



INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	04	TOEPASSINGEN	18
		Snijden en hemostase	
PRINCIPE VAN DE HF-CHIRURGIE	05	Afsluiting van weefsel	
Natuurkundige principes		Devitalisering en ablatie	
Thermisch veroorzaakte weefselveranderingen		Verwijdering van weefsel	
Invloedsfactoren voor het HF-chirurgisch effect			
WEEFSELEFFECTEN VAN DE HF-CHIRURGIE	09	WOORDENLIJST	19
Snijden			
Hemostase door coagulatie			
Devitalisering en ablatie			
Afsluiting van vaten door thermofusie			
HF-CHIRURGISCHE PROCEDURES	12		
Monopolaire techniek			
Bipolaire techniek			
Argonplasma-coagulatie			
GRONDBEGINSELEN VOOR EEN VEILIGE TOEPASSING VAN HF-CHIRURGIE	14		
Warmtewerking van de elektrische stroom			
Ontvlambare vloeistoffen en gassen			
Storing van andere apparaten			
Overige aanwijzingen			
INSTRUMENTEN	16		
Snij-instrumenten			
Coagulatie-instrumenten			
Instrumenten voor de argonplasma-coagulatie			



Belangrijke aanwijzing

Erbe Elektromedizin GmbH heeft deze brochure en de insteladviezen met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Desondanks vallen fouten niet geheel uit te sluiten. De in de insteladviezen verstrekte gegevens vormen geen grond tot aanspraken jegens Erbe Elektromedizin GmbH. Mocht zich op grond van dwingende wettelijke bepalingen een aansprakelijkheid voordoen, dan blijft deze beperkt tot opzet en grove nalatigheid.

De gegevens over insteladviezen, applicatieplaatsen, applicatieduur en het gebruik van instrumenten berusten op klinische ervaringen, waarbij afzonderlijke klinieken en artsen onafhankelijk van de gegeven adviezen de voorkeur kunnen geven aan andere instellingen. Het gaat hier slechts om richtwaarden, die door de chirurg moeten worden getoetst op toepasbaarheid. Afhankelijk van de individuele omstandigheden kan het nodig zijn af te wijken van de gegevens in deze brochure.

Door onderzoek en klinische ervaringen is de geneeskunde onderhevig aan voortdurende ontwikkelingen.

Ook daarom kan het zinvol zijn om af te wijken van de gegevens.



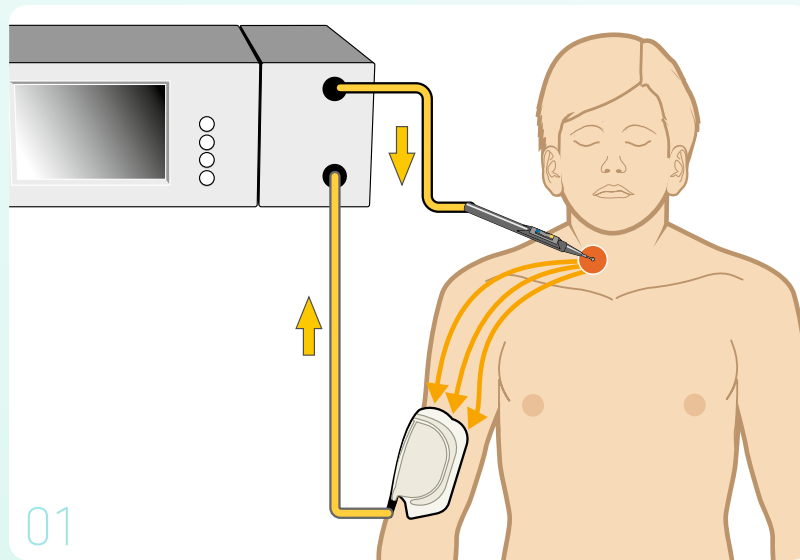
De techniek van de hoogfrequentie-chirurgie (HF-chirurgie) is niet meer weg te denken uit de interventionele vakdisciplines. Chirurgen uit alle disciplines maken gebruik van deze techniek. De voordelen ervan zijn vooral de controleerbaarheid van het HF-chirurgisch effect, de veelzijdige, deels nieuwe en unieke toepassingsmogelijkheden en het grote aantal ondersteunde instrumenten en instrumentvormen. Bij conventionele ingrepen, maar zeker ook in de minimaal invasieve chirurgie levert HF-chirurgie een waardevolle bijdrage aan het efficiënt en voorzichtig uitvoeren van ingrepen.

Deze brochure is bedoeld om u te helpen de grondbeginselen van de HF-chirurgie te begrijpen. U vindt er uitleg over weefseffecten en HF-chirurgische procedures, aanwijzingen en achtergrondinformatie voor een veilig gebruik, een presentatie van HF-chirurgische instrumenten en een overzicht van de toepassingsgebieden. In de woordenlijst aan het eind van de brochure vindt u een overzicht van de gebruikte vaktermen met een toelichting.

Principe van de HF-chirurgie

HF-chirurgie is de toepassing van hoogfrequente elektrische stroom op biologisch weefsel met als doel het verkrijgen van een thermisch effect dat medisch bruikbaar is.

Dit eerste hoofdstuk is bedoeld om de natuurkundige principes van weefselverwarming door elektrische stroom te verduidelijken. Het bevat een overzicht van de processen die door verwarming in het weefsel worden veroorzaakt, en noemt belangrijke invloedsfactoren voor het HF-chirurgische weefseffect.



Principe van de HF-chirurgie. Het chirurgisch effect ontstaat door verwarming van weefsel op grond van een stroombaan (gele pijlen)

NATUURKUNDIGE PRINCIPES

01

Het principe van HF-chirurgie is te zien in afbeelding 01. De patiënt is via twee elektroden verbonden met het HF-chirurgieapparaat. Het apparaat produceert een elektrische spanning tussen de elektroden (zie kader „Natuurkundige basisbegrippen“, bladzijde 6). Omdat biologisch weefsel elektrisch geleidend is, vloeit er een stroom tussen de elektroden door het lichaam van de patiënt. De stroomkring is daarmee gesloten. De stroom produceert in het weefsel de warmte voor het HF-chirurgisch effect. Hier ligt een belangrijk verschil tussen HF-chirurgie en cauterisatie: Bij HF-chirurgie is de verwarming niet exogeen, bijv. door een verhit instrument, maar endogeen door een stroombaan in het weefsel zelf. Om aantasting door elektrolyseprocessen uit te sluiten en prikkelingen van zenuwen en spieren te verhinderen, wordt wisselstroom met een frequentie van minstens 200kHz gebruikt. Vandaar ook de naam hoogfrequentie-chirurgie.

Belangrijk voor het HF-chirurgisch effect zijn hoeveelheid en verdeling van de in het weefsel vrijkomende warmte.

De hoeveelheid warmte wordt bepaald door spanning en weefselweerstand. De verdeling van de warmte resulteert uit de verdeling van de weefselweerstand en de geometrie van de stroombaan. Dit kan worden verduidelijkt aan de hand van een paar natuurkundige verbanden, die hierna zullen worden toegelicht.

De hoeveelheid in het weefsel vrijkomende warmte gedurende een bepaalde tijd is het elektrisch vermogen, dus het product van stroom en spanning (zie kader, bladzijde 6). Stroom en spanning hangen met elkaar samen via de weerstand. Dit geldt zowel voor het weefsel tussen de elektroden in totaal als ook lokaal op iedere plaats in het weefsel.

De stroombaan is de weg van de stroom door het weefsel tussen de elektroden (gele pijlen in afbeelding 01). Hier verdelen stroom, spanning en weerstand zich op verschillende wijze. Om u zich dit voor te kunnen stellen, moet u zich de stroombaan indenken als onderverdeeld in dunne schijven, waarvan het oppervlak het doorsneeoppervlak is. Door iedere schijf vloeit in totaal dezelfde stroom. De grootte van de weerstand kan op elke plaats in de schijf verschillen. De stroom verdeelt zich over de schijf en vloeit bij voorkeur op die plaatsen waar de weerstand gering is. Hier is de stroomdichtheid dus groter dan op de plaatsen met een hogere weerstand. De totale weerstand van een schijf resulteert uit de verdeling van de lokale weerstand over het oppervlak ervan, waarbij het gedeelte met de geringste weerstand maatgevend is. De lokale spanning op iedere schijf is op elke plaats van het doorsneeoppervlak even groot en volgt uit de totale stroom en de totale weerstand van de schijf. De spanningen en weerstanden van de afzonderlijke schijven worden bij elkaar opgeteld tot totale spanning en totale weerstand van het weefsel tussen de elektroden. De stroomsterkte volgt uit totale spanning en totale weerstand.

Veel warmte komt vrij op de plaats met een hoge stroomdichtheid of een hoge lokale spanning of waar beide tegelijkertijd het geval is. Een hoge stroomdichtheid ontstaat wanneer het doorsneeoppervlak van de stroombaan klein is of wanneer maar kleine gedeelten met een lage lokale weerstand voorhanden zijn. Er is sprake van een hoge lokale spanning wanneer de stroom niet om gebieden met een hogere lokale weerstand heen kan.

De hoeveelheid en de verdeling van de vrijkomende warmte wordt dus bepaald door spanning en weefselweerstand en door de geometrie van de stroombaan.

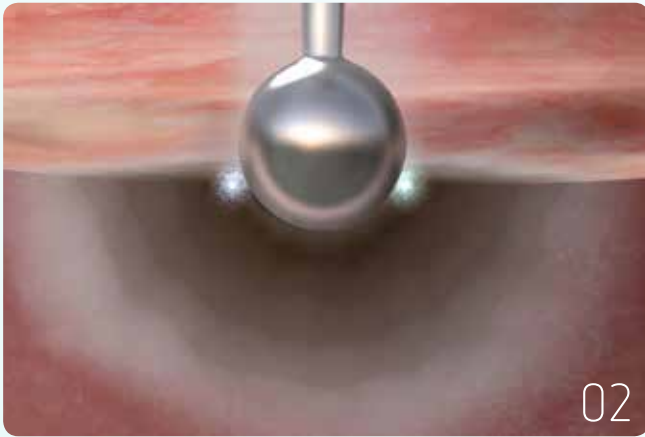
NATUURKUNDIGE BASISBEGRIPPEN

Positieve en negatieve elektrische ladingen trekken elkaar aan, oefenen dus een kracht uit op elkaar. Om ze tegen deze kracht van elkaar te scheiden, moet **energie (eenheid: Joule)** worden aangewend. De **elektrische spanning (eenheid: Volt)** tussen positieve en negatieve ladingen is de energie per hoeveelheid lading die nodig is voor de scheiding hiervan. Is er een elektrisch geleidende verbinding, dan bewegen de ladingen naar elkaar toe: Er vloeit een **elektrische stroom (eenheid: Ampère)**. De intensiteit van de stroom door de geleider blijft stroom gelijk. De **stroomdichtheid** is de hoeveelheid stroom per doorsneeoppervlak van de geleider. Iedere geleider vormt een **weerstand (eenheid: Ohm)** voor de stroom, deze is afhankelijk van geometrie en materiaal. Is de weerstand groter, dan vloeit er bij gelijkblijvende spanning minder stroom, resp. voor een even grote stroom is een hogere spanning nodig. Totale spanning en totale weerstand zijn steeds de som

van de lokale spanningen en weerstanden langs de geleider. Een hogere lokale weerstand, bijv. door een verandering van de materiaaleigenschappen of een kleiner doorsneeoppervlak, resulteert in een hogere lokale spanning.

Bij stroomdoorgang ontstaat **warmte**. De energie die nodig was voor het scheiden van de lading, komt zo vrij in de vorm van warmte. De vrijgekomen energie per tijdseenheid (seconde) heet **vermogen (eenheid: Watt)**. Dit is het product uit stroom en spanning.

Een **gelijkstroom** loopt altijd in dezelfde richting. Wanneer stroom en spanning periodiek van richting veranderen, dan spreken we van **wisselstroom** en **wisselspanning**. Eén periode bevat twee veranderingen van richting. Het aantal perioden per seconde heet **frequentie (eenheid: Hertz)**.



Veranderingen in biologisch weefsel (schematisch)
bij toepassing van HF-chirurgie

THERMISCH VEROORZAAKTE WEEFSEL-VERANDERINGEN

Bij verwarming vinden in het weefsel verschillende processen plaats (zie tabel rechts en afbeelding 02). Deze worden in eerste instantie bepaald door de bereikte temperatuur. Voor de HF-chirurgie zijn de denaturering van de proteïnen vanaf ca. 60 °C (coagulatie) en de verdamping van de weefselvloeistof bij ca. 100 °C het belangrijkste. Hoe snel en volledig deze processen verlopen, is afhankelijk van de snelheid van de verwarming en de inwerkingsduur van de verhoogde temperatuur.

EFFECT VAN VERWARMING OP BIOLOGISCH WEEFSEL

37-40°C

geen

vanaf ~ 40°C

hyperthermie:

beginnende weefselbeschadiging, oedeemvorming, afhankelijk van de applicatieduur kan het weefsel herstellen of afsterven (devitalisering)

vanaf ~ 60°C

devitalisering (doden)

van de cellen, krimpen van het bindweefsel door denaturering

~ 100°C

verdamping van de weefselvloeistof, afhankelijk van de verdampingsnelheid:

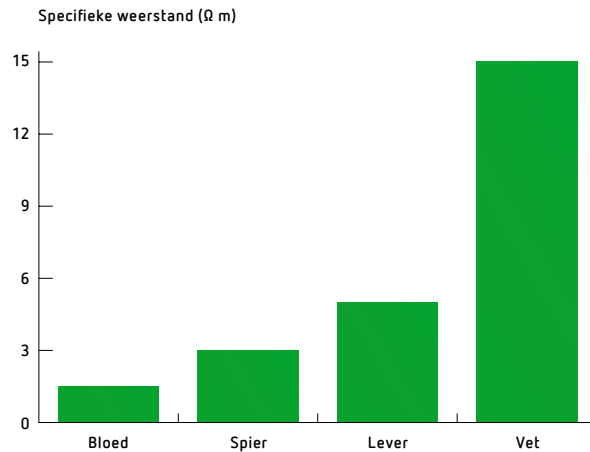
- krimpen van het weefsel door desiccatie (uitdroging) of
- snijden door mechanisch scheuren van het weefsel

vanaf ~ 150°C

carbonisatie (verkoling)

vanaf ~ 300°C

vaporisatie (verdamping van het complete weefsel)



03

Specifieke weerstand (materiaalafhankelijk aandeel zonder geometriefactor) voor verschillende soorten weefsel bij ca. 300 kHz

INVLOEDSFACTOREN VOOR HET HF-CHIRURGISCH EFFECT

03

Maatgevend voor het chirurgisch effect zijn de bereikte temperatuur in het weefsel, de inwerkingsduur ervan en de snelheid van de verwarming. Verwarmingssnelheid en inwerkingsduur van de verhoogde temperatuur worden bepaald door het totaal en het tijdsverloop van het in het weefsel ingebrachte vermogen. Doorslaggevend voor de hoogte van de bereikte temperatuur is de energie (vermogen x tijd). De plaatselijke warmteverdeling is afhankelijk van de stroomdichtheid en de weefselweerstand. Daaruit volgen verschillende invloedsgrootheden voor het HF-chirurgisch effect:

Elektrodevorm en contactvlak:

Kleine contactvlakken tussen elektrode en weefsel zorgen door de hoge stroomdichtheid voor snelle en sterke verwarming. Bij hetzelfde vermogen maar grotere contactvlakken is de stroomdichtheid lager, de verwarming trager en zwakker. De sterkste verwarming wordt verkregen door het kleinste oppervlak, dus een puntvormig contact tussen elektrode en weefsel.

Bewegingsnelheid en positie van de elektrode incisie:

De duur van het contact tussen elektrode en weefsel beïnvloedt de bereikte temperatuur en de inwerkingsduur hiervan. Door de beweging van de elektrode, bijv. dieper indringen, kan ook het contactvlak worden veranderd.

Weefseleigenschappen:

Verschillende soorten weefsel, bijv. spieren, vet of bloedvaten, kunnen op grond van hun elektrische en thermische eigenschappen goed of minder goed worden verwarmd en kunnen ook verschillend op verwarming reageren. Van belang is hier de elektrische weerstand, die het ingebrachte vermogen bepaalt. Omdat de stroombaan plaatsvindt door ionenbewegingen in de elektrolytische weefselvloeistof, is de weerstand in doorslaggevende mate afhankelijk van het watergehalte in het weefsel, dat afhankelijk van het soort weefsel varieert (zie afbeelding 03). Wanneer door verdamping van de weefselvloeistof uitdroging begint op te treden, neemt de weerstand snel toe. Dit kan leiden tot sterkere verwarming van uitgedroogde weefseldelen.

Werking van het HF-chirurgieapparaat:

Stroom en spanning zijn vooral afhankelijk van de weefseleigenschappen, de grootte van het contactvlak en de eigenschappen van de hoogfrequent-generator. Onder deze condities is een reproduceerbaar chirurgisch effect moeilijk te behalen. De introductie van de geregelde HF-chirurgie door Erbe in de jaren 80 van de vorige eeuw was op dit gebied een grote vooruitgang. Bij moderne HF-chirurgieapparatuur worden stroom en spanning voortdurend gecontroleerd, hieruit worden grootheden als vermogen en weefselweerstand berekend en geëvalueerd. Via een besturing en regeling worden de operationele parameters afhankelijk van het gewenste effect constant gehouden of gericht veranderd. Zo kunnen verschillen tussen de diverse soorten weefsel worden gecompenseerd, kan er worden gereageerd op veranderingen in de weefseleigenschappen bijv. door uitdroging als gevolg van de verwarming, en kan de reproduceerbaarheid van het chirurgisch effect worden gewaarborgd.

Weefseleffecten van de HF-chirurgie

De twee klassieke effecten in de HF-chirurgie zijn weefselscheiding (snijden) en bloedstelping (hemostase), waarbij bloedstelping vaak gelijk wordt gesteld met coagulatie. De bedieningselementen en displays van HF-chirurgische apparatuur zijn uniform gekenmerkt met de kleuren geel voor snijden en blauw voor coaguleren. Eveneens behoren tot de coagulerende effecten devitalisering, ablatie van weefsel en het afsluiten van bloedvaten.



HF-chirurgische incisie. De elektrode is omgeven door een laag damp. De stroom wordt overgebracht door vonkjes

SNIJDEN

01

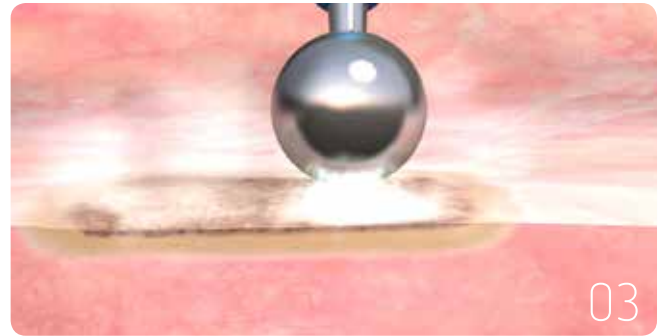
Om weefsel te scheiden moet dit snel tot boven de 100°C worden verhit zodat de erin aanwezige vloeistof pijlsnel verdampt en de weefselstructuur uiteen valt. De hiervoor benodigde hoge stroomdichtheid wordt gerealiseerd door kleine vonken, die bij piekspanningen vanaf ongeveer 200 V tussen elektrode en weefsel optreden. De vonkjes, feitelijk kleine bliksemflitsen, zorgen voor een vrijwel puntvormige toevoer van de stroom (zie afbeelding 01). De typische vorm van een snij-elektrode is een mes, een naald of een lus. De elektrode maakt tijdens het snijden niet direct contact met het weefsel, deze is feitelijk omgeven door een laagje verdampt weefselvloeistof. De vonkwerking vindt bijvoorbeeld plaats tussen de smalle zijde van de elektrode en het dichtstbijzijnde weefsel. Zo wordt vooral het weefsel aan de voorkant van de elektrode snel bewerkt en verdampt het weefsel, zodat er een incisie ontstaat. De elektrode kan zonder kracht door het weefsel worden geleid. Deze procedure wordt ook wel elektrotomie genoemd.

Bij een verhoging van de spanning neemt de intensiteit van de vonkoverslagen toe. Er ontstaat een grotere stroom dan puur voor het snijden nodig zou zijn. Dit leidt tot verdamping van meer vloeistof en tot een sterkere verwarming van het aangrenzende weefsel. Op die plaats ontstaat hemostase, en bij sterke verhitting ook een ongewenste carbonisatie. De coagulatiezone aan de snijrand, wordt ook wel aangeduid als snijkwaliteit.

De gewenste snijkwaliteit is afhankelijk van de toepassing. Deze kan door de chirurg worden beïnvloed door de snijsnelheid – minder coagulatie bij sneller snijden – en via het apparaat door het regelen van de operationele instellingen. Hierna worden de meest gangbare regelingen gepresenteerd.

Spanningsregeling: De elektrische spanning is doorslaggevend voor het ontstaan van de vonkoverslagen. Samen met de elektrische weerstand van het weefsel bepaalt zij de stroom en daarmee de ingebrachte energie voor iedere vonk. Daarom zorgt een constant gehouden spanning voor een gelijkblijvende snijkwaliteit, die onafhankelijk is van de snijdiepte. De snijkwaliteit is echter afhankelijk van de snijsnelheid en het soort weefsel. Bij gelijke spanning is bijvoorbeeld het effect in spierweefsel sterker dan in vetweefsel, aangezien spierweefsel een lagere weerstand heeft. Zo is bij gelijk blijvende weefseleigenschappen een reproduceerbare incisie gegarandeerd. Tegelijkertijd kan de weefselectiviteit van de effectinstelling worden gebruikt voor de preparatie van verschillende soorten weefsel.

Vonkeregeling: De intensiteit van de vonkoverslagen is een maat voor de snijwerking. Moderne HF-chirurgieapparaten kunnen deze intensiteit meten en constant houden door de spanning overeenkomstig in te stellen. De vonkeregeling maakt een gelijk blijvende snijkwaliteit mogelijk, ongeacht het soort weefsel, de snijsnelheid en de elektrodevorm.



↑ Contactcoagulatie met lage spanning
↓ en hoge, gemoduleerde spanning

↑ Non-contactcoagulatie. Fulguratie
↓ Argonplasma-coagulatie

Modulatie: Voor sterker gecoaguleerde incisies is een hogere piekspanning nodig. Om een overmatig snij-effect en carbonisatie te vermijden moet het gemiddelde vermogen worden verlaagd. Hiervoor wordt de wisselspanning gemoduleerd, d.w.z. de amplitude wordt over de applicatietijd gevarieerd. Een vaak gebruikte modulatievorm is de onderbreking, waardoor de stroom met korte tussenpozen wordt onderbroken. De modulatie vindt in de regel zo snel plaats dat de gebruiker alleen het veranderde weefseffect bemerkt. Een karakteristieke grootte voor de mate van modulatie is de verhouding tussen piekwaarde en gemiddelde waarde (effectieve waarde) van de spanning, die wordt aangeduid als Crestfactor.

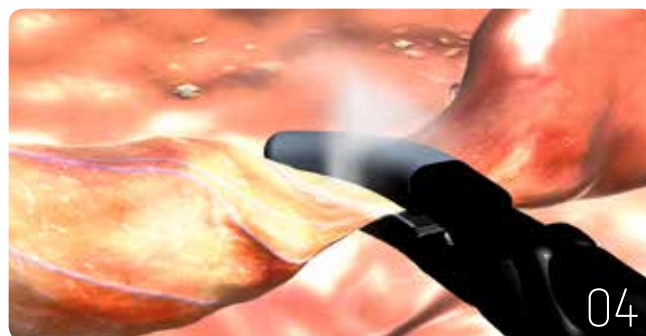
Vermogensbegrenzing: Het afgegeven vermogen kan worden begrensd op een maximale waarde. Hierdoor wordt gegarandeerd dat er niet meer vermogen wordt afgegeven dan nodig is voor het gewenste effect, en het verhoogt de veiligheid voor patiënt en arts.

Vermogensregeling: Door het regelen van de spanning kan het vermogen op een constante waarde worden gehouden. De vermogensregeling zorgt voor een gelijke hoeveelheid energie in diverse soorten weefsels. De incisie of hemostase kwaliteit is echter sterk afhankelijk van het contactoppervlak en de vonkwerking.

HEMOSTASE DOOR COAGULATIE

02,03

Wanneer bloedend weefsel geleidelijk wordt verwarmd, coaguleren eerst de eiwitten in weefsel. Het weefsel verschrompelt en droogt uit door de vloeistofverdamming die optreedt. Door verschrompeling van het weefsel en coagulatie van bloed worden bloedvaten gesloten, de bloeding komt tot stilstand. Coagulaties kunnen in direct contact met het weefsel (contactcoagulatie) of contactloos (met behulp van vonken) worden uitgevoerd. De contactcoagulatie is vooral geschikt voor het stelpen van lokale bloedingen. Hierbij wordt ofwel gebruikgemaakt van lage spanningen (afbeelding 03 ↑) ofwel van gemoduleerde spanningvormen met een hogere piekwaarde (afbeelding 03 ↓). De hogere spanningen maken weliswaar sneller werken mogelijk, echter kunnen ook gepaard gaan met vonkoverslagen en carbonisatie. Bij non-contactcoagulatie wordt de stroom onder hoge spanning (enkele duizenden volts) overgedragen met behulp van vonken. Anders dan bij het snijden zijn de vonken doorgaans over een groter gebied verdeeld, zodat er een groot coagulatievlak ontstaat. Oppervlakkige, diffuse bloedingen kunnen zo efficiënt worden gestelpt. De conventionele methode werkt met vonkoverslagen in de lucht en wordt ook wel fulguratie genoemd (afbeelding 03 ↑). Een gelijkmatiger, beter controleerbaar, resultaat levert de argonplasma-coagulatie (APC, afbeelding 03 ↓), die wordt beschreven in het hoofdstuk „Argonplasma-coagulatie“ op bladzijde 13.



*Afsluiting van vaten door thermofusie.
Het vat wordt met een bipolaire klem gepakt en door middel
van thermofusie afgesloten*

DEVITALISERING EN ABLATIE

Om weefselanomalieën zoals laesies of tumoren te behandelen kan het weefsel gedevitaliseerd (gedood) of gereduceerd resp. verwijderd worden.

Om devitalisatie te bereiken dient het weefsel verwarmt te worden tot temperaturen boven de 60 graden celsius. Voor een oppervlakkige devitalisatie is argonplasma-coagulatie (APC) het meest geschikt. Indien een dieper effect gewenst is kan dit beter bereikt worden door contactcoagulatie met bol- of naaldelektroden. Door het langdurig toepassen van een lagere stroom, kan vaak een betere dieptewerking worden verkregen, aangezien het weefsel bij de elektrode niet zo snel uitdroogt en daardoor zijn geleidingsvermogen behoudt. De warmte heeft daardoor meer tijd om zich in de diepte van het weefsel uit te breiden. Dit effect treedt ook op wanneer gemoduleerde spanningen worden gebruikt. Bovendien kan tijdens de stroompauzes vloeistof uit aangrenzend weefsel terugvloeien naar het weefsel direct rond de elektrode en zo het uitdrogen nog eens extra vertragen. De devitalisering van ongewenst weefsel wordt vaak aangeduid als hoogfrequentie- of radiofrequentieablatie, hoewel hier geen directe verwijdering van weefsel plaatsvindt. Het gedode weefsel wordt aansluitend via stofwisselingsprocessen door het lichaam van de patiënt afgevoerd.

Een echte, niet-mechanische weefselablatie valt met HF-chirurgische methoden maar moeilijk te bereiken. APC met een hoog ingesteld vermogen kan zorgen voor een snelle verdamping van ten minste de weefselvloeistof. Hierbij vindt echter ook vaak carbonisatie van het resterende weefsel plaats. Door een langzamere verhitting kan via de verdamping van de weefselvloeistof en zonder carbonisatie het volume van het ongewenste weefsel worden gereduceerd door middel van verschrompeling.

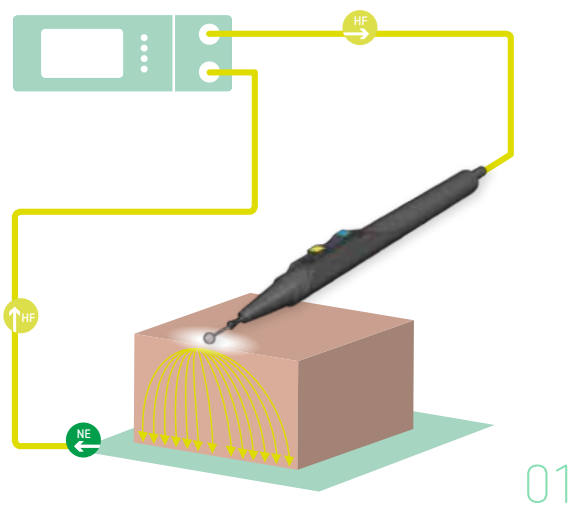
AFSLUITING VAN VATEN DOOR THERMOFUSIE

04

Doorbloed weefsel of solitaire grotere bloedvaten kunnen door middel van coagulatie worden afgesloten voordat ze worden doorgesneden. De wanden van het af te sluiten vat worden met de bek van een instrument op elkaar gedrukt. Een stroom vloeit in de bek van het instrument. Door het coagulatieproces worden de gedenatureerde eiwitten van de vaatwanden, net als bij lassen, met elkaar versmolten. Hierbij houdt het HF-chirurgieapparaat constant de verandering van het weefsel in de bek van het instrument in de gaten. Door een automatische regeling van piekspanning en modulatie wordt overmatige thermische beschadiging van aangrenzend weefsel vermeden. Daarna kan het afgesloten weefsel mechanisch of met HF-chirurgie worden doorgesneden. Deze methode vormt in toenemende mate een vervanging voor clip of draad.

HF-chirurgische procedures

In de HF-chirurgie wordt onderscheid gemaakt tussen monopolaire en bipolaire toepassingen. Bovendien zijn er contactmethoden en non-contactmethoden. Een belangrijke non-contactmethode is de argonplasma-coagulatie. In dit hoofdstuk worden de monopolaire en de bipolaire techniek alsmede de argonplasma-coagulatie besproken.



*Monopolaire techniek:
Het chirurgisch effect ontstaat bij de actieve elektrode (AE),
waar de stroomdichtheid het hoogst is.
De stroom vloeit terug via de grootvlaks neutrale elektrode (NE)*

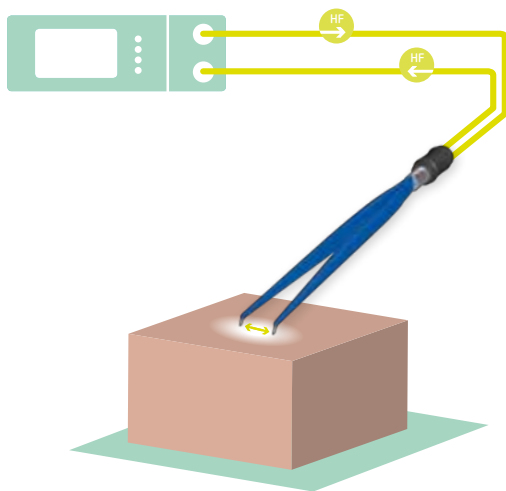
MONOPOLAIRE TECHNIEK

01

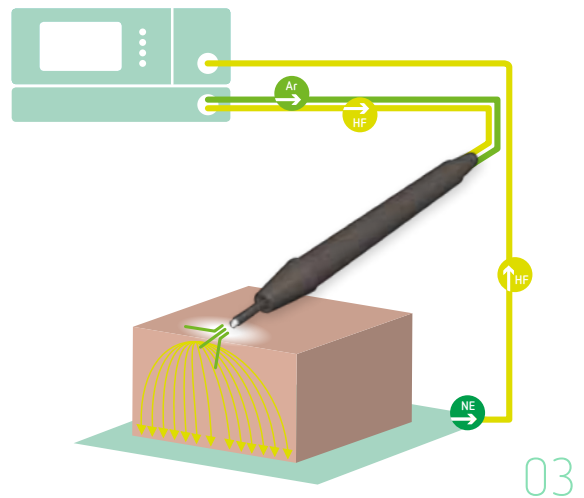
Bij de monopolaire HF-chirurgie hebben de twee elektroden, waartussen de stroom loopt, een verschillende vorm. Het chirurgisch effect vindt plaats bij de actieve elektrode. Deze heeft een relatief klein contactvlak om hiermee de hoogste stroomdichtheid te kunnen bereiken. De tweede elektrode is de grootvlaks neutrale elektrode. Deze wordt op een geschikte plaats aangebracht op de huid van de patiënt. HF-stroom, die bij de actieve elektrode een incisie of een coagulatie veroorzaakt, verwarmt het weefsel op het grote oppervlak van de neutrale elektrode slechts minimaal en voor de patiënt nauwelijks waarneembaar, er is geen chirurgisch effect.

Bij een slecht contact of een te klein contactvlak tussen neutrale elektrode en huid kunnen er verbrandingen optreden. Moderne HF-chirurgieapparaten meten bij gebruik van twee- of meervlaks neutrale elektroden de weerstand tussen de twee elektrodehelften en kunnen zo een gebrekkig huidcontact herkennen.

Aangezien bij de monopolaire techniek stroom over grotere afstanden door het lichaam van de patiënt kan lopen, moet voor een veilig gebruik een aantal aandachtspunten in acht worden genomen. In het volgende hoofdstuk (bladzijde 14) gaan we hier nader op in.



*Bipolaire techniek:
de stroom loopt overwegend tussen de twee elektroden*



*Argonplasma-coagulatie (APC):
de stroom wordt overgedragen door elektrisch geleidend argonplasma tussen
actieve elektrode (AE) en neutrale elektrode (NE)*

BIPOLAIRE TECHNIEK

02

Bij de bipolaire HF-chirurgie zijn beide elektroden geïntegreerd in één instrument. De stroom loopt overwegend in het beperkte weefselgebied tussen de elektroden. Een afzonderlijke neutrale elektrode is niet nodig. Vaak zijn beide elektroden met het oog op het chirurgisch effect gelijkwaardig. Bij asymmetrische opstellingen met contactvlakken met verschillende afmetingen, vindt het effect alleen plaats bij de elektrode met het kleinste oppervlak.

De ruimtelijk beperkte stroomweg is gunstig met het oog op veiligheidsaspecten. Maar de bipolaire techniek kan niet voor iedere toepassing worden gebruikt. Met name bij snij-elektroden biedt de monopolaire techniek op grond van de betere hanteerbaarheid duidelijke voordelen.

ARGONPLASMA-COAGULATIE

03

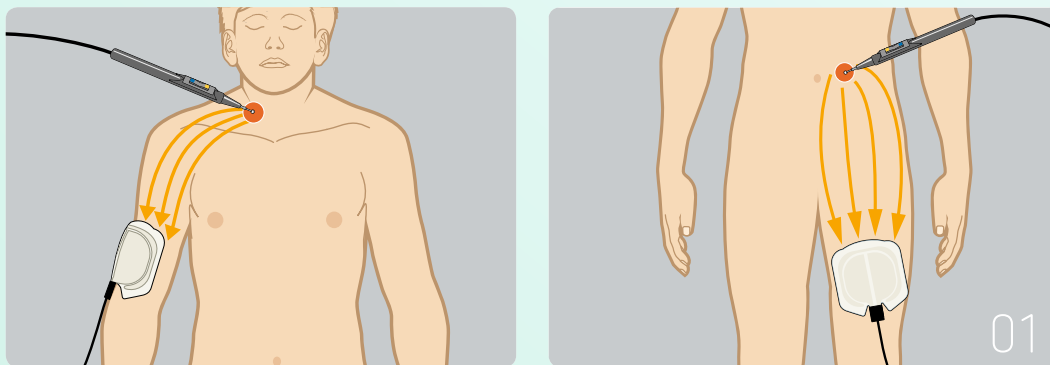
De argonplasma-coagulatie (APC) is een monopolaire non-contactprocedure. De stroom wordt via geïoniseerd, d.w.z. elektrisch geleidend argongas, het argonplasma, door middel van vonken overgedragen. De APC wordt gebruikt voor coagulatie van diffuse bloedingen, voor oppervlakkige devitalisering van weefsel en voor volumereductie door vaporisatie en verschrompeling. Een belangrijk voordeel van APC is dat vastkleven van het instrument en daardoor openscheuren van het gecoaguleerde weefsel uitgesloten is. Het plasma heeft bovendien de neiging zich te richten naar nog niet gecoaguleerde en daarom beter geleidende weefsel. Dit zorgt bij een overeenkomstig laag ingesteld vermogen voor een relatief gelijkmatige, oppervlakkige coagulatie met een geringe indringdiepte. Bij een verhoogd vermogen kan ook een diepere coagulatie worden bereikt.

Grondbeginselen

voor een veilige toepassing van HF-chirurgie

Net als bij ieder medisch-technisch apparaat gaat ook het werken met een HF-chirurgieapparaat gepaard met bepaalde risico's voor patiënt, gebruiker en omgeving.

De informatie in dit hoofdstuk is bedoeld om de gebruiker te helpen een zintuig voor de specifieke risico's van de HF-chirurgie te ontwikkelen en deze risico's door een vakkundig gebruik tot een minimum te beperken. Dit hoofdstuk vormt echter geen vervanging voor het zorgvuldig lezen en in acht nemen van de aanwijzingen en regels voor het veilig gebruik in de gebruiksaanwijzing, alsmede voor een instructie van het apparaat. Veel fabrikanten bieden daarnaast scholingen en begeleidende literatuur aan.



Stroomweg door de patiënt (gele pijlen) tussen actieve elektrode (AE) en neutrale elektrode (NE) bij monopolaire gebruik

WARMTEWERKING VAN DE ELEKTRISCHE STROOM

01

De werking van de HF-chirurgie berust op het feit dat een hoogfrequente wisselstroom tussen twee elektroden door het lichaam van de patiënt loopt en daarbij afhankelijk van stroomdichtheid en weefseigenschappen warmte in het weefsel genereert. Op de plaats van de ingreep is een hoge stroomdichtheid gewenst om het HF-chirurgisch effect te behalen. Buiten het operatieveld kunnen belemmeringen in de stroombaan echter leiden tot ongewenste verbrandingen of coagulatie. Voorbeelden hiervan zijn contactpunten met een klein oppervlak, bijvoorbeeld tussen vingertop en dijbeen van de patiënt, of plaatsen waar het goed geleidend weefsel dun is, bijvoorbeeld gewrichten. Daarom moet de weg van de stroom door het lichaam zo kort mogelijk zijn, goed geleidend zijn en een groot doorsneeoppervlak hebben.

Verbrandingen kunnen ook worden veroorzaakt door elektrisch contact van de patiënt met de grond. De reden daarvoor zijn zogenaamde lekstromen, die op grond van een technisch onvermijdelijke capacitieve koppeling tussen de hoog-frequentegenerator en de aarde kunnen lopen (zie kader „Capacitieve koppeling, aarde en lekstromen”). Deze stromen zijn weliswaar begrensd tot een relatief kleine waarde, maar kunnen toch een verbranding veroorzaken wanneer de patiënt over een klein oppervlak contact maakt met bijv. een geaarde operatietafel, het metalen toebehoren hiervan of met een infuusstandaard.

Bij bipolaire gebruik zijn vanwege de korte stroombaan door de geringe elektrodeafstand de meeste van de hierboven beschreven risico's in verregaande mate uitgesloten. Voor monopolaire toepassingen kunnen ze tot een minimum worden beperkt wanneer bij het positioneren van de patiënt en bij het plakken van de neutrale elektrode een aantal grondbeginselen worden nageleefd.

Positie van de patiënt:

De patiënt moet elektrisch goed geïsoleerd op de operatietafel worden gepositioneerd. Omdat vloeistoffen in de regel geleidend zijn, dient het gebied tussen patiënt en operatietafel zo droog mogelijk en vloeistofdicht te zijn. Contact van huid op huid dient te worden vermeden.

Neutrale elektrode:

De neutrale elektrode moet met het gehele oppervlak goed contact maken met de huid van de patiënt en dient zo dicht mogelijk bij het operatieveld te zijn aangebracht. De stroomweg tussen actieve elektrode en neutrale elektrode moet kort zijn en door goed doorbloed weefsel, met een zo groot mogelijk doorsneeoppervlak, lopen (zie afbeelding 01).

ONTVLAMBARE VLOEISTOFFEN EN GASSEN

Bij het snijden en ook bij een aantal coagulatie-methoden, met name bij APC, ontstaan elektrische vonkontladingen, die de stroom overdragen. Deze zijn gewenst voor het verkrijgen van het HF-chirurgisch effect. Ze kunnen echter wel licht ontvlambare stoffen zoals ontsmettingsmiddelen in vloeibare en verdampte vorm, en andere ontvlambare gassen doen ontbranden. Ook gassen die de verbranding bevorderen, zoals pure zuurstof, kunnen in dit verband gevaarlijk zijn. Daarom dienen zulke stoffen vóór gebruik van HF-chirurgie uit het operatiegebied te worden verwijderd, bijv. door middel van afzuiging.

STORING VAN ANDERE APPARATEN

Door HF-chirurgieapparatuur kunnen andere, gelijktijdig gebruikte apparaten worden gestoord. De oorzaken hiervoor zijn erg complex en voor het oplossen van het probleem kunnen verschillende maatregelen nodig zijn. Hier kunnen daarom alleen de meest voorkomende storingen en hun oorzaken worden genoemd. Fabrikanten van HF-chirurgieapparatuur hebben in de regel nadere informatie over dit onderwerp beschikbaar en helpen bij het oplossen van het probleem.

HF-chirurgische wisselstromen kunnen door andere apparaten die met de patiënt verbonden zijn heen lopen en de werking ervan nadelig beïnvloeden. Voorbeelden zijn pacemakers en andere (actieve) implantaten alsmede apparaten voor patiëntmonitoring. Deze problemen kunnen voor een deel worden geminimaliseerd door ongunstige stroombanen te vermijden door een geschikte plaatsing van de neutrale elektrode. Met name bij operaties op patiënten met een pacemaker dient bij voorkeur de bipolaire techniek te worden gebruikt.

Een andere veel voorkomende oorzaak voor storingen is de capacitieve koppeling (zie kader, rechts) tussen dicht bij elkaar liggende kabels van een HF-chirurgieapparaat en bijvoorbeeld van een ECG-apparaat. Daarom dienen de HF-chirurgische kabels zo veel mogelijk gescheiden te worden gehouden van de kabels van andere apparaten. Bij endoscopische toepassingen is dit slechts in beperkte mate mogelijk, hier kan de overdracht van beeldgegevens door capacitieve koppeling tussen de HF-chirurgische kabels en de dataleidingen in de endoscoop nadelig worden beïnvloed. Ook deze problemen kunnen doorgaans door verschillende maatregelen worden opgelost. Informatie hierover is verkrijgbaar bij de desbetreffende fabrikanten.

OVERIGE AANWIJZINGEN

Zuigelingen en kinderen:

Wanneer in geval van monopolaire techniek de standaard neutrale elektroden wegens plaatsgebrek niet gebruikt kunnen worden, kunnen speciale neutrale elektroden voor zuigelingen of kinderen worden gebruikt. Dit leidt ertoe dat de stroom over een kleiner oppervlak wordt verdeeld. Om verbrandingen door de hogere stroomdichtheid te vermijden, moet de stroom in zijn totaliteit worden begrensd. Dit kan door een overeenkomstig lagere instelling op het HF-chirurgieapparaat kiezen. Een aantal apparaten beschikt over een speciaal voor zuigelingen- en kinderelektroden aangepaste stroombewaking. Een andere maatregel is het verkleinen van het contactvlak bij de actieve elektrode door voorzichtig te snijden resp. door gebruik van coagulatie-elektroden met een klein oppervlak.

Zwangerschap:

Weliswaar is geen letsel aan embryo of foetus door HF-chirurgische stromen bekend, desondanks wordt bipolaire techniek aanbevolen.

Meerdere instrumenten op één apparaat:

Door capacitieve koppeling tussen instrumentkabels kan in de kabel van een niet geactiveerd instrument een wisselstroom vloeien, die bij de elektrode tot een verbranding kan leiden. Daarom dienen instrumentkabels gescheiden te worden gehouden. Instrumenten die niet nodig zijn, dienen op een veilige plaats opgeborgen en met name niet op de patiënt te worden neergelegd.

Gelijktijdig gebruik van twee HF-chirurgieapparaten:

Bij gelijktijdig gebruik van twee HF-chirurgieapparaten op één patiënt kunnen bijvoorbeeld door interferentie van de HF-stromen een aantal problemen ontstaan. Voor nadere informatie over dit onderwerp dient u contact op te nemen met de desbetreffende fabrikanten.

CAPACITIEVE KOPPELING, AARDE EN LEKSTROMEN

Een wisselstroom kan ook zonder elektrisch geleidende verbinding worden overgedragen van de ene geleider op een andere. Dit ligt aan het feit dat de kracht tussen elektrische ladingen ook over niet geleidende gebieden heen werkt. Is er tussen twee geleiders een wisselspanning, dan kan er in allebei een wisselstroom lopen. Een geleidende verbinding is in tegenstelling tot gelijkstroom niet nodig, omdat bij wisselstroom de elektrische lading in de geleider heen en weer beweegt en er in het centrum geen stroom vloeit. Dit fenomeen wordt capacitieve koppeling genoemd en treedt op tussen dicht bij elkaar liggende geleiders, bijv. kabels. Hoe hoger de frequentie is, des te beter kan de stroom worden overgedragen. Daarom kan de capacitieve koppeling bij de in de HF-chirurgie gebruikte frequenties, die aanzienlijk groter zijn dan de frequentie van het stroomnet (50 Hz), in versterkte mate optreden.

De spanning van het landelijke energievoorzieningsnetwerk ligt tussen de stroomvoerende leiding (fase) en de grond (aarde). Wanneer u de fase aanraakt, dan kan er een stroom door het lichaam de aarde in lopen. Om dit risico ingeval van een defect in het apparaat uit te sluiten, zijn metalen behuizingen altijd via de randaarde van het stopcontact direct verbonden met de aarde.

In het geval van HF-chirurgie moet worden vermeden dat de HF-stroom direct naar de aarde kan vloeien. Daarom is de hoog-frequentegenerator in het HF-chirurgieapparaat geïsoleerd van de aarde, zodat de stroomkring alleen kan worden gesloten door de tweede elektrode. Het valt echter niet te vermijden dat door capacitieve koppeling in het apparaat kleine stromen via de aarde kunnen vloeien. Deze stromen heten lekstromen en worden technisch zo veel mogelijk beperkt.

Instrumenten

De gebruiker van HF-chirurgie heeft een groot aantal instrumenten voor verschillende toepassingen tot zijn beschikking. In dit hoofdstuk vindt u een overzicht hiervan.

In principe zijn er snij- en coagulatie-instrumenten, en voor een deel ook mengvormen daarvan. Verder wordt er onderscheid gemaakt tussen instrumenten voor monopolaire en bipolaire toepassingen en voor APC. Daarnaast kunnen de instrumenten geclassificeerd worden naar hun toepassingsgebied. Instrumenten voor de open chirurgie bestaan in de regel uit een handgreep met elektrodeopzetstuk. Voor de minimaal invasieve chirurgie zijn instrumenten met een schacht nodig, die afhankelijk van de toepassing, bijv. laparoscopie of flexibele endoscopie, star of flexibel kunnen zijn. Tot slot zijn er van bovenstaande instrumenten zowel reusable als disposable varianten.



links monopolair en rechts bipolair snij-instrument

SNIJ-INSTRUMENTEN

01

Voor het snijden is een elektrode met een lijnvormige voorkant nodig. Typische vormen voor snijelektroden zijn daarom naalden, messen, draadlussen of haken. Ze zijn monopolair verkrijgbaar als elektrode-inzetstuk voor handgrepen, en mono- of bipolair als instrumenten met starre of flexibele schacht. Bipolaire snij-instrumenten hebben doorgaans een neutrale-elektrodering, die bij het snijden in contact moet worden gebracht met het weefsel. Daarnaast zijn er bipolaire scharen met twee elektroden. In afbeelding 01 zijn voorbeelden van monopolaire en bipolaire snij-instrumenten te zien.



02

Monopolaire bolectrode met groot contactvlak



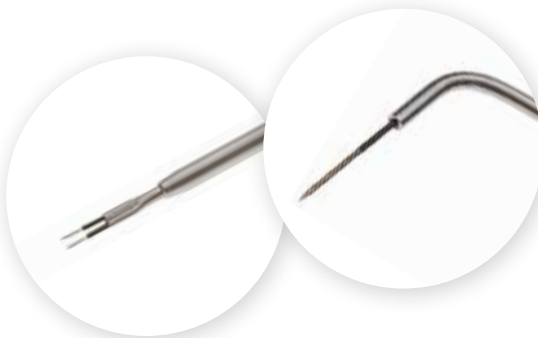
03

Bipolaire instrumenten voor de thermofusie.
Links: open chirurgisch. Rechts: laparoscopisch



05

Open chirurgische APC-handgreep
met opschroefbare applicator



04

Steek-coagulatie-elektroden
links: bipolair, rechts: monopolair



06

APC-sonde voor de flexibele endoscopie

COAGULATIE-INSTRUMENTEN

02,03,04

Voor de coagulerende bloedstelping, afsluiting van vaten en ablatie zijn er speciale instrumenten. Hemostase in de open chirurgie gebeurt in de regel monopolair via een instrument met een groot contactvlak zoals de bolectrode (afbeelding 02). Ook de vlakke zijde van een meselectrode kan hiervoor worden gebruikt.

Voor het afsluiten van vaten worden bipolaire pincetten en klemmen in de meest uiteenlopende vormen gebruikt (afbeelding 03). Voor weefsela-blatie door devitalisering worden monopolaire of bipolaire insteeknaalden gebruikt (afbeelding 04).

INSTRUMENTEN VOOR DE ARGONPLASMA-COAGULATIE

05,06

Met APC is bloedstelping en ablatie door devitalisering en verschrompeling mogelijk. APC-instrumenten bestaan uit een elektrode en een toevoer voor het argongas en zijn verkrijgbaar in vele uitvoeringen voor de verschillende toepassingsgebieden (afbeelding 05). Sinds de introductie ervan in de flexibele endoscopie (afbeelding 06) door Erbe is APC vooral daar wijdverbreid.

Toepassingen

De HF-chirurgie kent door de veelzijdigheid ervan een breed spectrum aan toepassingen, die zich uitstrekken van de algemene chirurgie via gastro-enterologie, gynaecologie, urologie, pneumologie en KNO tot aan de dermatologie en neurochirurgie. Een overzicht kan worden verkregen aan de hand van de karakteristieke eigenschappen en mogelijkheden van de HF-chirurgie:

- ☑ **Hemostatisch en zonder kracht snijden met stompe elektroden**
- ☑ **Hemostase aan zeer lokale en grotere bloedingen**
- ☑ **Doorbloed weefsel dicht "sealen" en zonder bloedverlies scheiden**
- ☑ **Weefsel devitaliseren en laten verschrompelen**
- ☑ **Weefsel dissectie**

Hierna vindt u typische toepassingen voor deze operatietechnieken. Gedetailleerdere informatie vindt u in de gebruikersbrochures. Veel fabrikanten bieden bovendien scholingen aan, waarbij deze technieken kunnen worden geleerd.

SNIJDEN EN HEMOSTASE

Snijden en hemostase zijn de klassieke taken van de HF-chirurgie. Deze effecten worden in alle disciplines toegepast. Voor hemostase wordt meestal contactcoagulatie of APC gebruikt. De contactloze APC heeft hierbij duidelijke voordelen voor wat betreft coagulatie resultaat en hanteerbaarheid, met name in de minimaal invasieve chirurgie.

WEEFSEL "SEALING"

Voor het afsluiten van doorbloede weefselstructuren en grotere bloedingen worden bipolaire pincetten, klemmen en tangen gebruikt. Typische toepassingen zijn in de viscerale chirurgie de mobilisatie van de darm en de lymfeklierdissectie, in de gynaecologie de mobilisatie van de uterus voor een resectie.

DEVITALISERING EN ABLATIE

De behandeling van tumoren, laesies en hyperplastisch weefsel door devitalisering en verschrompeling is een belangrijk toepassingsgebied van de HF-chirurgie. Het toepassingsgebied omvat o.a. de gastro-enterologie, de leverchirurgie, de KNO-chirurgie en de pneumologie. Gebruikt worden de contactcoagulatie met bol- of insteeknaald alsmede de APC, die zowel voor de oppervlakkige devitalisering als ook voor weefselreductie bijv. bij woekeringen in het gastro-intestinaal kanaal kan worden ingezet.

VERWIJDERING VAN WEEFSEL

Weefselverwijdering kan ook plaatsvinden door HF-chirurgie met een luselektrode. Deze techniek wordt bijvoorbeeld toegepast voor het verwijderen van darmpoliepen (poliepectomie). Het HF-chirurgieapparaat wisselt hier automatisch tussen snijden en contactcoagulatie om de kans op bloedingen te verkleinen. Een andere toepassing is de transuretrale resectie van de prostaat (TURP). Hier wordt met behulp van een monopolaire of bipolaire resectoscoop door middel van een lus onder spoeloplossing het te reduceren weefsel afgeschild. In de orthopedie is er een vergelijkbare procedure voor het gladmaken van kraakbeen.

Woordenlijst

Ablatie Verwijdering, reductie of ook vernietiging van weefsel

Actieve elektrode Het deel van het HF-chirurgisch instrument dat de HF-stroom op de plaats van het beoogde weefseffect overdraagt op het weefsel van de patiënt. Afkorting: AE

Argonplasma-coagulatie Monopolaire non-contactcoagulatie. Elektrisch geleidend argon (argonplasma) draagt de stroom door middel van vonken over op het weefsel. Afkorting: APC (voor Eng. Argon Plasma Coagulation)

Bipolaire HF-chirurgie HF-chirurgisch procedé, waarbij beide elektroden in één instrument zijn geïntegreerd

Blad Eén helft van de bek van een klem, schaar, tang of pincet

Capacitieve koppeling Contactloze overdracht van wisselstroom tussen twee elektrische geleiders, waartussen een elektrische wisselspanning heerst

Carbonisatie Verkoling van biologisch weefsel

Cauterisatie Methode voor het snijden en bloed stelpen door middel van verwarmde instrumenten. Eng. Cautery. Soms ten onrechte gebruikt als synoniem voor HF-chirurgie

Coagulatie 1. Denaturering van proteïnen. 2. HF-chirurgisch effect, waarbij eiwitten coaguleren en het weefsel verschrompelt

Crestfactor De verhouding van piekwaarde tot effectieve waarde van een stroom- of spanningscurve, maat voor de modulatiegraad van het signaal

Desiccatie Uitdroging van biologisch weefsel

Devitalisering Het doden van biologisch weefsel

Diathermie Synoniem voor HF-chirurgie

Effectieve waarde Kwadratisch gemiddelde (wortel uit de gemiddelde waarde van het kwadraat) van een grootte waarvan de tijd veranderbaar is (stroom, spanning). De effectieve waarde is met betrekking tot het ingebrachte vermogen de gelijkwerende waarde van een gelijkstroom resp. een gelijkspanning

Elektrochirurgie Synoniem voor HF-chirurgie

Elektrode Geleider die stroom overdraagt of ontvangt, bijv. actieve elektrode, neutrale elektrode

Elektrotomie HF-chirurgisch snijden

Endogeen Van binnen

Energie Vermogen maal tijd. Er zijn verschillende energievormen, bijv. elektrische arbeid, mechanische arbeid en warmte. Eenheid: Joule (J)

Exogeen Van buiten

Frequentie Aantal perioden per seconde, waarin bijv. de stroomrichting tweemaal verandert. Eenheid: Hertz (Hz). 1 kHz = 1000 Hz

Fulguratie Non-contactcoagulatie met vonkoverslagen in lucht

Hemostase Bloedstelping

HF-chirurgie Toepassing van hoogfrequente elektrische stroom op biologisch weefsel met als doel een chirurgisch effect door verwarming. Synoniemen: elektrochirurgie, diathermie, radiofrequentie-chirurgie, Eng. RF Surgery

Hoogfrequentegenerator Apparaat of deel van een apparaat, dat een gelijkstroom of laagfrequente wisselstroom omzet in een hoogfrequente HF-chirurgische stroom

Hoogfrequentie In de zin van HF-chirurgie (norm IEC 60601-2-2) frequentie van ten minste 200 kHz. Afkorting: HF, Engels ook Radiofrequency (RF)

Hyperthermie Verwarming van weefsel tot boven de normale temperatuur

Laesie Een beschadiging, verwonding of verstoring van een anatomische structuur of fysiologische functie

Modulatie Tijdsverandering van de piekwaarde van een qua tijd veranderbaar signaal (stroom, spanning)

Monopolaire HF-chirurgie HF-chirurgisch procedé, waarbij de actieve elektrode op de operatieplaats wordt ingezet en de stroomkring door middel van een neutrale elektrode wordt gesloten

Necrose Pathologische celdood

Neutrale elektrode Geleidend oppervlak, dat tijdens een monopolaire toepassing op de patiënt wordt bevestigd om de HF-stroom weer op te nemen. Het leidt de stroom terug naar het HF-chirurgieapparaat om de stroomkring te sluiten. Afkorting: NE. Synoniemen: dispersieve elektrode, Eng. patient plate, return electrode

Oedeem Waterophoping in het weefsel

Piekwaarde Maximale waarde van een qua tijd veranderbare grootte (stroom, spanning) van nul (0) uitgaande in positieve of negatieve richting

Plasma Door ionisatie elektrisch geleidend gas

Radiofrequentie-chirurgie Synoniem voor HF-chirurgie. Afkorting Eng. RF Surgery

Snijden HF-chirurgisch effect, waarbij de intracellulaire vloeistof op explosieve wijze verdampt en de celwanden barsten

Snijkwaliteit De gesteldheid van de snede, met name de mate van coagulatie aan de snijrand. De gewenste snijkwaliteit is afhankelijk van de toepassing

Spanning Energie voor het scheiden van lading, betrokken op de hoeveelheid lading. Eenheid: Volt (V)

Stroom Elektrische hoeveelheid lading, die binnen een seconde voorbij een bepaald punt beweegt. Eenheid: Ampère (A)

Stroomdichtheid Stroomhoeveelheid per doorsneeoppervlak. Hoe groter de stroomdichtheid, des te groter is de geproduceerde warmte

Thermofusie Versmelting van weefsel door coagulatie en compressie

Vaporisatie Verdamping van weefsel

Verbranding onder neutrale elektrode Huidverbranding als gevolg van te hoge warmteontwikkeling door overmatige stroomdichtheid onder of bij de neutrale elektrode

Vermogen Energie per seconde. Het elektrische vermogen is het product van stroom en spanning. Eenheid: Watt (W)

Vonk Lichtboog van korte duur

Vonken Elektrische ontlading in de vorm van een piepkleine bliksemflits. Hierbij wordt een gas, bijv. lucht of argon, door ionenvorming tot een elektrisch geleidend plasma. Lichtbogen zijn met name nodig bij snijprocessen en APC

Weerstand Beschrijft het elektrische geleidend vermogen van een materiaal. Hoe groter het geleidend vermogen, des te geringer de weerstand. De weerstand van een geleider is het product van de materiaalafhankelijke specifieke weerstand en de lengte, gedeeld door het doorsneeoppervlak. Eenheid: Ohm (Ω)

Wisselspanning Spanning, waarvan de polariteit regelmatig verandert

Wisselstroom Stroom, waarvan de richting regelmatig verandert



Erbe Nederland B.V.
Velsenstraat 10
4251 LJ Werkendam
Nederland
Tel +31 183 509-755
Fax +31 183 500-770
klantenservice@erbe.nl
erbe-nederland.com

Erbe Belgium Bvba/Sprl
Horizon Park – Gebouw 7
Leuvensesteenweg 510
1930 Zaventem
Tel +32 2 254886-0
Fax +32 2 254886-9
info@erbe-belgium.com
erbe-belgium.com

Erbe Elektromedizin GmbH
Waldhoernlestrasse 17
72072 Tuebingen
Duitsland
Tel +49 7071 755-0
Fax +49 7071 755-179
info@erbe-med.com
erbe-med.com