μετά την εφαρμογή και διαρκούν μέχρι και ένα χρόνο ή παραπάνω, ενώ χρειάζεται μόνο να γίνει μία συντήρηση στους επόμενους μήνες. Σε αντίθεση με άλλες θεραπείες προσώπου, που δρουν με μεγαλύτερο περιορισμό σε πιο επιφανειακό επίπεδο και μαζικότερο όγκο ιστού, η θεραπεία με HIFU παρακάμπτει την επιφάνεια του δέρματος και παρέχει στοχευμένη υψηλή ενέργεια σε πολύ μικρά εστιασμένα σημεία και στους δομικούς ιστούς από το δικτυωτό χόριο μέχρι και το σημείο SMAS. [75] Το σημείο SMAS είναι το ίδιο σημείο στο οποίο επεμβαίνει και ένας πλαστικός χειρουργός κατά την διάρκεια ενός lifting προσώπου. Κανένα άλλο μη επεμβατικό μηχάνημα δεν έχει τη δυνατότητα να δράσει τόσο βαθιά στο δέρμα.

Η ιδέα του να προκαλείται μικρή δερματική βλάβη με θεραπευτικό σκοπό υπήρχε και στην δημιουργία των fractional laser και του βελονισμού, μόνο που η διαφορά με το HIFU είναι πως δεν υπάρχει φόβος καταστροφής της επιδερμίδας. Ακόμη, σε αντίθεση με άλλες θεραπείες τα αποτελέσματα που δίνει είναι φυσικά και δεν οδηγεί σε μία «παγωμένη» ή υπερβολικά «τραβηγμένη» εμφάνιση. Επιπλέον, τα άτομα που υποβάλλονται σε θεραπείες με HIFU, συχνά βιώνουν μία αύξηση στην αυτοπεποίθησή τους, αφού η εμφάνισή τους αντικατοπτρίζει καλύτερα την υγεία και την ενεργητικότητά τους. Έχει επίσης την ικανότητα να μειώσει και να συσφίξει τον λιπώδη ιστό ταυτόχρονα και σε διάφορες περιοχές του σώματος, χωρίς τις ανεπιθύμητες ενέργειες χειρουργικών μεθόδων, όπως η αιμορραγία και η δημιουργία ουλών από τομές. Επιπροσθέτως, οι θεραπείες με HIFU έχουν ταχύτερη ανάρρωση, μικρότερο κόστος και μικρότερο ποσοστό επιπλοκών. Το κύριο πλεονέκτημά τους έναντι της επίσης δημοφιλούς θεραπείας της κρυολιπόλυσης είναι ότι δεν εμφανίζουν την ανεπιθύμητη ενέργεια της παράδοξης υπερπλασίας του λιπώδους ιστού, δηλαδή την τοπικά εντοπισμένη σκλήρυνση του λίπους μετά τη κρυολιπόλυση, που έχει ως αποτέλεσμα τη διόγκωση αντί τη συρρίκνωση των περιοχών που έχει εφαρμοστεί η θεραπεία τις εβδομάδες που ακολουθούν την εφαρμογή, με αποτέλεσμα ένα ορατό διογκωμένο στρώμα λίπους κάτω από δέρμα. Ταυτόχρονα η κρυολιπόλυση δεν κατέχει τη συσφικτική ικανότητα του HIFU, αντιθέτως μπορεί ακόμα να χαλαρώσει τους ιστούς. Οι θεραπείες laser για την καταστροφή των λιποκυττάρων, που αποτελούν άλλης μορφής θεραπείας στην κατηγορία, απαιτούν μεγάλη ποσότητα χειρωνακτικής εργασίας από τον ιατρό που θα τις εφαρμόσει και αποτελούν πιο χρονοβόρες διαδικασίες. [46] Το 2016, έρευνα κατέληξε πως αναφορικά με την ικανότητα καταστροφής των λιποκυττάρων με μη επεμβατικές θεραπείες – μεταξύ του HIFU, των ραδιοσυχνοτήτων, της κρυολιπόλυσης, του laser και της ενέσιμης λιποδιάλυσης, το HIFU ήταν η πιο ισχυρή θεραπεία που μπορούσε να παράγει σημαντικά αποτελέσματα σε μία μόνο

θεραπεία. [165] Οι εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής έντασης μπορούν να εφαρμοστούν οποιονδήποτε μήνα του χρόνου και είναι ιδανικοί για έναν ενδιαφερόμενο με υποχρεώσεις στην καθημερινότητά του, προσφέροντάς του τη δυνατότητα να επιστρέψει στο πρόγραμμά του αμέσως μετά το πέρας της συνεδρίας. Ακόμη και σε επεμβάσεις λιποαναρρόφησης με πιο σύγχρονες μεθόδους και σε πιο μικρές περιοχές, όπως αυτή του πιγουνιού, απαιτείται μετά το πέρας της επέμβασης το άτομο να φορά ένα ειδικό ελαστικό πιεστικό ένδυμα για 48 ώρες ή όπως συνιστούν ορισμένοι ιατροί και για μία ολόκληρη εβδομάδα ακόμη κατά την βραδινή κατάκλιση. Επιπλέον, χρειάζεται να ληφθεί αντιβίωση από το στόμα και ενδεχομένως ήπια παυσίπονα. Με τις θεραπείες με εστιασμένους υπερήχους υψηλής συχνότητας τα άτομα που έχουν υποβληθεί στη θεραπεία δεν χρειάζεται να απουσιάσουν από την εργασία τους ή από κοινωνικές συναναστροφές και δεν έχουν περιορισμούς, δεν απαιτούν ειδική φροντίδα ή/και προφυλάξεις μετά το πέρας της θεραπείας.

Μειονέκτημα των θεραπειών HIFU, εκτός από τις πιθανές παρενέργειες που μπορεί να εμφανιστούν, είναι πως τα αποτελέσματα μπορεί να ποικίλουν. Η αποτελεσματικότητα μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με παράγοντες όπως η ικανότητα και εμπειρία του χειριστή, η συγκεκριμένη συσκευή που χρησιμοποιείται και η κατάσταση του δέρματος του ατόμου. Ορισμένοι άνθρωποι μπορεί να δουν σημαντική βελτίωση, ενώ άλλοι μπορεί να μην έχουν το ίδιο επίπεδο οφέλους.

Αναφορικά με την επίδραση του HIFU στο μέλασμα, ενώ υπάρχουν στη βιβλιογραφία μελέτες που οι εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής έντασης έχουν δείξει καλά αποτελέσματα χωρίς παρενέργειες [49], [1], [152] τα αποτελέσματα μελετών, στις οποίες γίνεται χρήση συσκευών με βάση την ενέργεια γενικότερα, αναδεικνύουν ενίοτε την ανάπτυξη δυσχρωμίας λόγω της ίδιας της θεραπείας. [77] Τα αποτελέσματα επίσης μπορεί να είναι μεταβλητά. Σε τυχαιοποιημένη, τυφλή από τον αξιολογητή πιλοτική μελέτη που διεξήχθη σε είκοσι άτομα με φωτότυπο Fitzpatrick (FPT) III (14 άτομα) και IV (6 άτομα), σε κάθε υποκείμενο προκλήθηκαν τρεις υπερμελαγχρωματικές κηλίδες με τοπική ευρυζωνική UVB. Μετά από 2 εβδομάδες, κάθε σημείο κατανεμήθηκε τυχαία σε έλεγχο, χαμηλής ενέργειας και υψηλής ενέργειας HIFU. Τα υποκείμενα έλαβαν οδηγίες να παρακολουθούνται εβδομαδιαία για διάρκεια ενός μήνα. Αξιολογήθηκαν οι μετρήσεις του δείκτη φωτεινότητας, οι μέσες βαθμολογίες βελτίωσης, η ικανοποίηση των υποκειμένων, οι βαθμολογίες πόνου και οι παρενέργειες. Και τα είκοσι άτομα ολοκλήρωσαν τη μελέτη. Δώδεκα άτομα παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση στα σημεία ελέγχου, ενώ οκτώ άτομα παρουσίασαν μεγαλύτερη

βελτίωση στα σημεία που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με HIFU. Στο δέρμα FPT τύπου III, το HIFU φάνηκε να είναι κατώτερο από τον έλεγχο, τόσο στο δείκτη φωτεινότητας, όσο και στις μέσες βαθμολογίες βελτίωσης, αλλά στο δέρμα FPT τύπου IV, το HIFU είχε μεγαλύτερη βελτίωση του δείκτη φωτεινότητας και υψηλότερες βαθμολογίες βελτίωσης από τον έλεγχο. Οι ανεπιθύμητες ενέργειες ήταν συχνότερες στις περιοχές που υποβλήθηκαν σε θεραπεία υψηλής ενέργειας. [137]

Ένα ακόμη μειονέκτημα της θεραπείας με εστιασμένους υπερήχους υψηλής ενέργειας είναι ότι τα αποτελέσματα δεν είναι μόνιμα αλλά απαιτούν συνεδρίες συντήρησης.

4.4 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Το επίπεδο του πόνου σε κλίμακα Λίκερτ 0-10 αξιολογήθηκε σε μετα-ανάλυση με μέσο όρο 4.2 (95% 4.27-5.19). Κατά τη διάρκεια αλλά και μετά τη χρήση υπερήχων έχει παρατηρηθεί συχνότερα παροδικό ερύθημα και οίδημα [59], [48].

Σε μελέτη 5 ατόμων, παρατηρήθηκε ευαισθησία για τις επόμενες δέκα ημέρες μετά το πέρας της θεραπείας στην περιοχή των μπράτσων. [42] Πιο σπάνιες ανεπιθύμητες ενέργειες με παροδική παραμονή αποτελούν η πορφύρα και οι εκχυμώσεις [41], ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχει σύστημα ψύξης ενσωματωμένο στο μηχάνημα. [46]

Οι παρενέργειες από εφαρμογή HIFU σε φωτότυπους III και IV αναδείχθηκαν από μελέτη ως οι εξής: ερύθημα, οίδημα, ευαισθησία, διάβρωση, εκχύμωση και ραβδώσεις. [138]

Άλλη πιθανή παρενέργεια είναι ο τραυματισμός/κάκωση του προσωπικού νεύρου (neuropraxia) που έχει περιγραφεί σε τριαντατριάχρονη γυναίκα από την Ταϊλάνδη μετά από θεραπεία με HIFU για επιδερμική χαλάρωση. [76] Η πάρεση (ή νευραπραξία) πρόκειται για την πιο ήπια μορφή νευρικής βλάβης, η οποία προκαλείται από την προσωρινή καταστροφή της μυελίνης λόγω ισχαιμικής βλάβης. Τα σημεία εφαρμογής ήταν και οι δύο μεριές του κάτω μισού του προσώπου, για διακόσιες γραμμές, με την υψηλότερη ρύθμιση ενέργειας στο μηχάνημα. Το περιστατικό αμέσως μετά την εφαρμογή εμφάνισε ερύθημα και οίδημα και την επόμενη μέρα το δεξί άνω χέιλος παρουσίασε μούδιασμα, όπου λόγω της δυσκολίας στην κινητικότητα, το πρόσωπο οδηγήθηκε σε ασυμμετρία. Εξέταση των αισθητικών νεύρων έδειξε επίσης μειωμένη αίσθηση στην πάνω και κάτω πλευρά της δεξιάς μεριάς των χειλιών

όπως και περιστοματικά. Από τα ευρήματα συνήχθη το συμπέρασμα πως υπήρξε τραυματισμός του κλάδου του δεξιού προσωπικού νεύρου.

Σε μία μελέτη 75 ανθρώπων ένα περιστατικό εμφάνισε μούδιασμα στην δεξιά περιοχή της κάτω γνάθου που υποχώρησε ύστερα από δέκα ημέρες αυθόρμητα. [48]

Παροδική παράλυση των χειλιών και φρυδιών σε 3 άτομα ανέδειξε και αυτή η μελέτη, [160] όπου έγινε εφαρμογή έντονων υπερήχων σε 39 συμμετέχοντες. Οι 38 από αυτούς υποβλήθηκαν σε ταυτόχρονη αφαιρετική επιφανειακή ανάπλαση του δέρματος με κλασματοποιημένο λέιζερ χρησιμοποιώντας το σύστημα Lutronic eCO₂ στο λαιμό. Το 23% των συμμετεχόντων παρουσίασε κάποια επιπλοκή. Αυτές περιλάμβαναν εκχύμωση της κάτω γνάθου, οίδημα προσώπου και ψευδο-ατροφία του λίπους του προσώπου. Παρόλο που οι περισσότερες επιπλοκές ήταν παροδικής φύσης, ένας συμμετέχων ανέπτυξε επίμονο οίδημα προσώπου που έγινε ουλή. Όλοι ανέχθηκαν καλά τον ταυτόχρονο υπέρηχο λαιμού και την αφαιρετική θεραπεία αναζωογόνησης με κλασματικό λέιζερ CO₂.

Αξίζει να σημειωθεί πως μέχρι το 2020 δεν αναφέρονται περιστατικά υπερμελάγχρωσης σε μετα-ανάλυση. [59] Αντίθετα, έχει λάβει χώρα μελέτη σε 25 συμμετέχοντες από την Ασία για να εξεταστούν θετικά αποτελέσματα σε μέλασμα, όπου τα άτομα έλαβαν μία θεραπεία με εστιασμένους υπερήχους υψηλής έντασης το μήνα για τρεις μήνες. Αν και τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά, αξιολογήθηκε πάνω από 50% βελτίωση στον τόνο του δέρματος σε 11 συμμετέχοντες. Κανένα περιστατικό δεν εμφάνισε χειροτέρευση του μελάσματος. [49]

Θετικά αποτελέσματα σε μέλασμα, έχουν φανεί και σε έρευνες με μικρο-εστιασμένους υπερήχους με υψηλής ανάλυσης οπτικοποίηση. Μη ελεγχόμενη πιλοτική μελέτη στην οποία 20 άτομα έλαβαν 2 θεραπείες MFU-V με απόσταση ενός μήνα μεταξύ τους και συνολική παρακολούθηση για 5 μήνες, έδειξε πως σε 40 μάγουλα, η μέση βαθμολογία mMASI μειώθηκε σημαντικά από 13,2 κατά την έναρξη, σε 2,4 κατά τον μήνα 4 και 2,8 κατά τον μήνα 5. Είκοσι εννέα μάγουλα (72,5%) εμφάνισαν ελάφρυνση του μελάσματος κατά τον μήνα 4 που παρέμεινε μέχρι τον μήνα 5, με βελτιώσεις έως και 75% σε σύγκριση με την έναρξη. Η διαδικασία ήταν καλά ανεκτή με μόνο ήπιο έως μέτριο πόνο που αναφέρθηκε στο 92,5% των θεραπειών. [57]

4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα και οι επιδράσεις των θεραπειών με HIFU μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη συσκευή που χρησιμοποιείται, τις παραμέτρους της θεραπείας και τον τύπο και την κατάσταση του δέρματος του ατόμου.

Μετα-ανάλυση που εξέτασε 17 μελέτες με 477 συμμετέχοντες για την αναζωογόνηση του προσώπου και του λαιμού με τη χρήση HIFU, έδειξε μέτρια βελτίωση της τάξης του 2.74 (95% CI 2.06-3.43) με ανώτερο το 5 όσον αφορά την αντικειμενική βελτίωση και 2.68 (95% CI 1.92-3.45) όσον αφορά την υποκειμενική. [50]

Μελέτη το 2019 εξέτασε 75 άτομα (73 γυναίκες και 2 άντρες) με φωτότυπους II-IV για την ασφάλεια και αποτελεσματικότητα του HIFU στην αντιμετώπιση δερματικής χαλάρωσης προσώπου και λαιμού. Οι περιοχές εφαρμογής ήταν το σαγόι, οι ρινοπαραειακές πτυχές, ο λαιμός και η περιοχή υπό της κάτω γνάθου. Ιατρική αξιολόγηση έδειξε ξεχωριστά για κάθε ζώνη ποσοστό βελτίωσης άνω του 80% και η ικανοποίηση των συμμετεχόντων έκρινε για κάθε ζώνη βελτίωση τάξης άνω του 78%. [48]

Όπως αναφέρθηκε στις ενδείξεις την γήρανσης, τα φρύδια του ανθρώπου με το πέρασμα των χρόνων εμφανίζονται όλο και χαμηλότερα στο πρόσωπο, συνεπώς η ανύψωσή τους μπορεί να δώσει μία πιο νεανική εμφάνιση. Προοπτική μελέτη κοορτής, η οποία εξέτασε 35 συμμετέχοντες για τον ισχυρισμό των υπερήχων όσον αφορά την ανύψωση των φρυδιών, βρήκε πως πράγματι ανυψώθηκαν λίγο λιγότερο από δύο χιλιοστά και ότι είναι μία ασφαλής και αποτελεσματική θεραπεία για τη σύσφιξη της επιδερμίδας. Η μέση ηλικία των υποκειμένων ήταν 44 χρόνων (36-62) και αφού έγινε εφαρμογή αναισθητικής κρέμας έλαβαν θεραπεία με HIFU στο μέτωπο, τους κροτάφους, τα μάγουλα, την περιοχή υπό της κάτω γνάθου και το λαιμό, όπου εφαρμόστηκε υπέρηχος 4 MHz σε 4.5mm εστιακό βάθος; 7 MHz σε 4.5mm εστιακό βάθος; και 7 MHz σε 3.0mm εστιακό βάθος. Φωτογραφίες του μπροστινού και πλάγιου μέρους του προσώπου που λήφθηκαν την 90 ημέρα συγκρίθηκαν με φωτογραφίες της πρώτης ημέρας από εμπειρογνώμονες ιατρούς αξιολογητές, πλαστικούς χειρουργούς και δερματολόγους αισθητικής, οι οποίοι βρήκαν σαν μέσο όρο ανύψωσης φρυδιών τα 1.7 χιλιοστά. [85]

Δεύτερη μελέτη το 2019, έδειξε πως μετά από μία συνεδρία HIFU, εκτός από την ανόρθωση της κορυφής του φρυδιού, παρατηρήθηκε επίσης κάθετη ανύψωση των υπερκόγχιων ιστών, με μείωση της απόστασης από την κόρη μέχρι το φρύδι. [44]

Μελέτη με μηχανήματα MFU (Ulthera system; Ulthera Inc., Mesa, AZ, USA) σε είκοσι συμμετέχοντες από 37 έως 75 χρόνων (μέση τιμή 52.3 χρόνων) για την αποτελεσματικότητά του σε ρυτίδες και χαλάρωση, εξέτασε επτά διαφορετικές περιοχές (μάγουλα, σαγόι, ρινοστοματική, υπερκογχική, υποκογχική, ζυγωματική και παρειογναθική περιοχή). Εφαρμόστηκε HIFU με ρυθμίσεις συσκευής 4 MHz με 4.5mm εστιακό βάθος; 7 MHz με 4.5mm εστιακό βάθος; και 7 MHz με 3.0mm εστιακό βάθος. Οι χειρολαβές μετέφεραν ενέργεια 7.5 MHz στα εστιακά βάθη 3 και 4.5. Σύμφωνα με τη βαθμολογία εκτίμησης ιατρών, κάθε περιοχή εμφάνισε βελτίωση ύστερα από τρεις και έξι μήνες συγκριτικά με την έναρξη της μελέτης. Οι ιατροί έκριναν πως οι περιοχές που εμφάνισαν τα καλύτερα αποτελέσματα ήταν η γνάθος, το μάγουλο και η περιστοματική περιοχή με φθίνουσα σειρά. Οι συμμετέχοντες από την άλλη έκριναν με καλύτερη βαθμολογία τη γνάθο, την περιστοματική περιοχή και το μάγουλο με φθίνουσα σειρά. Σύμφωνα με τη γνώμη των συμμετεχόντων επίσης, μετά από έξι μήνες η ικανοποίηση μειώθηκε σε όλες τις περιοχές εκτός από αυτή των μάγουλων, η οποία κατέγραψε αύξηση. [41]

Ενδιαφέρον παρουσίασε μελέτη με χρήση MFU-V, η οποία υπέδειξε πως το δέρμα ανθρώπων που καταναλώνουν κρέας, σε σύγκριση με αυτό ολικών χορτοφάγων, παρουσίασε καλύτερα αποτελέσματα ως απόκριση της θεραπείας. Συμμετείχαν είκοσι επτά χορτοφάγες και είκοσι επτά παμφάγες γυναίκες που υποβλήθηκαν σε θεραπεία MFU-V για χαλάρωση στο κάτω μέρος του προσώπου και του λαιμού. Η κλινική έκβαση αξιολογήθηκε με τη χρήση της κλίμακας FLR (Facial Laxity Rating) μετά από 3 και 6 μήνες από τη θεραπεία. Κατά την έναρξη της μελέτης, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά την κλίμακα FLR και στις δύο θεραπευόμενες περιοχές. Μετά από 3 μήνες, η μείωση της κλίμακας FLR ήταν σημαντικά χαμηλότερη για τους ολικούς χορτοφάγους, τόσο στο πρόσωπο ($P = 0,04$), όσο και στο λαιμό ($P = 0,004$). Στους 6 μήνες, οι χορτοφάγοι συμμετέχοντες είχαν χειρότερη κλινική έκβαση στο κάτω μέρος του προσώπου ($P = 0,001$) και στο λαιμό ($P < 0,001$). Η παρούσα μελέτη υποδήλωσε ότι η χορτοφαγική διατροφή μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το αποτέλεσμα της θεραπείας MFU-V. [137]

5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ RF & HIFU

Και οι δύο τεχνολογίες έχουν μελετηθεί και έχουν φανεί ότι είναι αδιαμφισβήτητα αποτελεσματικές. Οι MRF θεραπείες υπερτερούν του HIFU ως προς το ότι δίνουν πιο γρήγορα αποτελέσματα λόγω της έντονης σύσπασης των ινών του κολλαγόνου και της δημιουργίας οιδήματος στο δέρμα, το οποίο διαρκεί για τις πρώτες λίγες ημέρες μετά τη θεραπεία ή μέχρι και δύο εβδομάδες. Το HIFU αν και αυτό μπορεί να προκαλέσει οίδημα στο δέρμα, δίνει φυσικά αποτελέσματα τα οποία θα γεννηθούν περισσότερο με την πάροδο του χρόνου. Κάποιος που το δέρμα του φαίνεται λεπτό με παρουσία αρκετών λεπτών γραμμών και ρυτίδων, όπως ένα χαρτί γκοφρέ, θα είναι πολύ ικανοποιημένος με τα άμεσα αποτελέσματα που θα βιώσει μετά από μία θεραπεία ραδιοσυχνότητας. Κάποιος με παραπάνω χαλάρωση και βάρος στο κάτω μέρος του προσώπου, ή παρουσία εντονότερης βλεφαρόπτωσης/βαθύτερων ρινοπαραρριχικών πτυχών για παράδειγμα, είναι καλύτερος υποψήφιος για θεραπεία με HIFU, όπου η ενέργεια φτάνει πιο βαθιά στους ιστούς και παρόλο που θα πάρει παραπάνω χρόνο να φανούν, μπορούν να δοθούν πολύ καλά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, αν κάποιος λαμβάνει θεραπεία με υπερήχους κάθε ένα ή δύο χρόνια συντηρητικά, το δέρμα του το πιθανότερο είναι πως θα καθυστερήσει πολύ να εμφανίσει έντονα σημάδια γήρανσης. Άλλη παράμετρος που μπορεί να ληφθεί υπόψη κατά την επιλογή θεραπείας είναι το πόση λιπαρότητα παρουσιάζει το δέρμα του ενδιαφερόμενου. Αν και το RF παρουσιάζει ενδεχομένως καλύτερα αποτελέσματα αναφορικά με την παραγωγή σμήγματος, αν συνδυαστεί θεραπεία HIFU με RF, μπορούν να δοθούν συνεργικά καλά αποτελέσματα σε παραμέτρους όπως ο μέσος όγκος των πόρων, η μέση επιφάνεια των πόρων, η πυκνότητα των πόρων, ο αριθμός των πόρων, το μέγιστο βάθος, ο συνολικός όγκος των πόρων και οι τιμές τραχύτητας (Ra). Στην ακμή και τις ουλές αυτής επίσης σαν θεραπεία υπερτερεί το RF, δεδομένου πως η δράση του είναι σε πιο επιφανειακά στρώματα σε σύγκριση με το HIFU. Αν ένα πρόσωπο επιθυμεί απλά ανόρθωση, καλύπτεται από θεραπεία με HIFU. Η επιπλέον χρήση RF στο ίδιο πρόσωπο θα μπορούσε να δώσει επιπλέον μείωση στο βάθος των ρυτίδων και στην ενυδάτωση του δέρματος. [36] Οι ραδιοσυχνότητες αποτελούν γενικά πιο ευέλικτη θεραπεία με περισσότερες εφαρμογές.

6. ΑΛΛΕΣ ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ Ή ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΘΕΡΑΠΕΙΕΣ ΑΝΤΙΓΗΡΑΝΣΗΣ

Κάποιες άλλες μη επεμβατικές ή ελάχιστα επεμβατικές θεραπείες αντιγήρανσης είναι η μεσοθεραπεία (mesotherapy), η ηλεκτροπόρωση (electroporation), τα νήματα (thread lift), η φωτοθεραπεία με μάσκες διόδου εκπομπής φωτός ή άλλες συσκευές, τα ήπια χημικά peeling, δηλαδή όχι φαινόλης (phenol peel) και τρίχλωρο οξικού οξέος (trichloroacetic acid, TCA), το φως ευρέως μήκους κύματος (broad band light, BBL) / έντονο παλμικό φως (intense pulsed light, IPL), τα κλασματικά laser ανάπλασης (pico, fraxel, halo®, mosaic), το Fotona4D laser, ο μικροβελονισμός, η ηλεκτρομυϊκή διέγερση με μικρορεύματα, η θεραπεία με laser χαμηλής έντασης (low level laser therapy, LLLT) / (φωτοβιοδιαμόρφωση, photomodulation) [73], [68], η εξάχνωση σημείων του δέρματος (plasma fibroblast pen) και η καρβοξυθεραπεία (carboxytherapy). Ορισμένες από αυτές επηρεάζουν περισσότερο βλάβες της φωτογήρανσης, όπως ο ανομοιομορφος τόνος του δέρματος και άλλες επηρεάζουν περισσότερο τις ρυτίδες ή την χαλάρωση για περαιτέρω νεο-κολλαγένεση,

Σε επιλογές ενέσιμων θεραπειών, η πρώτη από αυτές είναι το αυτόλογο και μη-κολλαγόνο. Το αυτόλογο κολλαγόνο εξάγεται από καλλιέργεια ινοβλαστών από το δέρμα του ίδιου του ατόμου (Isologen, isologen technologies inc., paramus, NJ). Άλλα είδη αποτελούν το ανθρώπινο πτωματικό κολλαγόνο (Cymetra®), δερματικό κολλαγόνο βοοειδών (bovine collagen) (ZydermI®, Zyderm II®, Zyplast®) και το βιομηχανοποιημένο ανθρώπινο κολλαγόνο (bioengineered human collagen) (CosmoDerm I®, CosmoDerm II®, CosmodPlast®).

Άλλες θεραπείες που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η μεταμόσχευση αυτόλογου λίπους, το PRP – PRF, οι ενέσεις νευροτροποιητών όπως βοτουλινική τοξίνη τύπου A (Botox®, Dysport®, Xeomin®, Bocouture®, Daxxify®, Jeuveau®) και τύπου B (Myobloc®), τα ενέσιμα εμφυτεύματα υαλουρονικού οξέως (Restylane®, Restylane® Lyft™, Filorga® Art Filler, Prohilo®, Juvederm® Volift™, Juvederm® Volux™, Juvederm® Volite™, Juvederm® Volbella™, Juvederm® Voluma™, ZartauxFILL+, Yvoire®, Teosyal®, Captique, Belotero Balance®, Hylaform®, Hylaform Plus®), ο υδροξυαπατίτης (calcium hydroxylapatite) (Radiesse®) [96], το υαλουρονικό οξύ με υδροξυαπατίτη (HArmonyCa™), το πολυ-L-γαλακτικό οξύ (poly-L-lactic acid, PLLA-SCA) (Sculptra®, Lanluma®), η

πολυκαπρολακτόνη 70% μαζί με καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη 30% (polycaprolactone-carboxymethyl cellulose) (PLC-CMC) (Ellansé®), τα πολυνουκλεοτίδια (polynucleotides, PN) / (polydeoxyribonucleotides, PDRN) (Rejuran, Nucleofill™, Plenhyage) [38], τα Skinboosters, το Sunekos® 200 (υαλουρονικό οξύ και αμινοξέα), τα εξωσώματα [106] (exosomes) (Exo-Skin™), η θεραπεία με βλαστοκύτταρα (stem cell therapy) και η θεραπεία με αυξητικούς παράγοντες (growth factor-induced therapy). [126]

Ενέσιμα που θεωρούνται μόνιμα διότι έχουν τη μεγαλύτερη διάρκεια είναι το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο με κολλαγόνο βοοειδών (polymethyl-methacrylate microspheres) (PMMA) (Bellafill®, ArteFill®), οι ενέσεις υγρής σιλικόνης (liquid injectable silicone, LIS) και το πολυακρυλαμίδιο (polyacrylamide hydrogel injection, PAAG), ανάμεσα σε άλλα. Αυτά τα λεγόμενα βαθιά δερματικά εμφυτεύματα είναι πολύτιμα και ανθεκτικά εργαλεία για τη διόρθωση του γηρασμένου προσώπου. Δεδομένης της παρατεταμένης διάρκειας δράσης τους, φέρουν εγγενώς τον δικό τους κίνδυνο για πιθανές ανεπιθύμητες ενέργειες. Συνεπώς, είναι σημαντικό οι κλινικοί ιατροί να έχουν μια λεπτομερή κατανόηση αυτών των προϊόντων για να συμβουλεύουν, να συστήνουν και να εκτελούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την αύξηση των μαλακών ιστών με τη χρήση αυτών των εμφυτευμάτων.

Οι άλλες δύο κατηγορίες δερματικών ενέσιμων εμφυτευμάτων είναι τα προσωρινά και τα ημιμόνιμα. Τα πρώτα, στα οποία περιλαμβάνονται τα πληρωτικά με βάση το υαλουρονικό οξύ, παρέχουν ασφαλή και αποτελεσματική διόρθωση, αλλά μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα, συνήθως περίπου 1 έως 2 χρόνια στην καλύτερη περίπτωση. Ημιμόνιμα θεωρούνται το πολυ-L-γαλακτικό οξύ και υδροξυαπατίτης ασβεστίου. [150], [115]

Άλλες μέθοδοι μείωσης του λιπώδους ιστού υπό της κάτω γνάθου αποτελούν η ενέσιμη λιπόλυση με δεοξυχολικό οξύ (Kybella®/Belkyra™) και η κρυολιπόλυση με Coolsculpting.

Κάποιες θεραπείες σώματος που μπορούν να συνδυαστούν με το RF και το HIFU είναι το cavitation, η μεσοθεραπεία σώματος, οι κρουστικοί υπέρηχοι (extracorporeal shock wave therapy, ESWT) [52], η θεραπεία με laser χαμηλής έντασης (LLLT) για τη μείωση του υποδόριου λιπώδους ιστού, [156] το microneedling, τα νήματα, το alliance LPG endermologie® και οι ενέσεις QWO® (collagenase clostridium histolyticum-aaes). Να σημειωθεί πως η θεραπεία Coolsculpting® είναι καλό να συνδυάζεται με ραδιοσυχνότητες ή υπερήχους, διότι αν και μειώνει με επιτυχία το ποσοστό του λιπώδους ιστού, είναι πιθανό ύστερα να προκαλέσει χαλάρωση στο δέρμα, για την οποία δεν έχει βοηθητικό μηχανισμό δράσης.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το RF και το HIFU έχουν εγκαθιδρυθεί στον τομέα της ιατρικής και αισθητικής ως δημοφιλείς, αποτελεσματικές και ασφαλείς τεχνολογίες για τη μέτρια σύσφιξη του δέρματος και τη διέγερση του κολλαγόνου - ανάμεσα σε άλλες επιδράσεις και ενδείξεις - από την αρχή της κυκλοφορίας τους. Αντιμετωπίζουν τη μέτρια χαλάρωση, τις χαλαρές γραμμές σαγονιού, τις μέτριες ρινοπαραρειακές πτυχές, τις περιοφθαλμικές και περιστοματικές ρυτίδες, τις ρυτίδες στο μέτωπο, τις πτυχώσεις στο μεσόφρυο, το μέλασμα, τον ανομοιόμορφο τόνο δέρματος, τα ερεθιστικά συμπτώματα, τη διαδερμική απώλεια ύδατος, την περίσσεια λιπώδους ιστού στο πρόσωπο και σώμα, την κυτταρίτιδα, τους ήπιους μυϊκούς πόνους και σπασμούς, την κοινή ακμή και τις ουλές αυτής, τις ραβδώσεις, την περίσσεια παραγωγή σμήγματος, τη γυροειδή αλωπεκία, την ανδρογενετική αλωπεκία, την τριχίαση, το ερύθημα, τη ροδόχρου νόσο, τη ροδόχρου ακμή, τις υπετροφικές ουλές, ορισμένες αγγειακές βλάβες, όπως σπασμένα τριχοειδή αγγεία και την υπεριδρωσία.

Η μη επεμβατική τους φύση προσελκύει ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού να τις δοκιμάσει και πλέον κυκλοφορούν στην αγορά πολλές συσκευές και συστήματα, όπου παράλληλα με την πρόοδο της τεχνολογίας, παρατηρούμε τις ίδιες εταιρίες να εξελίσσουν παλιά τους μοντέλα με πιο εξελιγμένα. Και οι δύο τεχνολογίες έχουν αναμφισβήτητα κατακτήσει τη θέση τους στις νέες τάσεις της αγοράς, αν και δεν είναι δυνατό να αντικαταστήσουν το χειρουργικό lifting σε κάθε περίπτωση. Χρησιμοποιούνται παρόλα αυτά σαν εργαλεία από διάφορους επαγγελματίες υγείας, ακόμα και από κάποιους πλαστικούς χειρουργούς, με έναν βασικό προβληματισμό για τυχόν ανεπιθύμητη μείωση του λιπώδους ιστού, όταν πρόκειται για θεραπείες προσώπου. Έχουν όμως τη δυνατότητα να προσδώσουν αποτελέσματα χωρίς μεγάλο ρίσκο, δεδομένου ότι ακολουθούνται τα πρωτόκολλα ασφαλείας. Ωστόσο, αυτές οι λιγότερο επεμβατικές προσεγγίσεις συνδέονται ιστορικά με κατώτερη αποτελεσματικότητα, έτσι ώστε η χειρουργική επέμβαση να παραμένει η θεραπεία επιλογής για την αντιμετώπιση της μέτριας έως σοβαρής χαλάρωσης των ιστών. Ενώ σαν θεραπείες έχουν αρκετές ομοιότητες, βασικές διαφορές αποτελούν ότι οι εστιασμένοι υπέρηχοι υψηλής έντασης παρέχουν πιο ακριβή και πιο έντονη ενέργεια, ενώ οι ραδιοσυχνότητες βασίζονται σε μια στρατηγική θέρμανσης μεγαλύτερης μάζας ιστού. Το HIFU εισχωρεί βαθύτερα μέσα και πέρα από το χόριο σε βάθος 6-7,8mm, έχοντας τη δυνατότητα να φτάσει στο επίπεδο SMAS. Το εξωτερικό RF από την άλλη πλευρά δεν φτάνει τόσο βαθιά όσο το HIFU, τυπικά σε βάθος μόνο μέχρι 2-4mm, καθώς εστιάζει στα

επιδερμικά στρώματα και δεν προχωρά πέρα από το βαθύ χόριο. Το HIFU εκτελείται γενικά ως μία μόνο θεραπεία, ενώ το RF μπορεί να απαιτήσει αρκετές συνεδρίες. Παρόλο που ως θεραπείες και οι δύο μπορούν να προσδώσουν σπουδαία αποτελέσματα, ενέχουν και τους ίδιους κινδύνους. Για αυτό το λόγο ένας ενδιαφερόμενος συνίσταται να επιλέξει έναν άρτια καταρτισμένο θεραπευτή με μεγάλη εμπειρία, ο οποίος έχει κάνει πολλές εφαρμογές, ειδικά σε πρόσωπα, με ενδεχομένως και διαφορετικές τεχνικές ή παραμέτρους και έχει παρατηρήσει τα διάφορα αποτελέσματα που επέφεραν. Ιδιαίτερος σε συσκευές ραδιοσυχνότητας θέρμανσης μάζας δεν είναι ιδανική η επιλογή μεθόδων χωρίς θερμομέτρηση ή/και εφαρμογή από άπειρα άτομα. Οι θεραπείες με οικιακές συσκευές δεν συνιστώνται στις περισσότερες περιπτώσεις, λόγω των ποικίλων ανεπιθύμητων ενεργειών που ενδέχεται να παρουσιαστούν.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] S. Y. Choi, K. H. Yoo, C. T. Oh, T. R. Kwon, E. J. Choi, J. Seok, B. J. Kim. High intensity focused ultrasound as a potential new modality for the treatment of pigmentary skin disorder. High intensity focused ultrasound as a potential new modality for the treatment of pigmentary skin disorder. *Skin Res Technol*. 2016 May;22(2):131-6.
- [2] Claire D. Bourke, Catriona T. Prendergast, David E. Sanin, Tate E. Oulton, Rebecca J. Hall, and Adrian P. Mountford. Epidermal keratinocytes initiate wound healing and pro-inflammatory immune responses following percutaneous schistosome infection. *Int J Parasitol*. 2015 Mar;45(4):215-24.
- [3] Hachiro Tagami. Functional characteristics of the stratum corneum in photoaged skin in comparison with those found in intrinsic aging. *Arch Dermatol Res*. 2008 Apr;300 Suppl 1:S1-6.
- [4] Ines Sjerobabski-Masnec, Mirna Situm. Skin aging. *Acta Clin Croat*. 2010 Dec;49(4):515-8.
- [5] Julie Rorteau, Fabien P Chevalier, Bérengère Fromy, Jérôme Lamartine. Functional integrity of aging skin, from cutaneous biology to anti-aging strategies. *Med Sci (Paris)*. 2020 Dec;36(12):1155-1162.
- [6] Hachiro Tagami. Functional characteristics of the stratum corneum in photoaged skin in comparison with those found in intrinsic aging. *Arch Dermatol Res*. 2008 Apr;300 Suppl 1:S1-6.
- [7] Emily A Spataro, Kennedy Dierks, Paul J Carniol. Microneedling-Associated Procedures to Enhance Facial Rejuvenation. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2022 Aug;30(3):389-397.
- [8] P Oyetakin-White 1, A Suggs, B Koo, M S Matsui, D Yarosh, K D Cooper, E D Baron. Does poor sleep quality affect skin ageing?, *Clin Exp Dermatol*. 2015 Jan;40(1):17-22.
- [9] Ruta Ganceviciene, Aikaterini I. Liakou, Athanasios Theodoridis, Evgenia Makrantonaki, and Christos C. Zouboulis, Skin anti-aging strategies. *Dermatoendocrinol*. 2012 Jul 1; 4(3): 308–319.
- [10] Edwin D Lephart, Frederick Naftolin. Menopause and the Skin: Old Favorites and New Innovations in Cosmeceuticals for Estrogen-Deficient Skin. *Dermatol Ther (Heidelb)*. 2021 Feb;11(1):53-69.
- [11] Nikolaos Samaras, Maria-Aikaterini Papadopoulou, Dimitrios Samaras, Filippo Ongaro. Off-label use of hormones as an antiaging strategy: a review. *Clin Interv Aging*. 2014 Jul 23;9:1175-86.
- [12] Etienne-Emile Baulieu, Guy Thomas, Sylvie Legrain, Najiba Lahlou, Marc Roger, Brigitte Debuire, Veronique Faucounau, Laurence Girard, Marie-Pierre Hervy, Florence Latour, Marie-Céline Leaud, Amina Mokrane, Hélène Pitti-Ferrandi, Christophe Trivalle, Olivier de Lacharrière, Stephanie Nouveau, Brigitte Rakoto-Arison, Jean-Claude Souberbielle, Jocelyne Raison, Yves Le Bouc, Agathe Raynaud, Xavier Girerd, and Françoise Forette. Dehydroepiandrosterone (DHEA), DHEA sulfate, and aging: contribution of the

DHEAge Study to a sociobiomedical issue. Proc Natl Acad Sci U S A. 2000 Apr 11;97(8):4279-84.

[13] A Everitt, J Meites. Aging and anti-aging effects of hormones. J Gerontol. 1989 Nov;44(6):B139-47.

[14] Marlyn Wu, Kelly Cronin, Jonathan S. Crane. Biochemistry, Collagen Synthesis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Jan 2023.

[15] Torsten Goldmann, Gernot Zissel, Henrik Watz, Daniel Drömann, Martin Reck, Christian Kugler, Klaus F Rabe, Sebastian Marwitz. Human alveolar epithelial cells type II are capable of TGF β -dependent epithelial-mesenchymal-transition and collagen-synthesis. Respir Res. 2018 Jul 24;19(1):138.

[16] A Mariotti, T Hassell, P Kaminker. The influence of age on collagen and non-collagen protein production by human gingival epithelial cells. Arch Oral Biol. 1993 Aug;38(8):635-40.

[17] Anna Sorushanova, Luis M. Delgado, Zhuning Wu, Naledi Shologu, Aniket Kshirsagar, Rufus Raghunath, Anne M. Mullen, Yves Bayon, Abhay Pandit, Michael Raghunath, Dimitrios I. Zeugolis. The Collagen Suprafamily: From Biosynthesis to Advanced Biomaterial Development. Adv Mater. 2019 Jan;31(1):e1801651.

[18] Jordi Bella, David J S Hulmes. Fibrillar Collagens. Subcell Biochem. 2017;82:457-490.

[19] Grace K Austin, Sarah L Struble, Vito C Quatela. Evaluating the effectiveness and safety of radiofrequency for face and neck rejuvenation: A systematic review. Lasers Surg Med. 2022 Jan;54(1):27-45.

[20] Angélica Rodrigues de Araújo, Viviane Pinheiro Campos Soares, Fernanda Souza da Silva, and Tatiane da Silva Moreira. Radiofrequency for the treatment of skin laxity: myth or truth, An Bras Dermatol. 2015 Sep-Oct; 90(5): 707–721.

[21] W. Matthew White, Inder Raj S. Makin, Peter G. Barthe, Michael H. Slayton, and Richard E. Gliklich. Selective Creation of Thermal Injury Zones in the Superficial Musculoaponeurotic System Using Intense Ultrasound Therapy. Arch Facial Plast Surg. 2007 Jan-Feb;9(1):22-9.

[22] Uwe Paasch 1, Marc Oliver Bodendorf, Sonja Grunewald, Jan Christoph Simon. Skin rejuvenation by radiofrequency therapy: methods, effects and risks. J Dtsch Dermatol Ges. 2009 Mar;7(3):196-203.

[23] Dong Hye Suh, Jae Yeong Jeong, Sang Jun Lee, Kye Yong Song, Hwa Jung Ryu. Can a radiofrequency device reduce the pore size?. Lasers Med Sci. 2022 Mar;37(2):1203-1208.

[24] U.S. Food and Drug Administration - Product Classification. Available from: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfPCD/classification.cfm?ID=PBX>

[25] Gerald R Harris. FDA regulation of clinical high intensity focused ultrasound (HIFU) devices. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2009;2009:145-8.

[26] 510(k) Premarket Notification, LIPOcel Applicant Jeisys Medical, Inc. Available from: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfpmn/pmn.cfm?ID=K181896>

- [27] Nabil M. Abdel-Aal PhD, Mohamed S. E.M. Mostafa PhD, Joseph W. Saweres MSc, Ramy S. Ghait PhD. Cavitation and radiofrequency versus cryolipolysis on leptin regulation in central obese subjects: A randomized controlled study. *Lasers in Surgery and Medicine* Volume 54, Issue 7. Sep 2022. Pages 955-963.
- [28] Ting Lan, Li Tang, Aiai Xia, Michael R Hamblin, Dan Jian, Rui Yin. Comparison of Fractional Micro-Plasma Radiofrequency and Fractional Microneedle Radiofrequency for the Treatment of Atrophic Acne Scars: A Pilot Randomized Split-Face Clinical Study in China. *Lasers Surg Med.* 2021 Sep;53(7):906-913.
- [29] Shlomit Halachmi, Arie Orenstein, Tania Meneghel, and Moshe Lapidoth. A novel fractional micro-plasma radio-frequency technology for the treatment of facial scars and rhytids: A pilot study. *J Cosmet Laser Ther.* 2010 Oct; 12(5): 208–212.
- [30] Erez Dayan, Christopher Chia, A Jay Burns, Spero Theodorou. Adjustable Depth Fractional Radiofrequency Combined With Bipolar Radiofrequency: A Minimally Invasive Combination Treatment for Skin Laxity. *Aesthet Surg J.* 2019 Apr 8;39(Suppl_3):S112-S119.
- [31] Ganesh S. Pai. Mouhamad Kashmar. Young Koo Kim. Jongju Na. The Efficacy and Safety of Bipolar Radiofrequency Treatment with Non-Insulated Penetrating Microneedles for Acne Vulgaris and Acne Scars. *Med Lasers* 2015; 4(1): 10-15
- [32] Klaus Fritz, Jan Bernardy, George Sonn Tiplica, Alena Machovcova. Efficacy of monopolar radiofrequency on skin collagen remodeling: a veterinary study. *Dermatol Ther.* 2015 May-Jun;28(3):122-5.
- [33] Margit L W Juhász, Dorota Z Korta, Natasha Atanaskova Mesinkovska. Vaginal Rejuvenation: A Retrospective Review of Lasers and Radiofrequency Devices. *Dermatol Surg.* 2021 Apr 1;47(4):489-494.
- [34] Erez Dayan, Paolo Rovatti, Sherell Aston, Christopher T Chia, Rod Rohrich, Spero Theodorou. Multimodal Radiofrequency Application for Lower Face and Neck Laxity. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2020 Aug 26;8(8):e2862.
- [35] Axel R. Delgado MD, Anne Chapas MD. Introduction and overview of radiofrequency treatments in aesthetic dermatology. *J Cosmet Dermatol.* 2022 Oct;21 Suppl 1:S1-S10.
- [36] Ji Won Byun, Yoo Ri Kang, Soojung Park, Wonkyu Hong. Efficacy of radiofrequency combined with single-dot ultrasound efficacy for skin rejuvenation: A non-randomized split-face trial with blinded response evaluation. *Skin Res Technol.* 2023 Sep; 29(9): e13452.
- [37] Steven F Weiner. Radiofrequency Microneedling: Overview of Technology, Advantages, Differences in Devices, Studies, and Indications. *Facial Plast Surg Clin North Am.* 2019 Aug;27(3):291-303.
- [38] Rho NK, Han KH, Cho M, Kim HS. A survey on the cosmetic use of injectable polynucleotide: The pattern of practice among Korean Dermatologists. *J Cosmet Dermatol.* 2023; 00: 1-10.
- [39] Dong Hye Suh MD, Minah Cho MD, Hyeong Seob Kim MD, Sang Jun Lee MD, Kye Yong Song MD, PhD, Hei Sung Kim MD, PhD. Clinical and histological evaluation of microneedle fractional radiofrequency treatment on facial fine lines and skin laxity in Koreans. *J Cosmet Dermatol.* 2023; 22: 1507-1512.

- [40] Zackary B. Whitney; Megha Jain; Felix Jozsa; Patrick M. Zito. Anatomy, Skin, Superficial Musculoaponeurotic System (SMAS) Fascia. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan. 2023 Jan 14.
- [41] Hyunchul Park, Eunjin Kim, Jeongeun Kim, Youngsuck Ro, and Jooyeon Ko. High-Intensity Focused Ultrasound for the Treatment of Wrinkles and Skin Laxity in Seven Different Facial Areas. *Ann Dermatol*. 2015 Dec; 27(6): 688–693.
- [42] Zehra Asiran Serdar, Gulsen Tukenmez Demirci. The efficacy and safety of high-intensity focused ultrasound on upper arm laxity treatment: Our experience with five patients. *J Cosmet Dermatol*. 2020 Sep;19(9):2339-2341.
- [43] Leslie Baumann, Brian Zelickson. Evaluation of Micro-Focused Ultrasound for Lifting and Tightening Neck Laxity. *J Drugs Dermatol*. 2016 May 1;15(5):607-14.
- [44] Man-Lok Lio, Chang-Cheng Chang, Andy Deng-Chi Chuang, Li-Cheng Tsai, Chien-Chou Chen. Quantified Facial Rejuvenation Utilizing High Intense Focus Ultrasound with Multiple Penetrative Depths. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2022 Mar 19;15:489-496.
- [45] E. J. Ko, J. Y. Hong, T.-R. Kwon, E. J. Choi, Y.-J. Jang, S. Y. Choi, K. H. Yoo, S. Y. Kim, B. J. Kim. Efficacy and safety of non-invasive body tightening with high-intensity focused ultrasound (HIFU). *Skin Res Technol*. 2017 Nov;23(4):558-562.
- [46] Heun Joo Lee, Mi-Hye Lee, Su Gun Lee, Un-Cheol Yeo, Sung Eun Chang. Evaluation of a novel device, high-intensity focused ultrasound with a contact cooling for subcutaneous fat reduction. *Lasers Surg Med*. 2016 Nov;48(9):878-886.
- [47] Tingting Jin MD, Lei Pan MD, Ye Zhao MD, Sufan Wu PhD, Yi Sun PhD. Treatment of sensitive skin by short-wave radiofrequency combined with intense pulsed light. *J Cosmet Dermatol*. 2022 Nov;21(11):5709-5715.
- [48] Zehra Aşiran Serdar, Ezgi Aktaş Karabay, Aslı Tatlıparmak, Berna Aksoy. Efficacy of high-intensity focused ultrasound in facial and neck rejuvenation. *J Cosmet Dermatol*. 2020 Feb;19(2):353-358.
- [49] Vasanop Vachiramon, Wimolsiri Iamsumang, Nongsak Chanasumon, Kunlawat Thadanipon, Korn Triyangkulsri. A study of efficacy and safety of high-intensity focused ultrasound for the treatment of melasma in Asians: A single-blinded, randomized, split-face, pilot study. *J Cosmet Dermatol*. 2020 Feb;19(2):375-381.
- [50] Azin Ayatollahi, Jaleh Gholami, Maryam Saberi, Hamed Hosseini, Alireza Firooz. Systematic review and meta-analysis of safety and efficacy of high-intensity focused ultrasound (HIFU) for face and neck rejuvenation. *Lasers Med Sci*. 2020 Jul;35(5):1007-1024.
- [51] Theodorou SJ, Del Vecchio D, Chia CT. Soft Tissue Contraction in Body Contouring With Radiofrequency-Assisted Liposuction: A Treatment Gap Solution. *Aesthet Surg J*. 2018 May 15;38(suppl_2):S74-S83.
- [52] Fiorenzo Anghern, Christoph Kuhn, and Axel Voss. Can cellulite be treated with low-energy extracorporeal shock wave therapy? *Clin Interv Aging*. 2007 Dec; 2(4): 623–630.
- [53] Luiz Avelar, Amanda Ong, David Ong, Anthony Chui Shing Wai, Arthur Yu Tsz Wai, Jung Sungkyu, Lim Han Seok, Elias Tam, Shiau Ee Leng, Jeff Huang, Yates Chao, Daniel

Bråsäter, Inna Prygova. Consensus recommendations on the use of injectable poly-l-lactic acid in Asian patients. *J Cosmet Dermatol*. 2023 Dec;22(12):3223-3231.

[54] Nicole C Syder, Alessandra Chen, Nada Elbuluk. Radiofrequency and Radiofrequency Microneedling in Skin of Color: A Review of Usage, Safety, and Efficacy. *Dermatol Surg*. 2023 May 1;49(5):489-493

[55] Kevin Wei, Hung N Nguyen, Michael B Brenner. Fibroblast pathology in inflammatory diseases. *J Clin Invest*. 2021 Oct 15;131(20):e149538.

[56] Alberto Zullo, Johannes Fleckenstein, Robert Schleip, Kerstin Hoppe, Scott Wearing, Werner Klingler. Structural and Functional Changes in the Coupling of Fascial Tissue, Skeletal Muscle, and Nerves During Aging. *Front Physiol*. 2020 Jun 24;11:592.

[57] Joyce Teng Ee Lim. Safety and efficacy of superficial micro-focused ultrasound with visualization for melasma in Asians: An uncontrolled pilot study. *J Cosmet Dermatol*. 2023 Jun;22(6):1764-1773.

[58] P. Kubik, W. Gruszczyński. Heat Influence on Different Hyaluronic Acid Fillers. *Journal of Applied Cosmetology*. 2023 November; 41(2):20/27.

[59] Azin Ayatollahi, Jaleh Gholami, Maryam Saberi, Hamed Hosseini, Alireza Firooz. Systematic review and meta-analysis of safety and efficacy of high-intensity focused ultrasound (HIFU) for face and neck rejuvenation. *Lasers Med Sci*. 2020 Jul;35(5):1007-1024.

[60] Robert W Brobst, Maria Ferguson, Stephen W Perkins. Ulthera: initial and six month results. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2012 May;20(2):163-76, vi.

[61] Klaus Fritz, Carmen Salavastru. Ways of Noninvasive Facial Skin Tightening and Fat Reduction. *Facial Plast Surg*. 2016 Jun;32(3):276-82.

[62] Heba Gawdat, Riham Samy Hanafy Mahmoud Allam, Rehab Hegazy, Bassant Sameh, Nanis Ragab. Comparison of the efficacy of Fractional Radiofrequency Microneedling alone and in combination with platelet-rich plasma in neck rejuvenation: a clinical and optical coherence tomography study. *J Cosmet Dermatol*. 2022 May;21(5):2038-2045.

[63] Wichai Hongcharu MD, Kanjana Boonchoo MD, MSc, Michael H. Gold MD. The efficacy and safety of the high-intensity parallel beam ultrasound device at the depth of 1.5 mm for skin tightening. *J Cosmet Dermatol*. 2023 May;22(5):1488-1494.

[64] Gabriela Casabona, Kai Kaye. Facial Skin Tightening With Microfocused Ultrasound and Dermal Fillers: Considerations for Patient Selection and Outcomes. *J Drugs Dermatol*. 2019 Nov 1;18(11):1075-1082.

[65] Carmen Salavastru, Klaus Fritz, George-Sorin Tiplica. [High intensity focussed ultrasound for skin tightening]. *Dermatologie (Heidelb)*. 2023 Oct;74(10):748-752.

[66] Ilektra Nikolaidou, Introduction in dermatology. Nikitara 2 & Emm. Benaki: Papazisis Publishers; 2006.

[67] Lopez-Ojeda W, Pandey A, Alhadj M, et al. Anatomy, Skin (Integument) [Updated 2022 Oct 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.

- [68] Alexander Wunsch, Karsten Matuschka. A Controlled Trial to Determine the Efficacy of Red and Near-Infrared Light Treatment in Patient Satisfaction, Reduction of Fine Lines, Wrinkles, Skin Roughness, and Intradermal Collagen Density Increase. *Photomed Laser Surg.* 2014 Feb 1; 32(2): 93–100.
- [69] Andreas D. Katsabas. *Lessons in Dermatology – Venereology.* Medical Publications P.H. Pashalidis; 15/1/2007
- [70] Gloria A Di Lullo, Shawn M Sweeney, Jarmo Korkko, Leena Ala-Kokko, James D San Antonio. Mapping the ligand-binding sites and disease-associated mutations on the most abundant protein in the human, type I collagen. *J Biol Chem.* 2002 Feb 8;277(6):4223-31.
- [71] V. Havarani, E. Bozas. Final products of high non-enzymatic glycosylation, their biochemistry and their effects on humans. *Archives of Hellenic Medicine* 2001, 18(4);338-348.
- [72] Helmut Piazena, Debra K. Kelleher. Effects of Infrared-A Irradiation on Skin: Discrepancies in Published Data Highlight the Need for an Exact Consideration of Physical and Photobiological Laws and Appropriate Experimental Settings. *Photochem Photobiol.* 2010 May-Jun;86(3):687-705.
- [73] Pinar Avci, MD, Asheesh Gupta, PhD, Magesh Sadasivam, MTech, Daniela Vecchio, PhD, Zeev Pam, MD, Nadav Pam, MD, and Michael R Hamblin, PhD. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg.* 2013 Mar; 32(1): 41–52.
- [74] Natthachat Jurairattanaporn MD, MSc, Watinee Amornpetkul MD, MSc, Suthinee Rutnin MD, Vasanop Vachiramon MD. The effect of combined hyaluronic acid filler injection and radiofrequency treatment: A clinic histological analysis. *J Cosmet Dermatol.* 2023 Mar;22(3):798-803.
- [75] J-H Park, S-D Lim, S H Oh, J H Lee, U C Yeo. High-intensity focused ultrasound treatment for skin: ex vivo evaluation. *Skin Res Technol.* 2017 Aug;23(3):384-391.
- [76] Angkana Sathaworawong, Rungsima Wanitphakdeedecha. Nerve injury associated with high-intensity focused ultrasound: A case report. *J Cosmet Dermatol.* 2018 Apr;17(2):162-164.
- [77] Shane Reynal, Elise Martin, Girish Munavalli. Energy-based devices for melasma and postinflammatory hyperpigmentation. *Dermatological Reviews.* February 2023; 4(1).
- [78] FDA Clearance, LIPOcel Applicant Jeisys Medical, Inc. Available from: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf18/K181896.pdf
- [79] Kristel D Polder, Suzanne Bruce. Radiofrequency: Thermage. *Facial Plast Surg Clin North Am.* 2011 May;19(2):347-59.
- [80] Flor A Mayoral, Janelle M Vega. Multiple facial burns with the new Thermage CPT system. *J Drugs Dermatol.* 2011 Nov;10(11):1320-1.
- [81] S B Cho, J Park, Z Zheng, K H Yoo, H Kim. Split-axilla comparison study of 0.5-MHz, invasive, bipolar radiofrequency treatment using insulated microneedle electrodes for primary axillary hyperhidrosis. *Skin Res Technol.* 2019 Jan;25(1):30-39.

- [82] Vasanop Vachiramon, Suthinee Rutnin, Chanikarn Patcharapojanart, Natthaphon Chittasirinuvat. The effect of combined of hyaluronic acid dermal filler and microfocused ultrasound treatment: A clinicopathological study. *J Cosmet Dermatol*. 2023 Mar;22(3):792-797.
- [83] Liu J, Zhao Z, Zhang J, Ma Z, Peng H, Huang J. Experimental Study of Skin Contraction Induced by Bipolar Radiofrequency. *Altern Ther Health Med*. 2023 Nov 17:AT8326.
- [84] De Jong R, Hohman MH. Brow Ptosis. [Updated 2023 Mar 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.
- [85] Murad Alam, Lucile E White, Nicolle Martin, Joslyn Witherspoon, Simon Yoo, Dennis P West. Ultrasound tightening of facial and neck skin: a rater-blinded prospective cohort study. *J Am Acad Dermatol*. 2010 Feb;62(2):262-9.
- [86] John E Aldrich. Basic physics of ultrasound imaging. *Crit Care Med*. 2007 May;35(5 Suppl):S131-7.
- [87] Zahra Izadifar, Zohreh Izadifar, Dean Chapman, and Paul Babyn. An Introduction to High Intensity Focused Ultrasound: Systematic Review on Principles, Devices, and Clinical Applications. *J Clin Med*. 2020 Feb; 9(2): 460.
- [88] Prapawan Chawvavanich, Sasathorn Singthong MD, Klaichan Intarachaieua. Effectiveness and side effects of bipolar radiofrequency to treat submental laxity. *J Cosmet Dermatol*. 2022 Oct;21(10):4392-4397.
- [89] Gabriela Casabona, Kai Kaye. Facial Skin Tightening With Microfocused Ultrasound and Dermal Fillers: Considerations for Patient Selection and Outcomes. *J Drugs Dermatol*. 2019 Nov 1;18(11):1075-1082.
- [90] Skalska-Stochaj, Agata & Grochowalska, Alina & Hojan-Jeziarska, Dorota & Kubisz, Leszek. (2023). The effects of anti-ageing mono- and bipolar radiofrequency treatment on the self-esteem of pre-menopausal and menopausal women. [preprint] 10.21203/rs.3.rs-3143280/v1.
- [91] Anuj Pall and Shivani Pall. An Innovative Approach of Treating Acne Scars Using Bipolar Rotational Stamping and Monopolar Criss-cross Technique with Insulated Microneedling Radiofrequency in Asians. *J Cutan Aesthet Surg*. 2021 Apr-Jun; 14(2): 191–202.
- [92] Moetaz El-Domyati, Tarek S el-Ammawi, Walid Medhat, Osama Badr Moawad, Donna Brennan, My G Mahoney, Jouni Uitto. Radiofrequency facial rejuvenation: Evidence-based effect. *Journal of the American Academy of Dermatology*. March 2011. 64(3):524-35.
- [93] Shen Wang, Jing Mi, Qingfeng Li, Rui Jin, Jiying Dong. Fractional microplasma radiofrequency technology for non-hypertrophic post-burn scars in Asians: A prospective study of 95 patients. *Lasers Surg Med*. 2017 Aug;49(6):563-569.
- [94] Yuki Umino, Mitsuhiro Denda. Effect of red light on epidermal proliferation and mitochondrial activity. *Skin Res Technol*. 2023 Sep;29(9):e13447.
- [95] Laure Rittié, Gary J Fisher. Natural and sun-induced aging of human skin. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2015 Jan 5;5(1):a015370.

- [96] Pier Paolo Rovatti, Giovanni Pellacani, Stefania Guida. Hyperdiluted Calcium Hydroxylapatite 1: 2 for Mid and Lower Facial Skin Rejuvenation: Efficacy and Safety. *Dermatol Surg.* 2020 Dec;46(12):e112-e117.
- [97] K Röck, J W Fischer. [Role of the extracellular matrix in extrinsic skin aging]. *Hautarzt.* 2011 Aug;62(8):591-7.
- [98] Maya Vedamurthy, Amar Vedamurthy, Kc Nischal. Dermal Fillers: Do's and Dont's. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery.* 3(1):11-5.
- [99] Mitchel P Goldman 1, Tina S Alster, Robert Weiss. A randomized trial to determine the influence of laser therapy, monopolar radiofrequency treatment, and intense pulsed light therapy administered immediately after hyaluronic acid gel implantation. *Dermatol Surg.* 2007 May;33(5):535-42.
- [100] Murad Alam 1, Ross Levy, Urvi Pajvani, James A Ramierez, Joan Guitart, Heather Veen, Hayes B Gladstone. Safety of radiofrequency treatment over human skin previously injected with medium-term injectable soft-tissue augmentation materials: a controlled pilot trial. *Lasers Surg Med.* 2006 Mar;38(3):205-10.
- [101] Laura J England 1, Mei-Heng Tan, Peter R Shumaker, Barbara M Egbert, Kim Pittelko, David Orentreich, Karl Pope. Effects of monopolar radiofrequency treatment over soft-tissue fillers in an animal model. *Lasers Surg Med.* 2005 Dec;37(5):356-65.
- [102] Spero J. Theodorou, Robert J. Paresi, Christopher T. Chia. Radiofrequency-Assisted Liposuction Device for Body Contouring: 97 Patients under Local Anesthesia. *Aesth Plast Surg. Aesthetic Plast Surg.* 2012 Aug;36(4):767-79.
- [103] Erez Dayan, Suneel Chilukuri, Louis Bucky, Gaurav Bharti, Michael H Gold, Rod Rohrich. Combination non-invasive radiofrequency and electrical muscle stimulation: A synergistic combination for body contouring. *J Cosmet Dermatol.* 2022 Oct;21 Suppl 1:S29-S36.
- [104] Swift A., Liew S., Weinkle S., Garcia J. K., Silberberg M. B. The facial aging process from the “inside out”. *Aesthetic Surgery Journal.* 2020;41(10):1107–1119.
- [105] Uitto J. The role of elastin and collagen in cutaneous aging: intrinsic aging versus photoexposure. *Journal of Drugs in Dermatology.* 2008;7:s12–6.
- [106] Kelun Li, Fanyu Meng, Yu Ru Li, Yueyi Tian, Hao Chen, Qi Jia, HongXin Cai, and Heng Bo Jiang. Application of Nonsurgical Modalities in Improving Facial Aging. *Int J Dent.* 2022; 2022: 8332631.
- [107] Dong Hye Suh, Jeong Hwee Choi, Sang Jun Lee, Ki-Heon Jeong, Kye Yong Song, Min Kyung Shin. Comparative histometric analysis of the effects of high-intensity focused ultrasound and radiofrequency on skin. *J Cosmet Laser Ther.* 2015;17(5):230-6.
- [108] Oluwatobi A Ogbechie-Godec, Nada Elbuluk. Melasma: an Up-to-Date Comprehensive Review. *Dermatol Ther (Heidelb).* 2017 Sep;7(3):305-318.
- [109] Kreindel, Michael and Steven Mulholland. Enhanced Liposuction - New Perspectives and Techniques; The Basic Science of Radiofrequency-Based Devices. 2021.

- [110] Premarket Notification (510(k)) Submissions for Electrosurgical Devices for General Surgery. Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff. Document issued on March 9, 2020. Available from: <https://www.fda.gov/media/87995/download>
- [111] Jonathan Cook, MD; Barry E. DiBernardo, MD; and Jason N. Pozner, MD. Bipolar Radiofrequency as an Adjunct to Face and Body Contouring: A 745-Patient Clinical Experience. *Aesthet Surg J*. 2021 May 18;41(6):685-694.
- [112] Sachin M Shridharani, Justin Broyles, Alan Matarasso. Liposuction devices: Technology update. *Med Devices (Auckl)*. 2014 Jul 21;7:241-51.
- [113] M Zocchi. Ultrasonic liposculpturing. *Aesthetic Plast Surg*. 1992 Fall;16(4):287-98.
- [114] FDA Clearance, LIPOSONIX SYSTEM, MODEL 1 P00XXXX. Available from: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfpmn/pmn.cfm?ID=K100874>
- [115] Michael H Liu, David P Beynet, Nima M Gharavi. Overview of Deep Dermal Fillers. *Facial Plast Surg*. 2019 Jun;35(3):224-229.
- [116] Andreia Regina Bonjorno, Tatiana Bertacin Gomes, Marli Crisitna Pereira, Camila Miranda de Carvalho, Marilisa Carneiro Leão Gabardo, Marina R Kaizer , João Cesar Zielak. Radiofrequency therapy in esthetic dermatology: A review of clinical evidences. *J Cosmet Dermatol*. 2020 Feb;19(2):278-281.
- [117] Antti M Salo, Johanna Myllyharju. Prolyl and lysyl hydroxylases in collagen synthesis. *Exp Dermatol*. 2021 Jan;30(1):38-49.
- [118] John L. Tymoczko, Jeremy M. Berg, Lubert Stryer. *Biochemistry, A Short Course*. 3rd edition. Greek edition. 16 Zenas Kanther Princess De Tyras Str, Nicosia Cyprus: Broken Hill Publishers LTD; 2019.
- [119] L. Belvon, N. Kiss, A. Bánvölgyi, S. Bozsányi, C. Cantisani, N. Wikonkál, K. Lőrincz. The versatility of diode lasers in aesthetic dermatology. *Journal of Applied Cosmetology*. 37, 1 (Jun. 2019), 2/19.
- [120] Seema N Doshi, Tina S Alster. Combination radiofrequency and diode laser for treatment of facial rhytides and skin laxity. *J Cosmet Laser Ther*. 2005 Mar;7(1):11-5.
- [121] Javier Ruiz-Esparza MD, Julio Barba Gomez MD. Nonablative Radiofrequency for Active Acne Vulgaris: The use of Deep Dermal Heat in the Treatment of Moderate to Severe Active Acne Vulgaris (Thermotherapy): A Report of 22 Patients. *Dermatol Surg*. 2003 Apr;29(4):333-9; discussion
- [122] SPECIAL 510(k): K132431. DEVICE MODIFICATION. Solta Medical, Inc. Available from: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf13/k132431.pdf
- [123] Jerome M. Garden, MD, Brian Zelickson, MD, Micheal H. Gold, MD, David Friedman, MD, Tuvia D. Kutscher, DSC, Vince Afsahi. Home Hair Removal in All Skin Types with a Combined Radiofrequency and Optical Energy Source Device. *Dermatol Surg* 2014;40:142–151.
- [124] S Karsai 1, L Schmitt, C Raulin, S Hammes. Combination of short- and long-pulsed mode of electro-optical synergy technology for photoepilation: a retrospective study with short- and long-term follow-up. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2009 Jan;23(1):46-51.

- [125] Colin Michael Kincaid, Nadine Ben Romdhane, Ella A Csuka, Ajay Nair Sharma, Margit Juhasz, Natasha Atanaskova Mesinkovska. Is There a Role for Radiofrequency Devices in Hair?. *Skin Appendage Disord*. 2023 Jun;9(3):169-178.
- [126] Souphiyeh Samizadeh, Lakhdar Belhaouari. Effectiveness of growth factor-induced therapy for skin rejuvenation: A case series. *J Cosmet Dermatol*. 2021 Jun;20(6):1867-1874.
- [127] Araco Antonino MD, Araco Francesco MD, PhD, Prospective and randomized comparative study of calcium hydroxylapatite vs calcium hydroxylapatite plus HIFU in treatment of moderate-to-severe acne scars. *Journal of Cosmetic Dermatology* Volume 20, Issue 1 Jan 2021 Pages i-ii, 1-368.
- [128] Moon Choi, Seohee Choi, Jin-Soo Kang, Sung Bin Cho. Successful Treatment of Refractory Melasma Using Invasive Micro-Pulsed Electric Signal Device. December 2015. *Medical Lasers* 4(1):39-44.
- [129] Jung Eun Yoon, Yeongeun Kim, Soohyun Kwon, Misun Kim, Young Hwa Kim, Jang-Hee Kim, Tae Jun Park, Hee Young Kang. Senescent fibroblasts drive ageing pigmentation: A potential therapeutic target for senile lentigo. *Theranostics*. 2018 Sep 9;8(17):4620-4632.
- [130] M. El-Domyati, S. Attia, F. Saleh, D. Brown, D. E. Birk, F. Gasparro, H. Ahmad, J. Uitto. Intrinsic aging vs. photoaging: a comparative histopathological, immunohistochemical, and ultrastructural study of skin. *Exp Dermatol*. 2002 Oct;11(5):398-405.
- [131] Misun Kim, So Min Kim, Soohyun Kwon, Tae Jun Park, Hee Young Kang. Senescent fibroblasts in melasma pathophysiology. *Exp Dermatol*. 2019 Jun;28(6):719-722.
- [132] Shaun Wootten, Lawrence A. Rheins. Radiofrequency Microneedling in Cosmetic Dermatology. *Cosmetic Dermatology: Products and Procedures, Third Edition*. 04 February 2022. Chapter 54.
- [133] Kesty K, Goldberg DJ. Radiofrequency microneedling for acne, acne scars, and more. *Dermatological Reviews*. 2020; 1: 33–37.
- [134] Macrene Alexiades MD, PhD, Gilly S. Munavalli MD, MHS, FACMS. Single Treatment Protocol With Microneedle Fractional Radiofrequency for Treatment of Body Skin Laxity and Fat Deposits. *Lasers Surg Med*. 2021 Oct; 53(8): 1026–1031.
- [135] Macrene Alexiades. Radiofrequency Microneedling. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2023 Nov;31(4):495-502.
- [136] Chaves Bellote TP, Miot HA. Microfocused Ultrasound with Visualization for Face Slimming: Preliminary Results in Four Women. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2021; 14: 1613–1619.
- [137] Marta Fusano MD, Michela Gianna Galimberti MD, Matelda Bencini MD, Isabella Fusano Dr., Pier Luca Bencini MD. Comparison of microfocused ultrasound with visualization for skin laxity among vegan and omnivore patients. *J Cosmet Dermatol*. 2021 May; 20(5): 1541–1548.
- [138] Vasanop Vachiramon, Natthachat Jurairattanaporn, Sarawin Harnchoowong, Pamela Chayavichitsilp. Non-invasive high-intensity focused ultrasound for UV-induced hyperpigmentation in Fitzpatrick skin types III and IV: a prospective, randomized, controlled, evaluator-blinded trial. February 2018. *Lasers in Medical Science* 33(Suppl 12):1-7.

- [139] F Biskanaki, V Kefala, AC Lazaris, E Rallis, Aging and the Impact of Solar Ultraviolet Radiation on the Expression of Type I and Type VI Collagen, *Cosmetics* 10 (2), 48.
- [140] Kefala, V., Biskanaki, F., Andreou, E., Rallis, E. Cavitation. A local fat treatment method with effect of ultrasound. *Review of Clinical Pharmacology and Pharmacokinetics, International Edition.* 32(2), pp. 83-86 (2018).
- [141] Parvaneh Saket MD, Shobeir Shobeihi MSc, Soroush Mehrdadi MSc. Study of efficacy of esthetic High-Intensity Focused Ultrasound system on Iranian skin for reducing the laxity and wrinkles of aging. *J Cosmet Dermatol.* 2017 Sep;16(3):336-341.
- [142] Biskanaki, F., Kefala, V. Modern ultrasound applications in aesthetics: HIFU (High Intensity Focused Ultrasound) *Epitheorese Klinikes Farmakologias kai Farmakokinetikes.* 37(2), pp. 81-86 (2019).
- [143] Cameli, Norma MD, PhD; Abril, Elva MD; Mariano, Maria MD; Berardesca, Enzo MD, PhD. Combined Use of Monopolar Radiofrequency and Transdermal Drug Delivery in the Treatment of Melasma. *Dermatologic Surgery* 40(7):p 748-755, July 2014.
- [144] Basil M Hantash 1, Anan Abu Ubeid, Hong Chang, Reza Kafi, Bradley Renton. Bipolar fractional radiofrequency treatment induces ne elastogenesis and neocollagenesis.
- [145] A. Levenberg, A. Gat, M. Branchet, S. Boisnic. Treatment of Wrinkles and Acne Scars Using the TriFractional, a Novel Fractional Radiofrequency Technology—Clinical and Histological Results. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications.* 02(03):117-125.
- [146] Michael H Gold, Julie Biron. Improvement of wrinkles and skin tightening using TriPollar® radiofrequency with Dynamic Muscle Activation (DMA™). *J Cosmet Dermatol.* 2020 Sep;19(9):2282-2287.
- [147] Hyoung moon Kim, Min Ji Lee. Therapeutic Efficacy and Safety of Invasive Pulsed-Type Bipolar Alternating Current Radiofrequency on Melasma and Rebound Hyperpigmentation. June 2017 *Medical Lasers* 6(1):17-23
- [148] F. Biskanaki, Vasiliki Kefala, G. Skouras. Radio frequency innovation. New method of fat dissolving (contactless skin therapy). January 2018; *Epitheorese Klinikes Farmakologias kai Farmakokinetikes* 36(2):91-96.
- [149] Hee Yong Kang, Eun Soo Park, Seung Min Nam. Simultaneous Combination Treatment Using High-Intensity Focused Ultrasound and Fractional Carbon Dioxide Laser Resurfacing for Facial Rejuvenation. *Med Lasers* 2019; 8(1): 13-18.
- [150] Fernando Urdiales-Gálvez, MD, Francisco M. De cabo-Francés, MD, and Isabel Bové, MD. Ultrasound patterns of different dermal filler materials used in aesthetics. *J Cosmet Dermatol.* 2021 May; 20(5): 1541–1548.
- [151] V. Kefala, E. Andreou, F. Biskanaki, E. Rallis. Important applications of ultrasound in aesthetics, keratolysis and phonophoresis. *Epitheorese Klinikes Farmakologias kai Farmakokinetikes;* 36: 123-128 (2018).
- [152] Soon-Hyo Kwon, Jung-Im Na, Ji-Young Choi, Kyoung-Chan Park. Melasma: Updates and perspectives. *Exp Dermatol.* 2019 Jun;28(6):704-708.

- [153] Dong Hye Suh 1, Jeong Hwee Choi, Sang Jun Lee, Ki-Heon Jeong, Kye Yong Song, Min Kyung Shin. Comparative histometric analysis of the effects of high-intensity focused ultrasound and radiofrequency on skin. *J Cosmet Laser Ther.* 2015;17(5):230-6.
- [154] Samantha Y.N. Shek MBBS, Chi K. Yeung MD, FRCP, Johnny C.Y. Chan MBBS, Henry H.L. Chan MD, PhD, FRCP. The efficacy of a combination non-thermal focused ultrasound and radiofrequency device for noninvasive body contouring in Asians. *Lasers Surg Med.* 2016 Feb;48(2):203-7.
- [155] Jiehoon Kim, Byoung Joon So, and Hwa Jung Ryu. Clinical Effectiveness of a High-Intensity Focused Ultrasound in Skin Lifting. *Med Lasers* 2014; 3(2): 55-58.
- [156] J. Kennedy, S. Verne, R. Griffith, L. Falto-Aizpurua, K. Nouri. Non-invasive subcutaneous fat reduction: a review. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2015 Sep;29(9):1679-88.
- [157] Alhaddad M, Boen M, Fabi S, Goldman MP. Noninvasive body contouring by dermal fillers, radiofrequency, and focused ultrasound: A review. *Dermatological Reviews.* 2020; 1: 84-90.
- [158] Kreindel, Michael & Mulholland, Stephen. (2021). *The Basic Science of Radiofrequency-Based Devices.* 10.5772/intechopen.96652.
- [159] Liu, T.-.-M., Sun, Y.-.-M., Tang, Z.-.-Y. and Li, Y.-.-H. (2019), Microneedle fractional radiofrequency treatment of facial photoageing as assessed in a split-face model. *Clin Exp Dermatol*, 44: e96-e102.
- [160] Sabet-Peyman, Esfandiar J. MD; Woodward, Julie A. MD. Complications Using Intense Ultrasound Therapy to Treat Deep Dermal Facial Skin and Subcutaneous Tissues. *Dermatologic Surgery* 40(10):p 1108-1112, October 2014.
- [161] Michael H Gold, Julie Biron. Efficacy and safety of high-intensity, high-frequency, non-focused ultrasound parallel beams for facial skin laxity. *J Cosmet Dermatol.* 2024 Jan;23(1):117-123.
- [162] Jewell ML, Solish NJ, Desilets CS. Noninvasive body sculpting technologies with an emphasis on high-intensity focused ultrasound. *Aesthetic Plast Surg.* 2011 Oct;35(5):901-12.
- [163] Boisnic, S., Divaris, M., Nelson, A.A., Gharavi, N.M. and Lask, G.P. (2014), A clinical and biological evaluation of a novel, noninvasive radiofrequency device for the long-term reduction of adipose tissue. *Lasers Surg. Med.*, 46: 94-103.
- [164] 510(k) Premarket Notification – FDA, LipoSonix (Medicis Technologies Corporation). Available from: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf10/k100874.pdf
- [165] Mortazavi S, Mokhtari-Dizaji M. Numerical study of high-intensity focused ultrasound (HIFU) in fat reduction. *Skin Res Technol.* 2023; 29:e13280.
- [166] Chandrashekar BS, Sriram R, Mysore R, Bhaskar S, Shetty A. Evaluation of microneedling fractional radiofrequency device for treatment of acne scars. *J Cutan Aesthet Surg.* 2014 Apr;7(2):93-7.
- [167] Blugerman, Guillermo, Malcolm D., Diego Schavelzon, R. Stephen, Matthias Sandhoffer, Peter Lisborg, Antonio Rusciari, Mark Divaris, and Michael Kreindel. 'Radio-

Frequency Assisted Liposuction (RFAL)', *Advanced Techniques in Liposuction and Fat Transfer*. InTech, Sep. 12, 2011.

[168] Friedman M, Mikityansky I, Kam A, Libutti SK, Walther MM, Neeman Z, Locklin JK, Wood BJ. Radiofrequency ablation of cancer. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2004 Sep-Oct;27(5):427-34.

[169] Min S, Park SY, Yoon JY, Kwon HH, Suh DH. Fractional Microneedling Radiofrequency Treatment for Acne-related Post-inflammatory Erythema. *Acta Derm Venereol*. 2016 Jan;96(1):87-91.

[170] Sluijter ME, Teixeira A, Vissers K, Brasil LJ, van Duijn B. The Anti-Inflammatory Action of Pulsed Radiofrequency-A Hypothesis and Potential Applications. *Med Sci (Basel)*. 2023 Sep 10;11(3):58.

[171] Kim IS, Park KY, Kim BJ, Kim MN, Kim CW, Kim SE. Efficacy of intradermal radiofrequency combined with autologous platelet-rich plasma in striae distensae: a pilot study. *Int J Dermatol*. 2012 Oct;51(10):1253-8.

[172] Levy MD, Gold MH. Acne scars—Use of needling devices. *Dermatological Reviews*. 2020; 1: 154–162.

[173] Vachiramon V., Namasondhi A., Anuntrangsee T., Kositkuljorn C., Jurairattanaporn N. A study of combined microfocused ultrasound and hyaluronic acid dermal filler in the treatment of enlarged facial pores in Asians. *J Cosmet Dermatol*. 2021 Nov;20(11):3467-3474.

[174] Dierickx CC. The role of deep heating for noninvasive skin rejuvenation. *Lasers Surg Med*. 2006 Oct;38(9):799-807.

[175] S. Mulholland, MD, FRCS(C), M. Kreindel, Ph.D. Fractora: A novel method for deep radio-frequency fractional resurfacing and total skin rejuvenation. *Clinical Papers*. Inmode. Available from: https://inmodemd.com/archive/WP_Fractora_SMMK.pdf

[176] Gulfan MCB, Wanitphakdeedecha R, Wongdama S, Jantanapornchai N, Yan C, Rakchart S. Efficacy and Safety of Using Noninsulated Microneedle Radiofrequency Alone Versus in Combination with Polynucleotides for the Treatment of Melasma: A Pilot Study. *Dermatol Ther (Heidelb)*. 2022 Jun;12(6):1325-1336.

[177] Schick CH, Grallath T, Schick KS, Hashmonai M. Radiofrequency Thermotherapy for Treating Axillary Hyperhidrosis. *Dermatol Surg*. 2016 May;42(5):624-30.

[178] Artzi O, Cohen S, Verner I, Mehrabi JN, Naveh HP, Shoshani H, Nachlieli T. Radio Peel-Synergism Between Nano-fractional Radiofrequency and 20% Trichloroacetic Acid Chemical Peeling. *Dermatol Surg*. 2019 May;45(5):711-717.

[179] Gold MH, Biron JA, Sensing W. Facial skin rejuvenation by combination treatment of IPL followed by continuous and fractional radiofrequency. *J Cosmet Laser Ther*. 2016;18(1):2-6.

[180] Gold AH, Pozner J, Weiss R. A Fractional Bipolar Radiofrequency Device Combined with a Bipolar Radiofrequency and Infrared Light Treatment for Improvement in Facial Wrinkles and Overall Skin Tone and Texture. *Aesthet Surg J*. 2016 Oct;36(9):1058-67.

- [181] Mehrabi JN, Artzi O. Fractional radiofrequency based combinations for augmented skin rejuvenation results. *Dermatological Reviews*. 2020; 1: 27–32.
- [182] Koren A, Isman G, Cohen S, Bar Ilan E, Salameh F, Sprecher E, Artzi O. Efficacy of a combination of diluted calcium hydroxylapatite-based filler and an energy-based device for the treatment of facial atrophic acne scars. *Clin Exp Dermatol*. 2019 Jul;44(5):e171-e176.
- [183] Maria Claudia Almeida Issa, Marianna Pires, Priscilla Silveira, Esther Xavier de Brito & Cristiane Sasajima (2015) Transepidermal drug delivery: A new treatment option for areata alopecia?, *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 17:1, 37-40.
- [184] Trelles, M.A. and Martínez-Carpio, P.A. (2016), Clinical and histological results in the treatment of atrophic and hypertrophic scars using a combined method of radiofrequency, ultrasound, and transepidermal drug delivery. *Int J Dermatol*, 55: 926-933.