



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS

Medicina

Klinikinės medicinos instituto
Gastroenterologijos, nefrourologijos ir chirurgijos klinika

Renatas Kedikas VI kursas, 7 grupė

VIENTISŲJŲ STUDIJŲ MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Vaikų nudegimų diagnostika ir gydymas. Literatūros apžvalga

Diagnosis and Treatment of Pediatric Burns. Literature Review

Darbo vadovas

prof. Gilvydas Verkauskas

Klinikos vadovas

prof. Kęstutis Strupas

Konsultantas

gyd. Vidas Misevičius

Vilnius, 2025.

Studento elektroninio pašto adresas: renatas.kedikas@mf.stud.vu.lt

TURINYS

1.	SANTRUMPOS.....	3
2.	SANTRAUKA.....	4
3.	SUMMARY	5
4.	ĮVADAS.....	6
5.	LITERATŪROS ŠALTINIŲ ATRANKA.....	7
6.	LITERATŪROS APŽVALGA.....	8
6.1.	NUDEGIMŲ DIAGNOSTIKA	8
6.1.1.	Pradinis nudegimų įvertinimas.....	8
6.1.2.	Nudegimų gylio įvertinimas.....	10
6.1.3.	Inhaliacinio sužalojimo įvertinimas.....	13
6.2.	NUDEGIMŲ GYDYMAS	15
6.2.1.	Skysčių terapija	15
6.2.2.	Monitoringas	19
6.2.3.	Neatidėliotina chirurginė intervencija	23
6.2.4.	Negyvybingų audinių ekscizija	25
6.2.5.	Odos persodinimas	27
6.2.6.	Žaizdų gijimas ir priežiūra.....	30
7.	APTARIMAS.....	38
7.1.	NUDEGIMŲ DIAGNOSTIKOS APTARIMAS	38
7.2.	NUDEGIMŲ GYDYMO APTARIMAS	39
8.	IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	42
9.	LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	43
10.	PRIEDAI.....	46

1. SANTRUMPOS

CO – anglies monoksidas

BNKPP – bendras nudegusio kūno paviršiaus plotas

GVT – giliųjų venų trombozė

ŠPK – šlapimo pūslės kateteris

GM-KSF – granulocitų-makrofagų kolonijas stimuliuojantis faktorius (*rhGM-CSF*)

NSŽT – neigiamo slėgio žaizdų terapija

2. SANTRAUKA

Darbo pavadinimas. Vaikų nudegimų diagnostika ir gydymas. Literatūros apžvalga

Darbo autorius. Renatas Kedikas

Darbo vadovas. Prof. dr. Gilvydas Verkauskas

Darbo tikslas. Išanalizuoti vaikų nudegimų diagnostikos ir gydymo metodus, naujausios mokslinės literatūros kontekste.

Darbo metodika. 2024 – 2025 metais atlikta mokslinės literatūros apžvalga naudojant įrodymais pagrįstos medicinos šaltinius „PubMed“, „Google Scholar“, „Elsevier“. Paieškai naudoti reikšminių žodžių deriniai: „Pediatric burns“, „Burn injury“, „Pediatric resuscitation“, „Wound healing“, „Wound imaging“. Atrinkti ir išanalizuoti 53 straipsniai.

Rezultatai. Literatūros apžvalgoje buvo įtraukta 53 anglų kalba parašytos publikacijos, paskelbtos per paskutinius dešimt metų. Analizė rodo, kad šiuolaikinės technologijos, tokios kaip lazerinis doplerinis vaizdavimas ir 3D biospausdinimas, reikšmingai pagerina vaikų nudegimų diagnostikos ir gydymo efektyvumą. Išmaniosios technologijos padeda tiksliau nustatyti nudegimų plotą ir gylį, kas užtikrina greitesnį ir tikslesnį klinikinių sprendimų priėmimą. Be to, išsamiai aptariami skysčių terapijos metodai, skausmo valdymas bei pažangūs chirurginiai gydymo būdai, tokie kaip hidrochirurgija ir fermentinis gydymas.

Išvados. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad naujausių technologijų taikymas vaikų nudegimų diagnostikoje ir gydyme gali reikšmingai pagerinti gydymo efektyvumą bei pacientų gyvenimo kokybę. Pažangūs metodai, tokie kaip doplerinis ultragarsas, lazerinis doplerinis vaizdavimas, 3D biospausdinimo technologijos ir inovatyvios chirurginės technikos, gali prisidėti prie geresnės gydymo kokybės. Tačiau šie metodai reikalauja detalesnių klinikinių tyrimų. Be to, būtina atnaujinti nacionalines gaires, įtraukiant naujausius moksliskai pagrįstus metodus, siekiant užtikrinti aukščiausius gydymo standartus.

Raktažodžiai. Vaikų nudegimai, nudegimo trauma, vaikų gaivinimas, žaizdų priežiūra, žaizdų vaizdavimas

3. SUMMARY

Title. Diagnosis and treatment of pediatric burns. Literature review

Author. Renatas Kedikas

Supervisor. Prof. dr. Gilvydas Verkauskas

Aim of the study. To analyze the methods of diagnosis and treatment of pediatric burns in the context of the latest scientific literature.

Methods and materials. A review of the scientific literature between 2024 and 2025 using evidence-based medicine sources „PubMed“, „Google Scholar“, „Elsevier“. Searches were based on the following keyword combinations: „Pediatric burns“, „Burn injury“, „Pediatric resuscitation“, „Wound healing“, „Wound imaging“. 53 articles were selected for analysis.

Results. The literature review included 53 English language publications published in the last ten years. The analysis shows that modern technologies such as laser Doppler imaging and 3D bioprinting significantly improve the efficiency of burn diagnosis and treatment in children. Intelligent technologies allow for more accurate determination of burn area and depth, leading to faster and more accurate clinical decision-making. In addition, fluid therapy techniques, pain management, and advanced surgical treatments such as hydrosurgery and enzyme therapy are discussed in detail.

Conclusions. A review of the literature shows that the use of the latest technologies in the diagnosis and treatment of pediatric burns can significantly improve treatment efficacy and quality of life for patients. Advanced techniques such as Doppler ultrasound, laser Doppler imaging, 3D bioprinting technologies, and innovative surgical techniques may contribute to improved quality of care. However, these approaches require more detailed clinical studies. In addition, national guidelines need to be updated to incorporate the latest science-based techniques to ensure the highest standards of care.

Keywords: Pediatric burns; burn injury; pediatric resuscitation; wound healing; wound imaging

4. ĮVADAS

Per pastaruosius dešimtmečius vaikų nudegimų priežiūra, gydymas ir išgyvenamumas po nudegimų pagerėjo (1). Tačiau vaikų nudegimai išlieka viena iš pagrindinių vaikų sužalojimų ir mirtingumo priežastimi (2). Sužalojimo mechanizmas, poveikio trukmė, nudegimų gylis ir apimtis, vaiko amžius ir bendra savijauta yra svarbūs ligos sunkumą lemiantys veiksniai (3). Adekvati skysčių terapija, tinkama žaizdų priežiūra, ankstyva chirurginė intervencija, adekvati mityba, odos pakaitalų taikymas, antibiotikų terapija lemia geresnius nudegimų gydymo rezultatus (1,4). Pagrindini vaikų nudegimų gydymo tikslas yra ne tik išsaugoti paciento gyvybę, bet ir integruoti pacientus į kasdienį gyvenimą, atsižvelgiant į funkcinius ir kosmetinius aspektus (1).

Literatūros apžvalga atskleidžia, kad naujausi metodai, tokie kaip išmaniosios programėlės, 3D biospausdinimo technologijos, pažangios chirurginės technikos bei virtualios skausmo mažinimo priemonės, turi didelį potencialą reikšmingai pagerinti gydymo efektyvumą ir pacientų išgyvenamumo prognozes (1,5–10). Nors lietuviškos vaikų nudegimų gydymo gairės jau atitinka daugelį naujausių literatūroje aprašytų gydymo metodų, svarbu apsvarstyti galimybę jas papildyti šiame straipsnyje apžvelgtomis naujovėmis, kurios dar nėra įtrauktos į šias gaires, tačiau yra moksliskai pagrįstos ir perspektyvios. Nepaisant sparčios mokslo pažangos, daugelis šių inovatyvių sprendimų dar nėra plačiai įdiegtos klinikinėje praktikoje, nes jų veiksmingumas dar nėra patvirtintas išsamiais klinikiniais tyrimais. Dėl to būtina atlikti tolesnius mokslinius tyrimus, kad šios naujovės galėtų būti pagrįstai integruotos į nacionalines gydymo gaires.

Šio darbo tikslas - išanalizuoti vaikų nudegimų diagnostikos ir gydymo metodus, naujausios mokslinės literatūros kontekste.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti 2014 metų – 2024 metų mokslinę literatūrą.
2. Išanalizuoti vaikų nudegimų naujausius diagnostikos metodus.
3. Aptarti šiuo metu naudojamų diagnostikos ir gydymo gairių tobulinimo galimybes.

5. LITERATŪROS ŠALTINIŲ ATRANKA

Literatūros apžvalga buvo atlikta nuo 2024 metų balandžio iki 2025 metų kovo mėnesio. Paieškos metu buvo siekiama surasti mokslinius straipsnius, susijusius su vaikų nudegimais, kurie buvo parašyti užsienyje. Straipsniai buvo ieškomi „PubMed“, „Google Scholar“ ir „Elsevier“ medicinos duomenų bazėse, naudojant tokius raktinius paieškos žodžius kaip “Pediatric burns”, “Burn injury”, “Pediatric resuscitation”, “Wound healing”, “Wound imaging” ir jų derinius, apimant 2014 – 2024 metų laikotarpį. Paieškų rezultatai buvo peržvelgti rankiniu būdu.

Įtraukimo kriterijai: straipsniai turėjo būti parašyti anglų arba lietuvių kalba, pilno teksto moksliniai straipsniai. Atmetimo kriterijai: straipsniai, parašyti ne anglų arba ne lietuvių kalbomis; straipsniai be viso teksto prieigos; straipsniai, nagrinėjantys nudegimus suaugusiųjų populiacijoje; klinikinių atvejų aprašymai, konferencijų tezės; laiškai redaktoriams.

Po kruopštaus straipsnių pavadinimų ir santraukų vertinimo į literatūros apžvalgą buvo įtraukta 53 anglų kalba parašytos publikacijos, kurios buvo paskelbtos nuo 2014 metų. Atrinkti šaltiniai, kuriuose nagrinėjama vaikų nudegimų diagnostika ir gydymas, neįtraukiant vaikų reabilitacijos ir randų gydymo temų. Į šią apžvalgą įtraukti šie tyrimų tipai:

- 19 atsitiktinių imčių klinikinių tyrimų,
- 14 literatūros apžvalgų,
- 8 sisteminės literatūros apžvalgos,
- 8 praktinės gairės,
- 2 lyginamosios studijos,
- 1 kohortinė studija,
- 1 eksperimentinis tyrimas.

6. LITERATŪROS APŽVALGA

6.1. NUDEGIMŲ DIAGNOSTIKA

6.1.1. Pradinis nudegimų įvertinimas

Pradinio gydymo metu svarbu įvertinti nudegimo dydį ir gylį, nes nuo to priklausys skysčių skyrimas bei tolimesnė priežiūra. Nudegimo gylis nustatomas pagal odos sluoksnių – epidermio ir dermos – pažeidimus (11). Vertinant nudegimo gylį ir plotą, eritema neįtraukiama (11). Nudegimai apibrėžiami kaip organiniai audinių pažeidimai, atsiradę dėl terminio, elektros, radioaktyvumo ar cheminio poveikio (12,13). Sužalojimo mechanizmas, poveikio trukmė, nudegimų gylis ir apimtis, vaiko amžius bei bendra būklė yra svarbūs veiksniai, nuo kurių priklausys paciento hospitalizacijos trukmė (3,14). Nudegimo sunkumas vertinamas pagal gylį ir bendrą nudegusio kūno paviršiaus plotą (BNKPP) (13). Nudegimų sužalojimo gylis ir BNKPP padeda nustatyti sužalotų audinių gijimo prognozę ir leidžia parinkti tinkamą gydymo strategiją (8,15). Nudegimai skirstomi į paviršinius, dalinius arba viso storio, atsižvelgiant į BNKPP, gylį ir vietą (13).

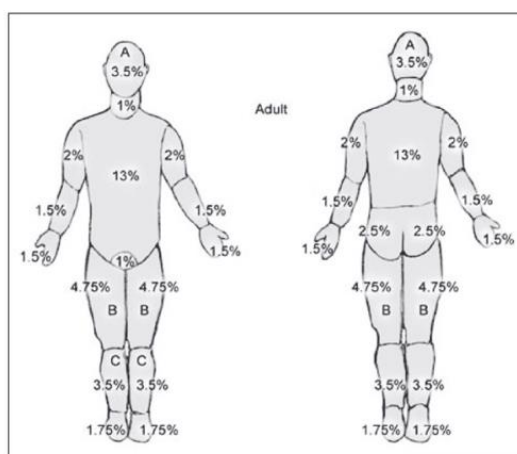
Lengvas pažeidimas, vadinamas pirmojo laipsnio nudegimu, pasižymi įvairaus laipsnio eritema, pažeidžia tik paviršinius odos sluoksnius be pūslių ar žaizdų (3,15). Dažniausiai pirmo laipsnio paviršiniams nudegimams medicininės pagalbos nereikia (3). Paviršinius nudegimus reikia gydyti vietiškai tepant emolientus ir saugoti nuo saulės spinduliuotės (16). Dalinis storio pažeidimas arba antrojo laipsnio nudegimas, pasižymintis pūslėmis, pasiekia gilesnius odos sluoksnius ir apima visą epidermį ir dermą (3). Esant daliniam nudegimui, pažeistos odos spalva būna rausva arba raudona (15). Dalinį odos storio sužalojimą galima suskirstyti į dvi grupes pagal pažeistą dermos sluoksnį (3). II A laipsnio nudegimas pažeidžia papildinę dermos dalį, o II B laipsnio nudegimas pažeidžia papildinę ir tinklinę dermos dalis (3,8). Taip pat nudegimai gali būti mišrūs – II A kartu su II B nudegimu (3). Daliniai antrojo laipsnio nudegimai būna skausmingi dėl veikiamų ir stimuliuojamų jautrių nervų galūnėlių dermos sluoksnyje (15). Trečiojo laipsnio nudegimai, pasižymintys plačiu, baltos spalvos pažeistu sluoksniu, apima visus odos sluoksnius ir poodinį sluoksnį (3,15). Viso storio nudegimai nėra tokie skausmingi kaip paviršiniai ar daliniai nudegimai dėl jutiminių nervų pažeidimo (8,15). Pirmo, antro ir trečio laipsnio nudegimai pavaizduoti 1 pav. (15).



1 pav. Pirmo (A), antro (B) ir trečio (C) nudegimų laipsniai (15).

Ketvirtojo laipsnio nudegimai apima kaulus, pažeistos vietos būna juodos, apanglėjusios. Tokio pobūdžio sužalojimams reikia sudėtingų chirurginių intervencijų (3). Nudegimai sukelia odos sluoksnių ir po oda esančių audinių koaguliacinę nekrozę. Pažeidimo sunkumo laipsnį lemia nudegimą sukeliančio dirgiklio perteikiama energija, temperatūra ir odos su nudegimą sukeliančiu dirgikliu kontakto trukmė (17).

Apskaičiuojant BNKPP yra įtraukiami dalinio storio ir visos odos storio nudegimai (2). Paviršiniai, pirmojo laipsnio, nudegimai yra neįtraukiami apskaičiuojant bendrą nudegusį paviršiaus odos plotą (1). Nudegimo paveiktas BNKPP yra vertinamas naudojant Lund ir Browder nudegimų schemą, kuri nurodo kūno paviršiaus procentinę dalį ir kinta priklausomai nuo vaiko amžiaus (11,15). Lund ir Browder nudegimų schema pavaizduota 2 pav.



Age (years)	0 – 1	1-4	5-9	10-14	15
A – ½ of head	9.5%	8.5%	6.5%	5.5%	4.5%
B – ½ of one thigh	2.75%	3.25%	4%	4.25%	4.55%
C – ½ of one leg	2.5%	2.5%	2.75%	3%	3.75%

2 pav. Lund ir Browder schema (2).

Teigiama, jog paciento delnas su pirštais sudaro jo paties 1 % kūno paviršiaus plotą (11,15). Iš Lund ir Browder nudegimų lentelės yra išvesta „devyneto taisyklė“, kuri naudojama greitam pacientų nudegimo ploto įvertinimui (4). Greitas įvertinimas gydytojams padeda nuspręsti, ar reikia perkelti pacientus į specializuotą nudegimų centrą (4). Ši nudegimo vertinimo skalė „devyneto taisyklė“ yra naudinga suaugusiems ir paaugliams (4). Tačiau jaunesniems nei 15 metų vaikams ši skalė atspindi netikslų BNKPP (4). Standartiniai suaugusiųjų kūno paviršiaus ploto ir svorio santykiai vaikams netaikomi, nes kūdikiai turi didesnę galvos paviršiaus plotą ir mažesnę galūnių plotą nei suaugusieji (4).

Taip pat yra Baux balo nudegimų vertinimo sistema, kuri parodo prognozuojamą paciento mirtingumą po sukeltos nudegimų traumos (11). Baux vertinimo formulėje paciento amžius pridedamas prie BNKPP (11). Ši vertinimo skalė išpopuliarėjo 1960 m. Bendras 100 balų skaičius reikštų 100 % prognozuojamą mirtingumą (11). Daugelis medicininių centrų naudoja modifikuotą Baux balo skalę, į kurią yra įtrauktas inhaliacinis sužalojimas. Jei pacientui dėl nudegimo pasireiškė kvėpavimo takų pažeidimas, prie galutinio balo (amžius + BNKPP) pridedame 17 %. Su modifikuota Baux vertinimo skale yra tiksliau prognozuojamas mirtingumas (11). Nustatant pradinį nudegimo paveiktą paviršiaus plotą iškyla problema. Esamo nudegimo plotas dažnai būna pervertinamas, ypač vaikams. Išmaniųjų telefonų technologijos gali padėti įvertinti nudegimų plotą (11). Dabartiniai išmanieji telefonai, turintys didelės skiriamosios gebos kamerą, atlieka svarbų vaidmenį vertinant žaizdos dydį ir dokumentavimą (18). Technologijų naujovių taikymas diagnostikoje, gydymo metu pagerina pacientų išgyvenamumą, priežiūros kokybę ir ligų prevenciją (5). Šiuo metu yra daug komerciškai prieinamų programėlių, skirtų automatiškai apskaičiuoti žaizdos plotą remiantis pateiktomis paciento nudegimo vietų nuotraukomis ar jų pavaizdavimu programėlėje (18). Tokios programėlės kaip „E-Kare“ ir „Silhouette“ suteikia galimybę fotografuoti žaizdas (18). Programėlėje „Mersey Burns“ įvedame paciento amžių, svorį ir programėlėje nuspalviname ant žmogaus figūros esamus paciento nudegimo plotus. Pagal šiuos rodiklius programėlė nurodo nudegimų dalį procentais ir atlieka skysčių terapijos skaičiavimus (11). Kitos išmaniųjų telefonų programėlės, padedančios įvertinti nudegimo plotą, yra „Burn Case 3D“ arba „Rapid Burn Assessor“ (1). Programėlės naudojimas skubios pagalbos skyriuje gali padėti sutrumpinti paciento nudegimų vertinimo laiką bei palengvinti paciento apžiūrą ne nudegimo gydymo specialistams (11).

6.1.2. Nudegimų gylio įvertinimas

Ankstyvas nudegimų gylio nustatymas yra kliniškai reikšmingas, nes kuo anksčiau žinant nudegimų gylį, galima taikyti ankstyvą chirurginį odos nudegimų gydymą, kuris lemia geresnius klinikinius gijimo rezultatus, sumažina hipertrofinių randų formavimąsi (19). Nudegimo gylis

tiesiogiai siejamas su galutine paciento, patyrusio nudegimą, prognoze (20). Tačiau gydytojams sunku nustatyti nudegimų gylį (21). Nudegimo gylis paprastai vertinamas tiriant kapiliarų prisipildymo laiką, jautrumą ir žaizdos išvaizdą (19). Dabartinėje klinikinėje praktikoje žaizdos dažniausiai vertinamos remiantis gydytojų atliekamu vizualiu vertinimu (18). Tačiau nudegimų ekspertai nudegimų gylį įvertina tik 64–76 % tikslumu (1). Tiriant kapiliarų prisipildymo laiką, atliekant vizualinį žaizdos vertinimą dažniausiai nustatyti nudegimo žaizdos gylis nepavyksta (21). Sen teigia, jog vizualus žaizdų vertinimas yra pasenęs auksinis standartas, kuris ateityje turėtų kisti kartu su tobulėjančiomis technologijomis (18). Dabartinis auksinis standartas tikslaus nudegimo gylis įvertinimo remiasi invaziniais histologiniais metodais, kuriuos norint atlikti reikia paimti nudegimo srityje audinių biopsiją (20). Tačiau didelis žaizdos biopsijų skaičius yra papildoma trauma, kuri apsunkina žaizdų gijimą. Punkcinė biopsija yra invazinė procedūra, pasižyminti skausmingumu, aukšta procedūros kaina (20). Šios procedūros negalima praktiškai naudoti didelio ploto žaizdose, kur nudegimo gylis gali skirtis bendrame plote. Šiuo metu nudegimo sričių biopsija naudojama tik mokslinių tyrimų tikslais (20). Klinikiniuose nudegimų tyrimuose vis dažniau naudojamos vaizdo priemonių technologijos, kurios padeda geriau suprasti ir kiekybiškai įvertinti fiziologinius pokyčius, susijusius su nudegimo žaizdomis (18). Dabartiniai vaizdavimo būdai suteikia galimybę nuodugniau įvertinti žaizdą, aplinkinius audinius, perfuziją (18). Nudegimo gyliui įvertinti galimi naudojimo metodai: radioaktyvieji izotopai, nefluorescenciniai dažai, fluorescenciniai dažai, termografija, fotometrija, skystųjų kristalų sluoksnis, branduolinis magnetinis rezonansas, branduolinis vaizdavimas, pulsinis-echo ultragarsas, doplerio ultragarsas, lazerinis doplerio vaizdavimas (1). Pabrėžiama, jog nefluorescencinių dažų, termografija, fotometrija, branduolinis magnetinis rezonansas šiuo metu nėra taikomi klinikinėje praktikoje (1). Vaikų nudegimų diagnostikoje svarbiausias neinvazinis diagnostikos metodas yra doplerio ultragarsas ir lazerinis doplerio skenavimas (1). Ultragarso doplerio skenavimas naudoja aukšto dažnio garso bangas odos audinių vaizdams generuoti, todėl galima vizualizuoti struktūras iki kelių centimetrų gylis (18). Ultragarso doplerio skenavimo diagnostinė vertė priklauso nuo tyrimą atliekančio gydytojo profesinių įgūdžių ir patirties (1). Lazerinis doplerio skenavimas tampa naujuoju standartu nudegimo gylis nustatymo vertinime (22). Mažai mokslinių darbų atlikta apie naujų technologijų naudojimą ir stebėjimą nudegimo žaizdų progresavime ir gijimo vertinime (22). Šiuo metu lazerinis doplerio vaizdinimas yra vienas labiausiai įrodymais pagrįstų ir objektyvių metodų įprastinėje nudegimų priežiūroje, skirtas nudegimo žaizdų kraujotakos įvertinimui ir su ja susijusio gijimo prognozei nustatyti (20). Mirdell teigia, jog atliko tyrimą, kuriame buvo tiriama vyresniųjų chirurgų klinikinio vertinimo tikslumo palyginimas su lazerinio doplerio įvertinimo tikslumu. Chirurgų tikslumas svyravo nuo 40,6 % iki 61,5 %, o lazerinio doplerio nudegimo įvertinimas buvo pasiektas 54–95 % tikslumu (19). Nudegimo gylis nustatymas pagal lazerinio

doplerio vaizdavimo metodą iki šiol yra vienintelis patvirtintas žaizdos reepitelizacijos prognozavimo ir nudegimo žaizdos gylio perfuzijos įvertinimo būdas (10). Lazerinis doplerio vaizdavimo būdas yra greitas, nereikalaujantis tiesioginio kontakto su žaizdomis. Šio diagnostinio įrankio tikslumas siekia 96 % (20). Tačiau tik nedidelė dalis gydymo įstaigų pasaulyje praktiškai naudoja lazerinio doplerio vaizdavimą. Prietaiso kaina siekia 84 000 JAV dolerių, brangi kaina gali būti priežastis, kodėl gydymo įstaigos neturi įsigijusios šio aparato (20). Nurodoma, jog lazerinį doplerio aparatą galima naudoti ir operacijos metu. Ši neinvazinė intervencija gali padėti įvertinti tikslus odos plotus, kurie yra negyvybingi ir privalo būti eksizuojami (21). Atliekant lazerinio doplerio skenavimą, svarbu parinkti tinkamą atstumą iki žaizdos. Tačiau tyrimo tikslumui gali turėti įtakos žaizdos užterštumas, audinių edema ar paciento šoko būklė (1).

Operacijos metu įvertinti audinių perfuziją gali padėti fluorescencinė kraujagyslių angiografija su fluorescenciniu indocianino žaliajo dažikliu. Taikydami šį metodą chirurgai gali vizualiai įvertinti ir objektyviai analizuoti žaizdos perfuziją operacijos metu (18). Kitas būdas galintis padėti nudegimų žaizdų diagnostikoje yra lazerinis taškinis vaizdavimas, kuris panašus į lazerinio doplerio vaizdavimo metodą. Lazerinio taškinio vaizdavimo būdu matuojami statinio taškinio vaizdo svyravimai audinio paviršiuje, kurie yra generuojami į kraujo tėkmės vaizdus (20,22). Lazerinio taškinio kontrasto vaizdavimas, panašiai kaip ir lazerinio doplerio aparatas, sudaro spalvotą tiriamosios srities žemėlapių nuo tamsiai mėlynos iki žalios, geltonos ir raudonos spalvos, rodančios atitinkamai žemos ir aukštos perfuzijos sritis (19). Šis lazerinis taškinis kontrastinis vaizdavimo būdas yra perspektyvus vertinant nudegimus susijusius su karštais skysčiais (21). Mažesnės žaizdų perfuzijos reikšmės, išmatuotos lazeriniu taškinio kontrasto vaizdavimu, yra susijusios su ilgesniu žaizdų gijimu ir ilgesniu priežiūros laikotarpiu (21). Esant mažiems perfuzijos rodikliams, galima anksčiau nustatyti nudegimus, kuriems būtinas operacinis gydymas (21). Elmasry nurodo, kad perfuzija, išmatuota lazeriniu dopleriniu vaizdavimu ir lazeriniu kontrastiniu vaizdavimu 3-4 dieną po sužalojimo, gali padėti įvertinti nudegimo gylį ir anksti nustatyti sritis, kurioms būtų naudinga negyvybingų audinių ekscizija ir odos transplantacija (21). Mirdell teigia, kad ankstyvojo nudegimo įvertinimo tikslumas gali būti didesnis, kai diagnostikoje padeda lazerinio taškinio kontrasto vaizdavimas (19). Tačiau lazerinio taškinio kontrasto vaizdavimo naudojimo nudegimo gyliui įvertinti mokslinių įrodymų yra nedaug. Reikia techninių patobulinimų ir mokslinio patvirtinimo, kad jį būtų galima pritaikyti vaikų nudegimų diagnostikoje ir gydyme (20). Lazerinio taškinio kontrasto vaizdavimo naudojimo technologijos teikia daug vilčių, tačiau visas jų potencialas vertinant nudegimo žaizdas gydyme dar nežinomas (2).

6.1.3. Inhaliacinio sužalojimo įvertinimas

Pacientams, atsidūrusiems uždaruose gaisruose, gresia pavojus įkvėpti dūmų (2). Dūmų įkvėpimas vaikams gali lemti sujaudinimą ir sumišimą. Simptomai: stridoras, švokštimas, dusulys ar švokštimas, kurie padeda įtarti kvėpavimo takų pažeidimus (2). Esant inhaliaciniam pažeidimui, krūtinės ląstos rentgenograma paprastai būna normali, o deguonies įsotinimas, nustatomas pulsoksimetrijos metodu, iš pradžių būna nepakitęs, todėl nėra naudingas nustatant inhaliacinę traumą (2). Esant padidėjusiam karboksihemaglobinui, pulsoksimetrijos rodikliai bus klaidingai normalūs, nes pulsoksimetras karboksihemoglobina nuskaito kaip oksihemoglobina (4). Normali oksigenacija ar normalus krūtinės ląstos rentgenogramos vaizdas nepaneigia inhaliacinio sužalojimo (16). Įtariant inhaliacinį sužalojimą, skiriamas šimtaprocentinis deguonis ir nustatomi arterinio kraujo dujų bei karboksihemoglobino kiekiai (4).

Vaikai, kurie kartu su nudegimais patiria inhaliacinius sužalojimus, mirtingumas padidėja 15 % (2). Ankstyvas inhaliacinio sužalojimo gydymas yra labai svarbus siekiant sumažinti ilgalaikį pacientų sergamumą (2). Vaikų, patyrusių izoliuotus terminius nudegimus, mirtingumas yra 1–2 %, tačiau esant inhaliaciniam sužalojimui jis padidėja iki maždaug 40 % (4). Inhaliacinis sužalojimas yra susijęs su ilgesniu buvimu ligoninėje ir didesne pneumonijos rizika (4). 20–30 % pacientų, patyrusių didelio laipsnio nudegimus, turi susijusią inhaliacinę traumą (2). Gaisro metu yra įkvėpiami dūmai, kurie sudaryti iš dujų ir dalelių, nusėdančių viršutiniuose kvėpavimo takuose, sukeliančių trachėjos ir bronchų gleivinės pažeidimus, o plaučių parenchimoje nusėda fibrinas, dėl kurio gali išsivystyti atelaktazė (2). Įkvėpus dūmų, išsiskiria tromboksanas, kuris didina plaučių arterinį spaudimą ir skatina išskirti chemotaksinius faktorius bei citokinus, tokius kaip TNF-alfa ir IL-6 (2). Į plaučius patenka baltymų pripildytas skystis, kuris suardo endotelio jungtis ir išsivysto plaučių edema, surfaktanto disfunkcija, eksudatas ir progresuojantis ląstelių pažeidimas (2). Taip pat dėl terminio pažeidimo kvėpavimo takuose gali atsirasti kvėpavimo takų eritema, išopėjimas ir edema (2). Inhaliaciniam sužalojimui patvirtinti galime naudoti įvairius pagalbinius metodus: karboksihemoglobino matavimus, krūtinės ląstos kompiuterinę tomografiją, plaučių funkcinius tyrimus ir ksenono ventiliacijos perfuzijos skenavimą (2). Naudingiausias pagalbinis prietaisas įtariant inhaliacinę traumą – fibrobronchoskopija. Fibrobronchoskopija leidžia įvertinti inhaliacinio sužalojimo sunkumą, prognozuoti ūminį plaučių sužalojimą, nustatyti reanimacijos poreikį ir bendrą mirtingumo riziką (2). Sutrumpintas sužalojimo balas (angl. *Abbreviated Injury Score*) klasifikavimo scheme inhaliacinius sužalojimus skirsto į 5 kategorijas, remdamasis fibrobronchoskopo vaizdo duomenimis (2). Žiūrėti 1 lentelę.

1 lentelė. Inhaliacinio sužalojimo klasifikacija (2).

Laipsnis	Pažeidimo lygis	Apibūdinimas
0	Nėra	Anglinių nuosėdų, eritemos, edemos, bronchorėjos ar obstrukcijos nebuvimas
1	Lengvas	Nedideli ar nevienodi eritemos plotai, anglies nuosėdos proksimaliniuose ar distaliniuose bronchuose
2	Vidutinis	Vidutinio sunkumo eritema, anglies nuosėdos, bronchorėja ar bronchų obstrukcija
3	Sunkus	Sunkus uždegimas su audinių trapumu, gausios anglies nuosėdos, bronchorėja ar obstrukcija
4	Masyvus	Gleivinės nusilupimas, nekrozės ar obliteracijos požymiai

Įvertinus kvėpavimo takų pažeidimus bronchoskopijos metu, ankstyvąją gydymo taktiką siekiama sumažinti bronchų spazmą ir užtikrinti kvėpavimo takų praeinamumą (2). Tai apima deguonies, bronchus plečiančių vaistų, epinefrino skyrimo ir dažno siurbimo iš kvėpavimo takų (2). Papildomos skiriamos priemonės yra heparino inhaliacijos ir N-acetilcisteinas, kurie padeda išvalyti sekretą ir mažina kvėpavimo takuose susidarančių nuosėdų kiekį (2). Naujausi tyrimai parodė, kad šios pagalbinės priemonės sumažina pakartotinės intubacijos poreikį ir bendrą mirtingumą (2). Visiems pacientams, patyrusiems inhaliacinį sužalojimą, reikia skirti ypatingą dėmesį dėl anglies monoksido (CO) ir cianido toksiškumo (2). Tiek CO, tiek cianidas yra labai toksiški junginiai, kurie gali lemti sergamumą ir mirtingumą (2). Apsinuodijimą šiomis medžiagomis reikia įtarti, kai anamnezėje buvo gaisras uždaroje erdvėje. Simptomai gali būti įvairūs - nuo lengvų neurologinių simptomų iki sunkių medžiagų apykaitos sutrikimų (2). Apsinuodijimas anglies monoksidu yra viena iš dažniausių tiesioginės mirties priežasčių esant inhaliacinėms traumoms (2). Anglies monoksidas yra bespalvės, bekvapės dujos, kurių giminingumas hemoglobinui 200 kartų didesnis nei deguonies, padidėjęs CO kiekis sukelia hipoksiją (2). Apsinuodijimas CO, pavyzdžiui, dezorientacija ir apalpinimas, paprastai pasireiškia, kai jo koncentracija viršija 10 %. Didesnis nei 25 % anglies monoksido kiekis paprastai sukelia sąmonės netekimą ir mirtį (2). Įprastiniai pulsoksimetrijos duomenys nėra patikimi nustatant apsinuodijimą CO (2). Anglies monoksido pusinės eliminacijos laikas kambario ore yra 4-6 valandos (2). Įtariamam ar esamam apsinuodijimui anglies monoksidu, skiriame didelį kiekį deguonies 6 valandas (16). Deguonies skyrimas 10 % sumažina CO pusinės eliminacijos laiką iki 80 minučių (2). Hiperbarinis deguonis sumažina CO pusinės eliminacijos laiką iki 22 minučių (2). Esant apsinuodijimais cianidu, gydymas susideda iš skysčių terapijos ir skubus hidroksikobalamino arba natrio tiosulfato skyrimo. „Cyanokit“ (injekcinis hidroksokobalaminas) yra plačiai paplitęs cianido priešnuodis, pasižymintis greitu poveikiu (2).

6.2. NUDEGIMŲ GYDYMAS

6.2.1. Skysčių terapija

Cirkuliuojančio tūrio kiekio sumažėjimas po nudegimų yra proporcingas nudegimo sunkumui (11). Nudegimai, viršijantys 15 % BNKPP, aktyvuoja sisteminį uždegiminį atsaką, kuris lemia kapiliarų pralaidumo padidėjimą, to pasekoje įvyksta skysčių depozicija (2). Dėl staigaus skysčio netekimo kraujotakos sistemoje išsivysto hipovolemija ir šokas (2). Vaikų cirkuliuojantis kraujo tūrio kiekis yra mažesnis negu suaugusių, ankstyva skysčių terapija turi būti skiriama nedelsiant (2,9,11). Sisteminiai pokyčiai nudegus daugiau kaip 30 % viso BNKPP sukelia didelę hipovolemiją kartu su uždegimo mediatorių susidarymu ir išsiskyrimu, dėl šių priežasčių gali išsivystyti sisteminis organizmo pažeidimas, širdies ir kraujagyslių disfunkcija, vadinama nudegiminiu šoku (17). Nudegiminio šoko metu sutrinka sisteminė kraujotaka ir mikrocirkuliacija, išsivysto edemos traumuotose ir netraumuotose audiniuose (17). Net laiku taikant skysčių terapiją, šie sutrikimai išlieka (17). Audiniuose išlieka nepakankamas deguonies, maisto medžiagų tiekimas ir nepašalinami medžiagos apytakos produktai (17). Padidėja plaučių ir sisteminių kraujagyslių pasipriešinimas ir miokardo slopinimas, didėja uždegiminės reakcijos, organų nepakankamumo rizika (17). Dažniausiai pasitaikantys hemodinaminiai pokyčiai: sumažėjęs cirkuliuojančio plazmos tūris, sumažėjęs širdies išmetimo tūris ir išskiriamo šlapimo kiekis, išsivysto sisteminis kraujagyslių pasipriešinimas, dėl kurio sutrinka periferinė kraujotaka (17). Nudegimo atveju padidėja hemoglobino ir hematokrito kiekis, susiformuoja edemos (17). Edemos susidarymo procesas susideda iš dviejų fazių. Pirmąją valandą po nudegimo traumos, išsivysto staigus vandens tūrio padidėjimas traumuotose audiniuose (17). Antroji fazė apima laipsniškesnį skysčių srauto didėjimą nudegimo pažeistoje ir nepažeistoje odoje, minkštuosiuose audiniuose (17).

Pacientams su nudegimams didesniais nei 15 % BNKPP, išsivysto sisteminis uždegimas, todėl svarbu skirti atitinkamą intraveninių skysčių kiekį, kad būtų išvengta su nudegimu susijusio šoko ar mirties. Vėlyvas skysčių skyrimas vaikams po nudegimų padidina ūminio inkstų nepakankamumo, organų funkcijos sutrikimo, ilgesnio buvimo ligoninėje ir mirtingumo riziką (11). Skysčių tiekimo delsimas gali atsirasti dėl sudėtingos intraveninės prieigos. Svarbu intraveninę prieigą užtikrinti kuo anksčiau (11). Net 30 minučių skysčių atstatymo vėlavimas yra susijęs su ūminio inkstų nepakankamumo išsivystymu, ilgesne hospitalizacijos trukme ir didesniu mirtingumu (2). Kūdikiams ir vaikams, patyrusiems >10 % BNKPP, paaugliams, patyrusiems >15 % BNKPP, yra būtina įvesti intraveninę prieigą, kad būtų atlikta adekvati skysčių terapija (2). Pas vaikus cirkuliuojantis skysčio kiekis yra mažas, todėl skysčių terapiją turi būti pradėta nedelsiant, net ir trumpas delsimas padidina šoko išsivystymo riziką (4,9). Reikia stengtis intraveninę prieigą įvesti per nenudegusią odą, bet nesant galimybės įvesti intraveninės prieigos per nenudegusią odą, reikia

įvesti prieigą per nudegusią odą (2,4). Dėl sudėtingos veninės prieigos kūdikiams gali prireikti laikino intrakaulinio kateterio įvedimo, tačiau šis kateteris turi būti pakeistas į intraveninį kateterį per 24 valandas (2). Intrakaulinė prieiga įstatoma proksimalinėje blauzdikaulio srityje ir skysčiai suleidžiami tiesiai į kaulų čiulpus (4). Intrakaulinį kateterį galima įvesti šiose struktūrose: proksimalinė priekinė blauzdikaulio dalis, medialinė kulkšnis, priekinė klubinė skiauterė ir distalinė šlaunikaulio dalis (4). Intrakaulinę adatą reikia įvesti į kaulą ties diafize, vengiant epifizinės dalies, statmenai kaului arba 60 laipsnių kampu (4). Intrakaulinis kateteris laikomas tol, kol užtikrinama intraveninė prieiga (4). Centrinės venos kateteris įvedamas esant dideliems nudegimams (2). Svarbu per pirmąsias 48 valandas užtikrinti optimalią organų, audinių perfuziją, stengiantis sumažinti audinių edemą dėl padidėjusio kapiliarų pralaidumo (2). Suman teigia, jog vaikams su hipovoleminiu šoku reikia suleisti boliusą kristaloidų 20 ml/kg (11). Nudegimo sunkumas priklauso nuo pažeisto BNKPP ploto ir nudegimo gylio (2). Vaikų galvos ir kaklo kūno paviršiaus plotas, palyginti su suaugusiaisiais, yra daug didesnis, bet apatinių galūnių kūno paviršiaus plotas yra mažesnis (2). Lund ir Browder schemoje atsižvelgiama į kūno formų pokyčius kintančius su amžiumi. Taip pat svarbu pabrėžti jog paciento delno plotas atspindi 1 procentą BNKPP, nepriklausomai nuo amžiaus (2). Dėl mažo kūno svorio ir kūno paviršiaus ploto santykio vaikai netenka proporcingai daugiau skysčių lyginant su suaugusiais. Vidutinis vaikų kraujo tūris yra maždaug 80 ml/kg kūno svoriui, o naujagimių didesnis - 85-90 ml/kg. Tuo metu suaugusiems normalus kraujo tūris yra 70 ml/kg (4). Po nudegimų, kraujagyslių pralaidumas yra padidėjęs, todėl sumažėja intravaskulinis skysčio kiekis. Esant bendram kūno nudegimo plotui >25 %, pasireiškia sisteminė edema, kuri išsivysto per 4 valandas nuo nudegimo ir tęsiasi iki 36 val. Dėl sisteminės edemos sumažėja širdies minutinis tūris, pasireiškia hipoperfuzija, sunkiais atvejais gali išsivystyti šokas (11).

Subalansuoti kristaloidai yra skysčiai, kurie turėtų būti tiekiami. Ringerio (Hartmanno) tirpalas yra dažniausiai naudojamas kristaloidas, kuris gerai apsaugo nuo elektrolitų pusiausvyros sutrikimo (11). Prie kristaloidų skyrimo taip pat turėtų būti skiriami palaikomieji skysčiai, pavyzdžiui, gliukozės tirpalas. Gliukozės būtina skirti pacientams su hipoglikemija arba tiems, kuriems gresia hipoglikemijos išsivystymas (11). Siekiant išvengti hipoglikemijos galime skirti ir atskirą palaikomąjį skysčio tirpalą su dekstroze. Kūdikių glikogeno atsargos yra mažesnės lyginant su vyresniais vaikais (4). Todėl jie labiau linkę į hipoglikemiją. Kūdikių gliukozės kiekis kraujyje turi būti atidžiai stebimas. Gliukozės kiekį koreguojame skiriant 5 % dekstrozės (9).

Koloidų vartojimas diskutuojamas dėl pirmomis valandomis padidėjusio kapiliarų pralaidumo. Suman teigia, jog koloidai, pavyzdžiui, albuminas ar plazma, turi savo indikacijas. Keli tyrimai rodo, jog albuminas sumažina skysčių poreikį gaivinimo metu. Tačiau įrodymais grįstų tyrimų, pagrindžiančių konkrečių skysčių poreikį gaivinant pacientus su nudegimais yra nedaug

(4,11). Aruthnot teigia, jog pacientams, kuriems buvo skirtas albuminas, statistiškai reikšmingai sumažėjo bendras kristaloidų vartojimas, sutrumpėjo buvimo ligoninėje trukmė ir sumažėjo „*fluid creep*” fenomeno atvejų. Naudojant koloidus, kurie didina onkotinį slėgį ir mažina kapiliarų pratekėjimą, atkuriamas intravaskulinis kraujo tūris (2). Dažna komplikacija praėjus 48 valandoms po nudegimo yra hiponatremija. Svarbu nuolat sekti natrio kiekį serume (4). Jaunesniems nei 1 metų vaikams gali prireikti papildomo natrio papildų skyrimo, nes kūdikiai su šlapimu pašalina daugiau natrio negu vyresni vaikai (4). Taip pat kalcio ir magnio netekimai turi būti atidžiai stebimi ir esant sumažėjimui atstatomi (4).

Suaugusiųjų skysčių tiekimo formulės yra pagrįstos remiantis kūno svoriu ir nudegimo dydžiu, tačiau vaikams taikyti šias formules yra problematiška, nes jų kūno paviršiaus ploto ir masės santykis yra proporcingai didesnis nei suaugusiųjų. Todėl vaikams pasireiškia dažniau tiekiamu skysčių nepakankamumas arba perteklinis skysčių tiekimas (9). Cincinnati ir Galveston formulės yra naudojamos norint apskaičiuoti skysčių kiekį, kurį reikia skirti vaikams po nudegimų (2). Šios formulės apima ir koloidų skyrimą. Formulų apskaičiavimo schema pavaizduota 2 lentelėje (2). Autorių teigimu, šiuo metu nėra tyrimų su tiesioginiu Cincinnati ir Galveston formulės palyginimu, todėl negalime teigti, kuri iš jų yra pranašesnė (2,9). Vyresniems vaikams ir paaugliams yra taikomos Parkland ir modifikuota Brooke formulės, skirtos apskaičiuoti skysčių kiekius reikalingas skirti per pirmąsias 48 valandas po nudegimų. Abejose šiose formulėse koloidų naudojimas nėra įtrauktas (2). Dažniausiai taikomos vyresnių paauglių nudegimų skysčio kiekio apskaičiavimo formulės pateiktos 3 lentelėje. Parkland formulėje skysčiai yra matuojami mililitrais. Tai $3 - 4 \text{ ml} \times \text{kg} \times \text{BNKPP} \% \text{ nudegimų per } 24 \text{ val.}$ Visą apskaičiuotą kiekį padaliname į dvi dalis. Pirmą dalį skiriame per pirmąsias 8 valandas nuo nudegimų atsiradimo, o kita dalį skiriame per kitas 16 valandų. Modifikuota Brooke, kurios lygtis yra $2 \text{ ml} \times \text{kg} \times \text{BNKPP} \%$, o skysčių skyrimo periodai yra identiški su Parkland formule (11). Išmaniųjų telefonų programėlės gali padėti apskaičiuoti kiek tiksliai reikia skirti skysčių pacientui. Išmaniųjų programėlių naudojimas praktikoje padeda sumažinti klaidų riziką ir pagreitinti apskaičiavimą (4).

Pastaraisiais metais buvo pripažintas skysčių perdozavimo („*fluid creep*”) fenomenas, kai pacientai gauna daugiau skysčių, nei apskaičiuota pagal formules (11). Šis reiškinys pirmą kartą buvo aprašytas 2000 m. autoriaus Pruitt (2). Kaip nepakankama skysčių terapija gali sukelti komplikacijas, taip ir perteklinė intraveninė skysčių terapija gali būti žalinga, gali išsivysti šios komplikacijos: ūminis kvėpavimo nepakankamumo sindromas, įvairių organų funkcijos sutrikimas, pilvo ir galūnių kompartmento sindromai, smegenų ir plaučių edema (9,11). „*Fluid creep*” dažniausiai išsivysto, kai neatsižvelgiama į vaistų, pavyzdžiui, antibiotikų, elektrolitų praskiestus kiekius (11). Taikant skysčių terapiją svarbu stebėti pacientų šlapimo išsiskyrimą kas valandą. Vaikams sveriantiems iki $<30 \text{ kg}$, diurezė turi siekti 1 ml/kg/h , o sveriantiems daugiau $>30 \text{ kg}$,

diurezė turi siekti 0,5 ml/kg/h. Stebint šlapimo išsiskyrimą, galime išvengti „*fluid creep*” reiškinių (2). Fizinės pacientų apžiūros metu stebima periferinė perfuzija, jutimas, normalizuota hemodinamika yra teigiamo gydymo požymiai. Galima stebėti laktato plazmoje kiekius, bazių deficitą, kurių dinamikos pokyčiai gali padėti vertinant nudegimų sunkumą ir išgyvenamumą (2). Klinikiniai rodikliai, kurie rodo, kad galima nutraukti skysčių terapiją: sveika jutiminė sensorika, normotermija, pagal amžių atitinkanti hemodinamika, nuolatinis šlapimo išskyrimas, minimali sisteminė acidozė (11). Kūdikiams rodikliai, pagal kuriuos sprendžiame apie cirkuliuojantį skysčių kiekį, yra kūdikių fizinė apžiūros metu stebimi aiškūs kvėpavimo garsai, šiltos distalinės galūnės, pulsas 120-180 dūžių per minutę, sistolinis kraujospūdis siekia 60-80 mmHg ir išskiriamas šlapimo kiekis 1-2 ml/kg/h (9). Autorius Nunez pabrėžia jog pacientų skysčių poreikis mažėja, kai pacientams pradeda gyti nudegimo sukeltos žaizdos (4).

2 lentelė. Skysčių poreikio apskaičiavimo vaikams formulės (2).

Formulė	Galveston	Cincinnati
Kristaloidai	5000 ml/m ² nudegimui + 2000 ml/m ² bendram paviršiaus plotui Ringerio laktatas.	4 ml/kg/% bendro nudegusio paviršiaus ploto + 1500 ml/m ² bendro Ringerio laktato odos paviršiaus plotui.
Koloidai	12,5 g 25 % albumino vienam litrui kristaloido.	12,5 g 25 % albumino 1 litrui kristaloidų per paskutines 8 val. per pirmąsias 24 val. po nudegimo.
Gliukozės skyrimas	5 % dekstrozės pagal poreikį. Per pirmąsias 8 val. skiriama ½, o per kitas 16 val. - ½.	5 % dekstrozės pagal poreikį. Per pirmąsias 8 val. skiriama ½, o per kitas 16 val. - ½.

3 lentelė. Skysčių poreikio apskaičiavimo paaugliams formulės (2).

Formulė	Parkland	Modifikuota Brooke
Kristaloidai	4 ml/kg/% nudegusiam odos paviršiaus plotui, Ringerio laktato skyrimas.	3 ml/kg/% nudegusiam odos paviršiaus plotui, Ringerio laktato skyrimas.
Koloidai	Neskiriam.	Neskiriam.
Gliukozė	Neskiriam.	Neskiriam.
Skyrimas	Per pirmąsias 8 val. skiriama $\frac{1}{2}$, o per kitas 16 val. - $\frac{1}{2}$.	Per pirmąsias 8 val. skiriama $\frac{1}{2}$, o per kitas 16 val. - $\frac{1}{2}$.

Naujovė - uždarojo ciklo skysčių tiekimas (*Closed-loop resuscitation*) - tai visiškai automatizuota sistema, dėl kurios skysčių infuzijos greitis nuolat koreguojamas remiantis kompiuterio valdomu algoritmu. Prietaisas koreguoja infuzijos greitį, kad būtų pasiektas nustatytas fiziologinis bendras poreikis (9). Kita naujovė - kompiuterizuota sprendimų paramos sistema (*Computerized Decision Support System*), kuri kas valandą gydytojui pateikia skysčių gaivinimo korekcijos rekomendacijas, kurias gydytojas gali priimti arba atmesti (9). Nors kompiuterizuotų gaivinimo protokolų naudojimas yra daug žadanti naujovė, tačiau nebuvo atlikta didelės apimties daugiacentrinio tyrimo ir sistema nebuvo išbandyta vaikų nudegimų populiacijoje. Kompiuterizuoti skysčių koregavimo protokolai galėtų būti naudingi pacientams vaikams, nes jie yra ypač jautrūs pertekliniam ir nepakankamam skysčių atstatymui (9). Ateityje uždarojo skysčių atstatymo metodai gali pagerinti vaikų nudegimų gydymo rezultatus (9).

6.2.2. Monitoringas

Įprasta vaiko būklės monitoravimo įranga apima EKG, kraujospūdžio monitoringą, deguonies tiekimo ir įsotinimo monitoringą (11). Didelių nudegimų atvejais būtina paimti arterinį dujų mėginį. Šlapimo pūslės kateteris (ŠPK) padeda įvertinti netenkamų skysčių kiekį. Tačiau skysčių kiekio pokyčius galime įvertinti naudojant stemplinį doplerį, LiDCO prietaisus, kurie parodo širdies išmetimo turį (4,11).

Vaikams, patyrusiems nudegimus, svarbu stebėti temperatūros pokyčius. Nudegimų metu yra pažeidžiamas odos vientisumas, dėl to išsivysto dideli šilumos netekimo nuostoliai (11). Po 24–48 valandų po nudegimo, gali pasireikšti karščiavimas (11). Tačiau šis karščiavimas dažniausiai yra ne dėl infekcijos, todėl antibiotikų skirti nereikia (11). Širdis yra jautri temperatūros svyravimams, todėl ties hipotermija gali pasireikšti skilvelinė aritmija, padidėjęs miokardo jautrumas elektrolitų koncentracijos pokyčiams (4). Hipotalaminė disreguliacija sukelta įvairių uždegiminių citokinų

lemia padidėjusią kūno temperatūrą po nudegimo. Žema temperatūra taip pat gali būti sepsio požymis (4). Esant nudegimams daugiau kaip 40 % BNKPP, rekomenduojamas palatos temperatūros pakėlimas. Aukštesnėje kambario temperatūroje sumažėja kūno vandens garavimo nuostoliai (17).

Su adekvačia skysčių terapija per pirmas 48 val. po nudegimo siekiame išvengti inkstų nepakankamumo, sepsio (2). Į nudegusio paciento sepsį reikėtų žiūrėti kitaip nei į sepsį, kuris pasireiškia ne nudegimo atveju (23). Yra kelios priežastys, kodėl nudegimams netaikomi įprasti sepsio ir sepsinio šoko standartai (23). Pirmą, nudegę pacientai praranda pagrindinį apsauginį barjerą - odą, kuri stabdo mikroorganizmus nuo invazijos (23). Nudegus daugiau kaip 20 % viso BNKPP, pacientui išsivysto hipermetabolinė reakcija, dėl kurios nuolat išsiskiria katecholaminai. Pacientui stebima bazinė tachikardija ir tachipnėja (23). Dėl hipermetabolinės reakcijos atsiranda leukocitozės padidėjimas (23). Visus pacientus, kurių nudegimai didesni nei 15-20 % BNKPP, reikia nuolat stebėti, ar nėra sepsio požymių (23). Nudegimo sepsio diagnozės kriterijai yra šie: aukšta temperatūra, žema temperatūra, tachikardija, didesnė tachipnėja, sumišimas, hemodinaminis nestabilumas, vazopresorių poreikis, padidėjęs skysčių poreikis, trombocitopenija, bazių deficitas, hiperglikemija ir mitybos netoleravimas (23). Profilaktiniai sisteminiai antibiotikai nesumažina sepsio išsivystymo rizikos (23). Norint diagnozuoti sepsį, reikia nustatyti teigiamą kraujo pasėlį arba teigiamą klinikinį atsaką į antimikrobinus vaistus (23). Reikia vengti profilaktinio sisteminių antibiotikų skyrimo ūminiams nudegimams gydyti (16). Dažnai rezistentiški antibiotikams mikroorganizmai paveikia pacientus su nudegimais, todėl profilaktinis antibiotikų skyrimas bendrai tik padidins atsparių mikroorganizmų paplitimą (23).

Ankstyvuojų gydymo laikotarpiu, išskiriamą paciento šlapimo kiekį reikia vertinti kas valandą ir atsižvelgiant pagal šlapimo išskyrimą koreguoti skiriamų skysčių kiekį (4). Skysčių terapijos tikslas toks, kad šlapimo kiekis būtų 1 ml/kg/h vaikams ir 2 ml/kg/h kūdikiams (4). Skysčių poreikis turi būti koreguojamas atsižvelgiant į šlapimo išskyrimą, laktato, kreatinino rodiklių kiekius (24). Apibendrinant galime teigti, jog pradinės skysčių dozės turėtų būti skiriamos vaikams atsižvelgiant į jų svorį ir skiriamas kiekis turėtų būti mažesnis nei 25 % viso vaiko kraujo tūrio (20 ml/kg). Reikia vengti perteklinio skysčių tiekimo, nes gali susidaryti stazinis širdies nepakankamumas, plaučių edema, pilvo ir galūnių kompartmento sindromai, smegenų edema (4). Vazogeninė edema atsiranda ankstyvuojų laikotarpiu po nudegimo, kai sutrinka kraujagyslių vientisumas. Intravaskulinio osmosinio slėgio palaikymas sumažina edemos išsivystymo tikimybę. Sudėtingo gaivinimo atveju galima skirti koloidus, pavyzdžiui, albuminą, siekiant sumažinti smegenų edemą (4). Žemas kraujospūdis, sumažėjęs išskiriamas šlapimo kiekis yra septinio šoko simptomai vaikams po nudegimų (4). Ankstyvas hipovolemijos simptomas yra tachikardija. Pacientai vaikai turi fiziologinių atsargų, todėl hipovolemijos simptomai iškart nepasireiškia.

Ryškių simptomų nestebima, kol nesumažėja bent 25 % viso kraujo tūrio kiekio (4). Galūnių odos spalva, kapiliarų prisipildymo greitis, pulsas, kraujospūdis, psichikos būklė atspindi cirkuliuojančio tūrio kiekio pokyčius (4). Normalaus kraujospūdžio dydžio intervalas priklauso nuo paciento amžiaus (4). Vaikams inkstų hipovolemijos kompensaciniai mechanizmai nėra gerai išvystyti, todėl esant hipovolemijai šlapimas toliau yra išskiriamas. Esant nudegimui didesniai kaip 20 %, būtina įstatyti ŠPK, kad stebėtume šlapimo išskyrimą (4). Svarbu pabrėžti, jog esant nudegusioms galūnėms, sudėtinga išmatuoti pacientų kraujospūdį. Reikia įstatyti kateterį į arteriją ir stebėti kraujospūdį (4). Kateteris į a. femoralis yra lengviau įstatomas ir saugojamas nei kitose kraujagyslėse (4).

Po nudegimo pasireiškia hipermetabolizmas, kuris lėtina žaizdų gijimą, prailgina bendro silpnumo laikotarpį, lemia kūno masės praradimą. Hipermetabolinė reakcija didėja didėjant nudegimo dydžiui (4). Farmakologiniai vaistai yra naudojami nudegimo traumos metu susidariusiam hipermetabolizmui mažinti. Siekiant sumažinti kūno masės netekimą, nudegusiems pediatriiniams pacientams galime skirti šiuos vaistus: rekombinantinis žmogaus augimo hormonas, insulinas ir į insuliną panašus augimo faktorius-1; testosteronas, oksandrolonas, propranololis (4). Dėl nudegimo metu pasireiškusių metabolinės acidozės, per didelio skysčių tiekimo, elektrolitų pusiausvyros sutrikimo gali išsivystyti ūminis inkstų nepakankamumas (11). Po didelių nudegimo praėjus 9 mėnesiams, išlieka padidėjęs baltymų skaidymas. Augimo sulėtėjimas, osteopenija gali išlikti iki 2 metų laikotarpio (4). Propranololio ir oksandrolono vartojimas sumažina augimo sulėtėjimo progresavimą pasireiškusių dėl nudegimų (4). Pilnavertė mityba tampa svarbia ūminio nudegimo pacientų gydymo dalimi, nes daro reikšmingą poveikį pacientų atsigavimui po traumos (4,25). Įprastinė peroralinė dieta arba enterinis maitinimas turėtų būti paskirtas kuo greičiau (16). Ankstyva enterinė mityba sumažina komplikacijų, lovodienų skaičių, skatina žaizdų gijimą, pagerina pacientų išgyvenamumą (26). Taip pat saugo žarnyno gleivinės vientisumą, pagerina žarnyno kraujotaką, motoriką (4). Pacientams, kurių nudegimai apima daugiau kaip 20 % BNKPP, turėtų būti taikoma praturtinta baltymais dieta, kuri užtikrina pakankamą kalorijų kiekį energijos poreikiams patenkinti (16). Suaugusieji turėtų gauti 1,52 g baltymų kilogramui kūno svoriui per parą, o vaikai 3 g baltymų kilogramui kūno svoriui per parą (16). Maitinimo zondus galima įvesti už pilorinės skrandžio dalies ir pradėti enterinį maitinimą per kelias valandas nuo paciento atvykimo į gydymo įstaigą (4). Svarbu įvertinti, ar reikia skiepyti pacientą nuo stabligės, remiantis paciento skiepavimo anamneze (16). Taip pat pabrėžiama, jog po sunkių nudegimų, pacientams gali išsivystyti osteoporozė. Rekomenduojama pacientams po sunkaus nudegimo gydymo skirti 400 TV vitaminą D (27).

Giliųjų venų trombozė (GVT) yra viena iš pagrindinių bendrai hospitalizuotų pacientų sergamumo ir mirtingumo priežastis. GVT dažnis vaikų populiacijoje siekia 3,1 % (28). GVT

atsiranda dėl dinamiškos Virchovo triados veiksnių sąveikos: hemostazės, endotelio pažeidimo ir hiperkoaguliacijos (28). Vadovaujantis šia triada, galima nustatyti rizikos veiksnius skatinančius GVT atsiradimą (28). Nudegimai yra GVT susidarymo rizikos veiksnys (28). Didelio ploto nudegimai apima visus tris Virchovo triados kriterijus. Taip pat šie sunkios būklės pacientai gauna kraujo perpylimo procedūras, turi įstatytą centrinę venos kateterį, ilgai hospitalizuojami, kurie yra GVT susidarymo rizikos veiksniai (28). Šiuo metu yra mažai rekomendacijų apie vaikų GVT gydymą esant dideliems nudegimams. Reikalingi tolimesni tyrimai, kuriuose būtų nustatyti GVT sąsajos su nudegimais (28).

Nudegimo metu patiriamas skausmas priklauso nuo daugelio veiksnių: nudegimo vietos, dydžio, pažeidimo gylio, chirurginės intervencijos, fizinio aktyvumo (11). Gera skausmo kontrolė lemia geresnius klinikinius rezultatus, geriau gyja žaizdos, vystosi reepitelizacija (4). Tačiau esant blogai skausmo kontrolei, pasireiškia lėtinis skausmas, odos jutimo sutrikimai, suprastėjusi psichologinė būklė (4). Svarbu paminėti, kalbant apie nudegimų gydymą, kad sumažėjęs vaikų patiriamas skausmas gydymo metu lemia geresnę žaizdų gijimą (29). Procedūrinis nudegimo skausmas, atsirandantis dėl gydomųjų žaizdos priežiūros procedūrų, žaizdos valymo ir negyvybingų audinių šalinimo, sukelia didelį stresą, nerimą vaikams (11,30). Įvertinti mažų vaikų skausmą yra sudėtinga, nes maži vaikai sunkiai supranta skausmą ir žodžiais negali išreikšti skausmingos patirties (30). Taip pat kiekvieno vaiko patiriamas skausmas yra subjektyvi patirtis (30). Kaip skausmo poveikis yra susijęs su epitelizacija ir žaizdų gijimu, šiuo metu nėra pilnai išaiškinta (10). Ryšiai tarp skausmo mediatorių, tokių kaip medžiaga P ir 5-HT, bei jų poveikio nervams ir audiniams žaizdų gijimo metu tebėra nagrinėjamas (10). Aprašoma, kad vienas iš skausmo mediatorių - medžiaga P skatina angiogenezę, fibroblastų ir keratinocitų dauginimąsi, nervų augimą ir žaizdų gijimą (30). Skausmo metu vaikai patiria didelį stresą, kurio metu išsiskiria didesnis katecholaminų ir gliukokortikoidų kiekis, kuris bendrai lėtina uždegiminių ląstelių infiltraciją, slopina fibroblastų migraciją ir mažina granuliacinio audinio formavimąsi (30). Dažniausiai nudegimų procedūroms sedacijai ir analgezijai naudojami šie vaistai: ketaminas, propofolis, benzodiazepinai ir opioidai. Ketaminas dėl stiprių analgezinų savybių, kardiopulmoninio sistemos palaikymo yra tinkamas sedacijai procedūrų metu. Nepageidaujamas ketamino poveikis yra sujaudinimas, haliucinacijos (11). Nesteroidiniai vaistai nuo uždegimo turėtų būti atsargiai vartojami asmenims, patyrusiems sunkius nudegimus. Nors jie yra veiksmingi analgetikai, galintys sumažinti opioidų poreikį, dėl nepageidaujamo poveikio, įskaitant toksinį poveikį inkstams, skrandžio išopėjimą ir antitrombocitinį poveikį, daugeliu atvejų jų vartoti negalima (11). Kiti naudingi vaistai numalšinti skausmą yra gabapentinas ir α_2 agonistai, pavyzdžiui, klonidinas ir deksmedetomidinas (11). Morfino sulfatas yra vienas iš dažniausiai vartojamų analgetikų vaikams, patyrusiems nudegimus. Fentanilis yra kita saugi ir veiksminga alternatyva (4). Nors opioidai yra

pagrindinis farmakologinis vaikų nudegimų skausmo gydymo būdas, jis dažnai negali suteikti veiksmingos pilnos analgezijos (30). Siekiant išvengti skausmo procedūrų metu taikoma daugiamodalinė dėmesio atitraukimo priemonė „Ditto“ (30). „Ditto“ yra medicinos prietaisas, kuris turi dvi programas: pasirengimo procedūrai ir dėmesio atitraukimo programas (30). „Ditto“ naudojimas pasižymi mažomis finansinėmis sąnaudomis (31). Pasirengimo programoje prieš medicininę intervenciją pateikiama informacija apie procedūrą, o dėmesio atitraukimo programoje rodomos įvairios istorijos ir žaidimai, siekiant atitraukti pacientų dėmesį (30). Naujojo „Ditto“ prietaisas turi unikalų dizainą, ir skirtingos raidos požiūriu tinkamą turinį, kuris yra specialiai pritaikytas 3-12 metų vaikams (30). Tyrimuose nustatyta, kad vaikams, naudojantiems „Ditto“, žaizdos epitelizavosi vidutiniškai dviem dienomis greičiau, nei lyginant su standartine žaizdų priežiūra be „Ditto“ taikymo (30). Taip pat „Ditto“ procedūrinis paruošimas žymiai sumažino vaikų patiriamą nerimo lygį prieš pirmą tvarsčio nuėmimą ir vidutinį širdies susitraukimų dažnį per visus tvarsčius (30). Skausmo terapiją reikia kombinuoti tarp farmakologinio ir nefarmakologinio gydymo, pavyzdžiui, hipnozės, dėmesio atitraukimo technikos, virtualios realybės taikymo, vaizdo žaidimų (11,32). Ardahan Akgul vaikų nudegimų perišimų metu atskleidė, kad inhaliacinė aromaterapija su levandų aliejumi turi įtakos skausmo lygio sumažėjimui, kvėpavimo dažnio, širdies susitraukimų dažnio ir vidutinio arterinio spaudimo stabilizavimui (33). Rekomenduojama ištirti levandų aromaterapinio aliejaus poveikį ties kitais aspektais, pavyzdžiui, vaikų baime ar nerimu (30). Svarbu, kad gydytojai atsižvelgtų į vaikų skausmo, fizinių sutrikimų ir psichosocialinio funkcionavimo ypatumus, kad būtų užtikrintas kuo geresnis gydymas (34). Siekiant pagerinti vaikų pacientų gydymo rezultatus ir gyvenimo kokybę, reikia atlikti tolesnius tyrimus susijusius su geresniu skausmo valdymu (35).

6.2.3. Neatidėliotina chirurginė intervencija

Pirminio gydymo etape chirurgas turi pasirinkti gydymo taktiką, nuspręsti tarp konservatyvaus ir operacinio būdo (1). Kiekvienam pacientui gydymo taktika parenkama individualiai (1). Gydymo taktika pasirenkama atsižvelgiant į šiuos rodiklius: nudegimo gylis, išplitimas, lokalizacija, paciento amžius, inhaliacinio sužalojimo buvimas, nudegimas susijęs su elektra (12). Tikslus nudegimo žaizdos įvertinimas yra labai svarbus tolimesniam gydymui (1). Pacientams su nudegimais dažniausiai atliekamos procedūros: žaizdų išvalymas, negyvybingų audinių šalinimas, tvarsčių keitimas, odos persodinimas (11). Siekdami supaprastinti gydymo pasirinkimą, chirurgai skirsto nudegimus į „paviršinius“, kurie greitai epitelizuojasi ir palieka mažus randus, ir į „giliuosius“, kurių gijimas trunka ilgiau, būdinga didelė hipertrofinių randų rizika, todėl dažnai būtinas operacinis gydymas. Tačiau aiškos skiriamosios linijos tarp šių dviejų grupių nėra (20). Konservatyvus nudegimų gydymas apima tvarsčių, antibakterinių tepalų uždėjimą,

atidžią žaizdų priežiūrą stebint infekcijos požymius. Chirurginis gydymas apima negyvybingų audinių šalinimą, žaizdos išvalymą ir autologinės odos transplantacijos taikymą. Dažniausiai vaikų nudegimų gydymas būna konservatyvus, tačiau kai kuriais atvejais atliekamas gilesnių nudegimų išpjovimas ir taikomas autologinis odos transplantato uždėjimas (21). Odos persodinimo operacijos būdas lemia greitesnį pacientų atsigavimą, sumažina infekcijos riziką (2). Pirmojo laipsnio nudegimų chirurginiu būdu gydyti nereikia (2). Pacientams, patyrusiems dalinius ir viso storio nudegimus, pradinis chirurginis gydymas apima negyvybingų audinių pašalinimą, žaizdos išvalymą ir uždengimą (2). Ankstyva negyvybingų žaizdos audinių ekscizija ir tvarsčių uždėjimas yra pagrindiniai pradiniam etape taikomi gydymo būdai, kurie sumažina infekcijos, patiriamo skausmo, sepsio pasireiškimą ir sudaro palankias sąlygas žaizdos gijimui (2,4,17). Ankstyva žaizdos negyvybingų audinių ekscizija ir padengimas yra pagrindiniai chirurginiai principai gydant terminius sužalojimus (17). Iš tiesų ši strategija išlieka svarbiausia gydymo priemone siekiant sumažinti su sunkiais nudegimais susijusių komplikacijų skaičių (17). Pacientų, kuriems per pirmąsias 72 valandas po sunkaus terminio sužalojimo (50 % BNKPP) buvo atlikta negyvybingų audinių ekscizija ir žaizdos padengimas autograftu, metaboliniai rodikliai buvo 40 % mažesni nei panašaus sunkumo nudegimų, kurie nebuvo ekscizuoti ir uždengti. (17). Be to, nustatyta, kad ekscizija ir žaizdos padengimas turi papildomų privalumų - mažesnis baltymų nuostolis, mažesnis infekcijos, sepsio dažnis ir mažesnis patiriamas skausmas (17).

Neatidėliotina chirurginė intervencija taikoma tada, kai gilūs nudegimai pažeidžia viršutines, apatines galūnes arba krūtinės ląstą, kai nudegimo paveiktose galūnėse išsivysto kompartmento sindromas, o krūtinės ląstoje gali kilti ventiliacinės funkcijos sutrikimas. Siekiant išvengti šių komplikacijų, atliekama nekrotomija (1,4). Cirkuliarūs viso odos storio galūnių nudegimai sukelia galūnių patinimus, dėl kurių gali sutrikti kraujo perfuzija nudegimo vietoje (15). Nustačius gilų cirkuliarų viso odos storio nudegimą, svarstyтина atlikti nekrotomiją. Šios procedūros metu perpjaunamas visas odos storis iki pat poodinio riebalinio sluoksnio, taip leidžiant galūnės tinimui išsiplėsti kartu sumažinant spaudimą poodinėje srityje (15). Dažniausiai ši procedūra taikoma viršutinės galūnės, pirštų nudegimuose (15). Fasciotomijas ir escharotomijas atliekamos, kai klinikinės apžiūros metu kyla abejonių dėl distalinės malperfuzijos ar kompartmento sindromo požymių (24). Nekrektomijos taikymas viso odos storio galūnės nudegimo pavyzdys pateikiamas 9 pav. (15). Kompartmento sindromas pasireiškia, kai padidėja slėgis uždaroje fascijos erdvėje. Dėl to sumažėja pažeistos srities perfuzija, iš pradžių paveikdama veninį nutekėjimą, o po to ir arterinę kraujotaką (15). Negydomas kompartmento sindromas gali sukelti galūnės išemiją ir audinių nekrozę. Šią būklę būtina greitai gydyti atliekant pažeistos srities fasciotomiją (15).

6.2.4. Negyvybingų audinių ekscizija

Atlikus pradinį gydymą, dėmesį reikia skirti nudegimo žaizdų priežiūrai. Pradinis chirurginis nudegimų gydymas apima negyvybingų audinių pašalinimą ir žaizdos išvalymą (2). Paviršiniai odos nudegimai užgyja be operacijos per 2-3 savaites gydant konservatyviai - uždedant tvarsčius, tačiau gilūs daliniai odos ir pilno storio nudegimai turi būti operuojami (1,36). Pagrindinis chirurginio gydymo tikslas - pašalinti negyvybingus žaizdos audinius iki sveikų audinių, uždengiant transplantuotu odos lopu ar laikinuoju tvarsčiu (1,8). Ankstyvas negyvybingų masių išpjovimas per pirmąsias 24-48 valandas yra saugus ir veiksmingas gydymo būdas (4,8). Ankstyvas nekrotinių audinių pašalinimas padeda sumažinti hipermetabolinę būklę, žaizdų infekcijos riziką, kraujo netekimą, lovodienų skaičių, mirtingumą (2,8). Ankstyva žaizdos negyvybingų struktūrų ekscizija yra pranašesnė už vėlyvą eksciziją, nes atlikta ekscizija po 7 dienų yra susijusi su didesne sepsio išsivystymo tikimybe ir transplantato neprigijimu (1). Literatūroje aprašomi įvairūs žaizdos valymo būdai: chirurginis, hidrochirurgija, fermentinis. Svarbu pabrėžti, kad tik esant stabiliai paciento hemodinamikai galime išvalyti žaizdą, pašalinti nekrotines mases (1). Aštrus žaizdos valymas atliekamas specialiais nekrektomais, tangentiškais judesiais pašalinant nudegimo pažeistus audinius, kol pasiekiamas sveikas audinys, stebimas audinių saikingas kraujavimas (1,8). Esant giliems pažeidimams gali tekti šalinti negyvybingas struktūras iki riebalinio audinio (1). Siekiant sumažinti kraujo netekimą operacijos metu galima naudoti adrenaline sumirkytus tvarsčius (11). Žaizdos valymo metu pašaliname nekrozes, epidermio likučius, skysčio pripildytas pūsles (15). Vaizdai prieš ir po nudegimo srities nuvalymo pavaizduoti 3 pav. (15).



3 pav. Nudegimų žaizdos negyvybingų audinių pašalinimas. Prieš (A) ir po (B) procedūros (15).

Aštriam žaizdų valymo metodui taikomi tokie instrumentai kaip Brathwaite'o, Cobbetto, Watsono, Humby, Gouliano, Wecko peiliai ar paprastas skalpelis (8). Nauja alternatyva aštriam valymo būdai – hidrochirurgija, kuri vienu metu drėkina ir šalina žuvusias odos struktūras, išsaugodama sveikus audinius (8). Hidrochirurgijoje taikoma aukšto slėgio vandens srovės sistema, pavyzdžiui „Versajet“, kuri tiksliau nei aštrus metodas pašalina nekrozinės mases kartu išsaugodama nepažeistus audinius (8,11). Hidrochirurginio žaizdų valymo principas - sterilus 0,9 proc. natrio chloridas yra leidžiamas per vakuuminę sistemą į žaizdos sritį, kurios metu vyksta nekrorinių audinių šalinimas, žaizdos drėkinimas (8). Hidrochirurgijos metu chirurgas naudodamas rankinį instrumentą, pasvirusį 45 laipsnių kampui, kartu su kojiniu pedalu reguliuoja tiekiamos skysčio srovės slėgį. Skirtingas tiekiamas slėgis, leidžia nuvalyti skirtingą žaizdos gylį, taip maksimaliai siekdamas išsaugoti sveikus audinius (8). Šis gydymo būdas leidžia išsaugoti gyvybingą dermą ūminėje stadijoje. Tačiau esant visos odos storio nudegimui, kai yra pažeistas visas dermos sluoksnis, taikomas aštrus žaizdų valymo būdas, hidrochirurgija yra netinkama (8). Dėl geresnio žaizdos nuvalymo, pagerėja žaizdos gijimas, sumažėja infekcijos, randų išsivystymo tikimybė (2,8). Tačiau Wormald straipsnyje teigia, jog nors yra atlikta nemažai klinikinių tyrimų, kuriuose vertinamas hidrochirurgijos taikymas žaizdoms gydyti, jos veiksmingumas ir nepageidaujamų reiškinių pasireiškimas po nudegimo žaizdų chirurginio gydymo yra neaiškūs (8). Hidrochirurgijos ir įprastinio aštraus šalinimo būdo operacijos mažai kuom tarpusavyje skiriasi, vertinant laiką iki visiško sugijimo, pooperacines infekcijas, operacijos trukmę, randų būklę po šešių mėnesių. Reikalingi tolesni tyrimai, norint nustatyti hidrochirurgijos pranašumą lyginant su aštriu metodu (8). Kitas būdas šalinti negyvybingus audinius - fermentinis nudegimų šalinimas naudojant bromelaino pagrindu pagamintus preparatus (pavyzdžiui „Nexobrid“) (1). Naujausia „Nexobrid“ (Izraelis) technologija yra fermentinė šalinimo priemonė, kurios sudėtyje yra proteolitinų fermentų koncentratas, praturtintas bromelainu (7). Įrodyta, kad jis efektyviai ir selektyviai pašalina nudegimų pažeistus negyvybingus audinius, todėl sumažėja chirurginio negyvybingų audinių šalinimo poreikis (7). Selektviai pašalinus nudegimus maksimaliai išsaugomas gyvybingas dermos sluoksnis, kurio gali pasireikšti geresnė reepitelizacija, todėl sumažėja odos persodinimo poreikis (7). Šis metodas gali būti naudojamas mažo ploto odos nudegimams (1). Ankstyva negyvybingų audinių pašalinimo nauda yra susijusi su mažesniu operaciniu gydymo poreikiu ir su juo susijusiu mažesniu bendros anestezijos, paciento netekto kraujo, šilumos nuostoliais (7). Shoham straipsnyje pabrėžiama, kad vaikų gydytų su „Nexobrid“ rezultatai buvo geresni nei su „Nexobrid“ gydytų suaugusiųjų (7). Tačiau šiems rezultatams dar labiau sustiprinti reikalingi papildomi „Nexobrid“ tyrimai su vaikų populiacija (7,37). Svarbu pabrėžti, kad praėjus tam tikram laikui, gali pasirodyti naujos su nudegimu susietos pažeistos odos sritys, todėl reikia pakartotinai atlikti nudegimo gylio įvertinimą ir įsitikinti, ar nereikia dar kartą

šalinti pažeistų struktūrų (15). Nepastebėtuose, negydomuose nudegimo srityse pradeda vystytis nekrozė, dėl kurios susidaro palankios sąlygos infekcijai išsivystyti (15).

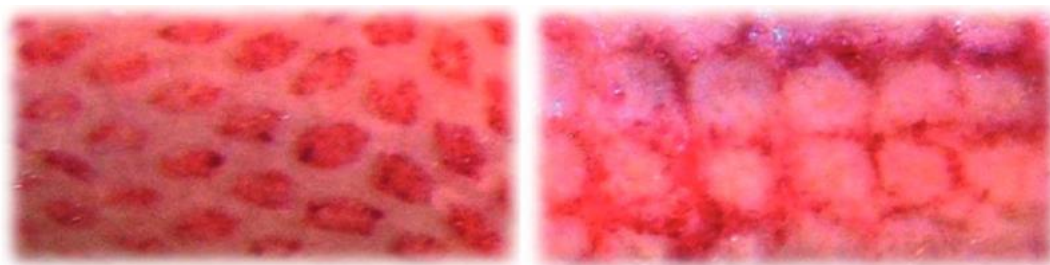
6.2.5. Odos persodinimas

Chirurgine intervencija siekiama sukurti tinkamas sąlygas žaizdos gijimui, infekcijos išvengimui (2). Pirmojo laipsnio nudegimų chirurginiu būdu gydyti nereikia (2). Pacientams, patyrusiems dalinius ir viso storio nudegimus, reikia chirurginiu būdu pašalinti nekrotinius audinius (2). Esant didelio ploto ekscizijai, svarstomas odos persodinimas (2). Odos persodinimą galime atlikti negyvybingų audinių ekscizijos metu, jei yra tinkamų donorinių vietų ir pacientas yra hemodinamiškai stabilus (2). Kol persodinimas nėra atliktas nudegimo žaizdą galime uždengti naudojant odos pakaitalus, tokius kaip alograntas, ksenograntas, integra, kultivuotus epidermio autotransplantatus (4). Gydytas alogeniniu odos transplantatu lemia greitesnį gijimą, mažesnį skausmo sindromą, trumpesnę lovodienų skaičių (4). Alograftai naudojami trumpalaikiam žaizdos padengimui, nuo kelių dienų iki kelių savaičių, ir leidžia greitai padengti žaizdą, sumažinant skausmą ir infekcijos riziką iki tol, kol bus atlikta autotransplantacija (38). Auksinis standartas nudegimų chirurginiame gydyme yra odos persodinimas (38). Autotransplantato uždėjimo operaciją galima atlikti, jeigu nėra žaizdos infekcijos ir paciento būklė yra stabili (2). Jis užtikrina geresnę epidermio regeneraciją lyginant su netransplantuotomis viso odos storio žaizdomis (38). Uždėjus odos transplantantą, žaizda greičiau pasidengia keratinocitais, tampa atsparesnė infekcijai, pasireiškia mažesni kraujo netekimo nuostoliai (38). Viso storio nudegimų atveju žaizdoms padengti dažniausiai naudojame autotransplantatus, jei yra pakankamai donorinių vietų (1). Didžiausią estetinę ir funkcinę reikšmę turi veidas, plaštakos, pėdos, krūtinė ir pilvas. Šios kūno sritys įprastai nėra naudojamos donorinei odai paimti (1). Kūno sričių suskirstymas pagal funkcinę, estetinę svarbą ir donorinių vietų paėmimo dažnumą pavaizduotas 4 pav. (1).



4 pav. *Kūno sričių suskirstymas pagal funkcinę, estetinę svarbą ir donorinių vietų paėmimo dažnumą. Žalia spalva žymi aukščiausios svarbos sritis, mėlyna ir žydra – vidutinės svarbos sritis, o raudona – mažiausios svarbos odos sritis (1).*

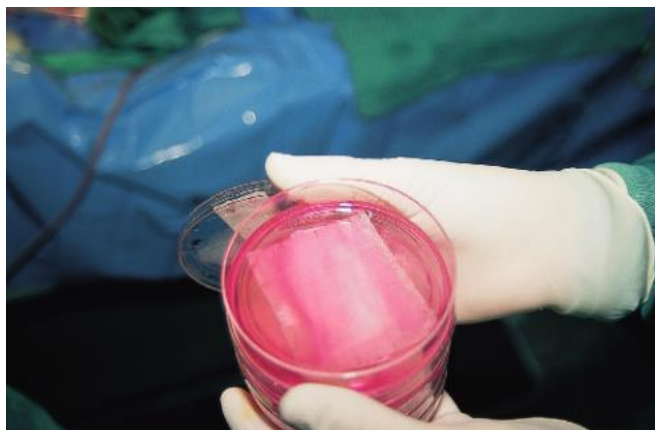
Ypač svarbu pabrėžti, kad mergaičių nudegimų atveju ypatingas dėmesys skiriamas krūtinės odos išsaugojimui, siekiant užtikrinti normalų krūtų augimą ateityje. Esant dideliems nudegimų sukeltiems defektams, dėl donorinių vietų trūkumų, taikomi donorinės vietos išplėtimo metodai: tinklelinis uždėjimas ar Meek mikrografavimas (1,39). Tinklelio ir Meek būdu išplėsti autograftai pavaizduoti 5 pav. (1).



5 pav. *Tinklelinio ir Meek metodo odos transplantacijos plotų palyginimas (1).*

Meek odos transplantatų paėmimo ir išplėtimo metodas yra naudingas nudegimo žaizdoms padengti, nes jis gerai išplėčia transplantato odos plotą, suteikia gražesnę randų išvaizdą lyginant su tradiciniu tinklelio uždėjimu. Tačiau Meek metodas turi ilgesnę procedūros trukmę ir yra brangesnis, lyginant su tinklelio uždėjimu (40). Vaikams, patyrusiems sunkius nudegimus, donoro vietos trūkumas yra problema, trukdanti užbaigti žaizdos uždarymą. Tai ypač problemiška, kai nudeginamos šlaunys, kurios yra dažniausios naudojamos donorinių odos lopų paėmimui (40). Modifikuota Meek mikrotransplantacijos technika padeda išspręsti ribotų donoro vietų ir didelio nudegimo ploto problemą. Dermatome yra trylika peiliukų, kurie supjausto odą į mažus kvadratinus transplantatus, kurių kiekvienas buvo 4 mm x 4 mm dydžio, šie maži transplantatai turi būti mirkomi plazmoje ir uždedami ant žaizdos guolio (40). Šiuos transplantatus prie audinių yra

pritvirtinami specialiomis sąvaržomis, kurios leidžia išvengti transplantatų pasislinkimo (40). Nors šis Meek mikrogranuliavimo metodas atrodo idealus sprendimas vaikams su ribotomis donoro vietomis, tačiau nėra pakankamai literatūros ir tyrimų, kuriuose būtų lyginami ilgalaikiai kosmetinės išvaizdos rezultatai tarp Meek ir tinklinių metodų išplėstų transplantatų (40). Tačiau svarbu pabrėžti modifikuoto Meek metodo trūkumus: reikalauja daugiau darbo, laiko sąnaudų ir yra brangesnis (40). Noureldin straipsnyje nurodo, jog taikant Meek metodą greičiau vyksta pakartotinė epitelizacija (40). Nes keratinocitai migruoja nuo transplantato kraštų, kad epitelizuotų žaizdą, todėl daugybė mažų transplantatų suteikia papildomų aktyvių kraštų regeneracijai ir greičiau atsinaujina (40). Tuo tarpu tradicinio tinklinio transplantato atveju ląstelių migracija vyksta nuo tinklinio transplantato į likusias skylutes (40). Tačiau Meek procedūros ir tinklelio transplantato operacijų trukmės buvo skirtingos. Vidutinė Meek pacientų operacijos trukmė buvo 181,75 minutės, o tinklelio grupės - 80,25 minutės (40). Tačiau yra kitos priemonės padedančios spręsti donorinės vietos trūkumus. Pavyzdys - išauginti epitelio autografai ir autologinės odos ląstelių suspensijos (36,40). Bet dėl didelių sąnaudų, ilgo apdorojimo, auginimo, siauro laiko taikymo nėra plačiai praktiškai naudojami (40). Taikant kultivuotus epitelio autografus giliems odos nudegimams literatūroje aprašoma, jog pasireiškia transplantato audinio trapumas, sudėtingas paėmimas, nepatenkinami ilgalaikiai funkciniai ir estetiniai rezultatai (39). 6 paveikslėlyje pavaizduoti kultivuoti epidermio autotransplantatai (4).



6 pav. Kultivuoti epidermio autotransplantatai (4).

Autologinių odos ląstelių suspensijos gali sutrumpinti vaikų dalinio storio nudegimo ir suaugusiųjų dalinio storio donoro vietos žaizdos reepitelizacijos laiką, randų išsivystymą (36). Tačiau nėra pakankamai įrodymų, kad būtų galima apibrėžti autologinių odos ląstelių suspensijos vaidmenį gydant nudegimo žaizdas (36).

Autologiniai odos transplantatai yra auksinis standartas gydant viso odos storio nudegimus (41). Dalinio storio odos persodinimas, gali būti taikomas gydyti pilno odos storio nudegimus (15). Dalinio odos storio persodinimas yra plačiausiai taikomas būdas, kuriuo galima padengti

nudegimus. Paimant odą defektui padengti, susidaro antra žaizda - donorinė vietos žaizda (29). Vaikams donorinės vietos žaizda epitelizuojasi per 7-14 dienų (29). Šį gydymo būdą galima atlikti tik esant gerai nudegimo žaizdos guolio vaskuliarizacijai (15). Dermatomu paimamas plonas odos sluoksnis, dažniausiai donorinė vieta yra šlaunis, odos lopas pritvirtinamas prie žaizdos guolio, gretimų audinių (15). Kitas būdas gydyti pilno odos storio nudegimus yra viso odos storio persodinimas. Šios procedūros metu skalpeliu išpjauinama visas odos dermos ir epidermio storis paciento donorinėje vietoje, dažniausiai kirkšnies sritis. Šiam gydymo būdai būdinga mažesnė minkštųjų audinių kontraktūra, todėl yra taikomas audiniams, kur judrumas yra itin svarbus, pavyzdžiui, plaštakos srityje. Viso storio odos transplantanto gydymo būdas plaštakos srityje pavaizduotas 10 paveikslėlyje (15).

Kadangi transplantatai gauna kraujotaką iš žaizdos dugno, šie gydymo būdai tinka tik žaizdoms su gera vaskuliarizacija. Esant sutrikusiai žaizdos guolio kraujotakai, svarbu atsižvelgti, kad persodinami audiniai turėtų savo kraujotaką (15). Pilno odos storio transplantato uždėjimas pagerina vaikų plaštakų nudegimų gydymo rezultatus, nes sumažina pooperacines kontraktūros riziką (38). Tačiau dalinio odos storio transplantato taikymo rezultatai buvo geresni vertinant žaizdų būklę, transplantato spalvą, randų vertinimą ir odos plaukų augimą (38). Atliekant chirurgines procedūras svarbu, kad pacientų su nudegimais operacijos metu operacinės temperatūra yra pakeliama iki 35 laipsnių siekiant išvengti paciento hipotermijos (2,11). Taip pat naudojami pašildyti skysčiai, šildantis čiužinys ir antklodės (11).

6.2.6. Žaizdų gijimas ir priežiūra

Konservatyvus gydymo esmė yra tvarsčių, tepalų uždėjimas ant žaizdos. Idealus žaizdos tvarstis tarnauja kaip barjeras, kuris leistų išvengti skysčių praradimo per odą, sumažintų infekcijos riziką, sudarytų sąlygas žaizdos paviršiaus reepitelizacijai ir būtų finansiškai nebrangus (42). Taip pat svarbu, kad tvarstis nepriliptų prie žaizdos dugno, kad būtų lengvesnis tvarsčio nuėmimas (29).

Idealus tvarstis pasižymi šiomis savybėmis: antimikrobinėmis, reguliuojama vandens absorbcijos/atpalaidavimo, lengvu nuėmimu, skaidrumu (41). Taip pat svarbu, kad tvarsčiai pasižymėtų nelipniu kontaktu prie nudegimo vietos, kad pacientas galėtų laisvai atlikti kūno judesius, nejausdamas skausmo ir netraumuojant žaizdos vietos (41). Esant neapibrėžto gylio žaizdoms, būtina keisti žaizdos tvarčius kasdien ir pakartotinai įvertinti nudegimų gylį ir gijimo pokyčius laikui bėgant (2). Šiuo metu yra daug naujų alternatyvių tvarsčių, skirtų nudegimų žaizdų priežiūrai (4). Vieni iš populiariausiai naudojamų tvarsčių yra su sidabru impregnuoti, kuris palengvina ambulatorinį nudegimų gydymą, pavyzdžiui, „Mepilex Ag“ (2). Sidabro impregnuoti tvarsčiai sugeria žaizdos eksudato perteklių ir gali išlikti vietoje ant žaizdos nuo kelių dienų iki kelių savaičių, kol bus pakeisti (2). Juose yra biologiškai aktyvių sidabro jonų, kurie pasižymi

antibakterinėmis savybėmis. Tyrimai parodė, kad pacientai, naudodami sidabru impregnuotus tvarsčius, patiria mažiau skausmo, palyginti su standartiniais marlės tvarsčiais. (2). Sidabro nanokristaliniai tvarsčiai reikalauja mažesnio tvarsčių keitimo dažnio, nes šie tvarsčiai gali išlikti nekeičiant keletą dienų (43). Kitų tvarsčių pavyzdžiai aprašomi literatūroje: „Suprathel“, „Aquacel Ag“ (3,15,42,43).

Odos pakaitalų kūrimo inžinerijoje daugiausia naudojami biologiniai hidrogeliai, kurie skatina žaizdų gijimo procesą drėgnoje aplinkoje, svarbi savybė, gebėjimas atiduoti ir sugerti vandenį. (41). Šiuo metu nuo paprastų taikytų hidrogelių yra pereinama iki sudėtinių junginių su sustiprintomis nanodalelėmis, peptidais ir augimo veiksniais (41). Želatino ir alginato medžiagos, kurios yra hidrogelio sudėtyje yra tiriamos žaizdų gydymo naudojime (41). Želatina pagreitina uždegiminį atsaką ir gijimo procesą, reguliuodama makrofagus ir išskirdama arginino-glicino-asparagino rūgštį, o natrio alginatas palengvina autolitinį negyvybingų audinių pašalinimą (41).

Inžineriniai odos pakaitalai siūlo naujas alternatyvas gydant nudegimus: didelio ploto nudegimų padengimas, mažesnis donorinių vietų ėmimo transplantacijai poreikis, sumažėja vaikų nudegimų pacientų mirtingumas (44). Biologiniai tvarsčiai yra pranašesni už nebiologinius tvarsčius (16). Biologiniai tvarsčių variantai - tai ksenograftai, lavonų oda, placentos audiniai. Sintetinių tvarsčių minusas yra tas, kad jie yra brangūs (2). Tačiau sintetinių tvarsčių privalumai yra tai, kad jų nereikia dažnai keisti, mažesnis paciento skysčių netekimas, todėl jie yra patrauklūs jaunesniems pacientams (2). Biologinių tvarsčių pavyzdžiai: „AlloDerm“, „Integra“, „Epicel“, „EpiFlix“, „Epiburn“, „Biobrane“ (2,4,15). Tačiau lyginant odos pakaitalų taikymą su vietiniais antimikrobiniais tvarsčiais pastebėta, jog naudojant odos pakaitalus pasireiškė greitesnis žaizdos gijimas (43). Aprašoma, jog šiuo metu yra atliekami tyrimai su inžineriniais odos pakaitalais: kultivuotų keratinocitais ir odos fibrobalstais (44). Stebimas jų prisitvirtinimas prie kolageno ir glikozaminoglikano karkaso (44). Svarbu paminėti, kad dauguma tyrimų su žaizdų tvarsčiais yra atliekami su suaugusiais. Negalima suaugusiųjų tyrimų duomenų išvadų taikyti vaikų populiacijoje. Vaikų oda skiriasi nuo suaugusiųjų, o jos storis priklauso nuo vietos, amžiaus ir lyties, todėl su vaikais atliktų tyrimų rezultatai su tam tikrų tvarsčių taikymu gali būti kitokie nei su suaugusiais (29).

Konservatyvus nudegimų sudedamoji dalis yra antibakterinių tepalų naudojimas. Vietiniai antimikrobiniai vaistai taip pat yra naudojami gydyti dalinio storio nudegimus (4). Nudegimų žaizdų infekcijai, išsivysto su mikroorganizmų invazija susijusios nepageidaujamos pasekmės: uždelstas gijimas, prastas randų formavimasis, didesnė sepsio išsivystymo rizika, paciento mirtis, ilgesnis lovodienų skaičius ir didesnės ekonominės išlaidos (43). Pradedant naudoti vietinio poveikio antimikrobines medžiagas pasireiškė mažesnė žaizdų išsivystymo rizika (43). Renkantis vietinio poveikio gydymo priemonę nudegimų žaizdoms reikia atsižvelgti į daugelį veiksnių: žaizdų

gylį, numatomą gijimo laiką, chirurginės intervencijos poreikį, medžiagos citotoksiškumą, planuojamų perrišimų skaičių (43). Idealus vietinis antimikrobinis preparatas nudegimo žaizdoms gydyti pasižymi šiomis savybėmis: platus veikimo spektras, kuris neskatina mikroorganizmų atsparumo išsivystymo, prasiskverbia į nudegusius audinius, preparato naudojimas yra neskausmingas, nereikalaujantis dažnų tvarsčių keitimo. Svarbu, kad būtų neabsorbuojamas ir neturėtų sisteminio nepageidaujamo poveikio. Tačiau, šiuo metu vietinio antibakterinio preparato pasižyminčio visomis šiomis išvardintomis savybėmis nėra (43). Yra didelis pasirinkimas vietinio nudegimų gydymo priemonių (12). Pirmojo laipsnio nudegimų infekcijos rizika yra minimali, todėl jiems gali nebūti skiriami vietiniai antimikrobiniai preparatai, gali būti naudojami tvarsčius (2). Esant antrojo laipsnio (dalinio storio), trečio laipsnio nudegimams svarbu užtikrinti veiksmingą antimikrobinę kontrolę, kad būtų išvengta nudegimo žaizdos infekcijos iki chirurginės operacijos. Dažniausiai naudojami suldaiazino ar mafenido acetato antibakteriniai tirpalai (43). Antibakteriniai tirpalų pavyzdžiai: sidabro sulfadiazinas, bacitracinas, polimiksino B sulfatas, neomicinas, mupirocinas, mafenido acetatas (2,43). Sidabro sulfadiazinas populiariai naudojamas kaip vietinė antimikrobinė priemonė nudegimams gydyti (43). Šis preparatas yra naudojamas vaikų nudegimams gydyti, nes pasižymi lengvu naudojimu (lengvas užtepimas), yra pigus ir neskausmingas pacientams. Jis plačiai naudojamas antro ir trečio laipsnio nudegimams gydyti (12). Sidabro jonai yra toksiški bakterijoms, mielėms, grybeliams, virusams (43,45). Kitas privalumas ir tai, kad sidabrą turintys preparatai sugeba sugerti nudegimų žaizdų eksudatą (45). Tačiau svarbu pabrėžti, jog, kad sidabrą turinčios priemonės gali sulėtinti žaizdų reepitalizacijos laiką (43). Sidabro sulfadiazine esančios sidabro medžiagos yra toksiškos bakterijų ląstelėms, bet taip pat gali paveikti pačio paciento odos ląsteles ir sulėtinti gijimą, sulėtinant keratinocitų ir fibroblastų proliferaciją (12). Aziz atliktuose tyrimuose su gyvūnais ir žmonėmis, duomenys rodo, kad sidabras lėtina žaizdų gijimą, nes yra toksiškas atsinaujinantiems keratinocitams (45). Draudžiama naudoti sidabro sulfadiaziną ant sužaloto nudegusio veido (43). Negalima skirti kūdikiams jaunesniems kaip 2 mėnesių amžiaus ir nėščioms moterims, kurioms yra didelė kepenų toksiškumo pažeidimo rizikos (43). Retais atvejais gali pasireikšti sisteminio sidabro toksiškumas, gydant didelio ploto nudegimus, privalo stebėti kepenų inkstų funkcinius rodiklius (43). Esant ilgam sulfadiazino vartojimui reikia stebėti ar pacientams nepasireiškė leukopenija (2). Tačiau svarbu pažymėti, jog kasdienis vienkartinis preparato tepimas su tepimu keletą kartų per dieną nebuvo oficialiai moksliniais tyrimais ištirtas (43). Lyginant tvarsčius su medumi ir tvarsčius su sulfadiazinu, nustatyta, jog medaus tvarsčiai skatina geresnį žaizdų gijimą nei sidabro sulfadiazinas nudegimų atvejų (45). Medus palengvina žaizdų gijimą dėl savo cheminio žaizdos išvalymo ir priešūždegiminio poveikio kartu sukurdamas klampų barjerą ant žaizdos paviršiaus, kuris užkerta kelią mikroorganizmų invazijai, sumažindamas infekcijos tikimybę (45). Medų galima naudoti

paviršinių ir dalinių storio nudegimų atvejais, ypač besivystančiose šalyse, kuriuose yra riboti medicininiai ištekliai, kai nėra įprastų vietinių antimikrobinių tepalų ir kremų. Tačiau svarbu prabrėžti, jog būtina detaliau ištirti medaus poveikį mikroorganizmams ir žaizdų gijimui (23). Analizuojant literatūrą pastebima, kad lyginant sidabro sulfadiaziną ir tvarsčius be sidabro pavyko gaunami statistiškai reikšmingi rezultatai, kurie nurodo mažesnę infekcijų dažnį pacientų grupėje, kurioje buvo naudojami tvarsčiai be sidabro (12). Nėra autorės metaanalizė parodo, kad sidabro sulfadiazinas, palyginti su kitų rūšių tvarsčiais be sidabro, pakenkia žaizdos reepitelizacijos procesui. Todėl sveikatos priežiūros specialistai turėtų suabejoti dėl plataus sidabro sulfadiazino naudojimo (12). Tikėtina, kad tai nėra geriausia terapinė priemonė nudegimams gydyti (12).

Svarbu paminėti, kad sisteminiai antimikrobiniai vaistai yra nerekomenduojami, nes jie nėra pilnai veiksmingi prieš nudegimo žaizdos mikroorganizmus (43). Nudegimo srityje yra sutrikusi kraujotaka, dėl kurios sumažėja sisteminių antimikrobinių preparatų poveikis. Avaskulinis randas ir bioplėvelės buvimas yra pagrindinės kliūtys, ribojančios sisteminių antimikrobinių vaistų tiekimą ir poveikį (43). Taip pat sisteminių vaistų vartojimas skatina atsparių mikroorganizmų padermių susiformavimą. Tačiau vietinio poveikio antimikrobinės medžiagos tiekiamos tiesiai į nudegimo žaizdą efektyviai slopina infekcijos vystymąsi (43). Nors mikroorganizmai gali įgyti atsparumą vietinio poveikio vaistams, tačiau tai pasitaiko daug rečiau nei išsivystantis atsparumas sisteminiams vaistams (43).

Naujovė, kuri manoma ateityje taps viena iš naudojamų antibakterinių preparatų sudedamąja dalimi. Pastaruoju laikotarpiu rekombinantinis žmogaus granulocitų-makrofagų kolonijas stimuliuojantis faktorius (*GM-KSF*) yra vertinamas gydant nudegimus (46). Žaizdų gijimas yra sudėtingas fiziologinis procesas, kuriame dalyvauja išskiriami įvairūs augimo veiksniai, citokinai, uždegiminės ląstelės ir atstatomosios ląstelės (46). Neutrofilai yra pirmosios ląstelės dalyvaujančios sužalotų ląstelių atstatyme, tačiau jų gyvavimo trukmė trumpa ir galiausiai juos absorbuoja makrofagai, kurie tęsia neutrofilų funkciją ir atlieka dominuojantį vaidmenį žaizdų gijimo procese (46). *GM-KSF* gali skatinti žaizdos gijimą per makrofagų aktyvaciją, išsiskyrimą ir tiesiogiai skatinti žaizdos paviršiaus raginio sluoksnio ląstelių migraciją ir diferenciaciją (46). Tai skatina epitelio ląstelių judėjimą ir gali paskatinti ląstelių pakartotinę epitelizaciją. 2015 Chi atliktame tyrime *GM-KSF* sistemingai ir veiksmingai atstatė pažeistą odą, pagreitino gijimą, sutrumpino gijimo laiką ir pertvarkė odos jungiamąjį audinį (46). Chi ir kt., 2015 tyrimo rezultatais matome, kad gijimo laikas buvo trumpesnis, gijimo greitis didesnis, o klinikiniai rezultatai geresni, kai vaiko nudegimai buvo gydomi išoriniu *GM-KSF* geliu. Nustatyta, kad nepageidaujamų reakcijų, kylančių dėl išorinio *GM-KSF* gelio naudojimo dažnis yra mažas. Palyginę vaikų kraujo rodiklius (baltųjų kraujo kūnelių, neutrofilų procento, hemoglobino ir trombocitų skaičiaus), šlapimo pH, kepenų ir inkstų funkcijos rodiklius (bendrojo bilirubino, bendrojo baltymo, albumino, ALT, AST, kreatinino

kiekius) prieš gydymą ir po 3 dienų, nustatyta, kad vietinis GM-KSF gelis nesukelia jokio pavojaus sveikatai ir yra kliniškai saugus (46). Tačiau nors gydymo GM-KSF veiksmingumas patvirtintas eksperimentais tyrimais tik su gyvūnais, klinikinių GM-KSF tyrimų taikymo klinikinėje praktikoje trūksta (46).

Pirmos pagalbos metu specifiški tvarščiai yra dedami pirmomis valandomis po nudegimo. Iš pradžių pirmosios pagalbos nudegimų atveju metu rekomenduojama vėsinti šalto tekančio vandens srove apie 20 minučių per 3 valandas nuo nudegimo pradžios (47). Po pirmosios pagalbos suteikimo rekomenduotina nudegimo žaizdas uždengti steriliu tvarščiu, kad būtų palaikoma drėgna žaizdos aplinka, sumažinta infekcijos rizika ir išvengta oro patekimo į žaizdą. Idealus ūminio nudegimo tvarstis turi pasižymėti šiomis savybėmis: skaidrumu, nelipnumu, lengvu uždėjimu, nuėmimu ir apsauga nuo aplinkos poveikio (47). Plastifikuota polivinilchlorido plėvelė atitinka šiuos kriterijus ir yra tinkama naudoti ūmiems nudegimams, išskyrus veido srityje, iki kol bus pacientas nugabentas iki gydymo įstaigos (47). Šis tvarstis yra nebrangus ir praktiškas, populiariai naudojamas ūminiuose nudegimuose (47). Tačiau yra ir kitų tvarščių, kurie yra naudojami trumpam uždėjimui ūminės situacijos metu – „Burnaid“ hidrogeliniai tvarščiai. Kurie pasižymi drėkinamu ir skausmą malšinančiu poveikiu dėl konvekcinio ir garuojančio vėsinimo efekto. „Burnaid“ tvarščius sudaro 3 mm storio sterilus poliesterio uretano putplasčio tamponas, impregnuotas propilenglikolio geliu, kuriame yra daugiau kaip 90 % išgryninto vandens (47). Empirinių įrodymų apie hidrogolinių tvarščių taikymą ir veiksmingumą ūminių nudegimų metu yra nedaug, o tyrimų su vaikų nudegimų populiacija nėra atlikta (47). Ūmaus skausmo mažinimas yra svarbus aspektas vaikams su nudegimais (47). Buvo manoma, jog „Burnaid“ tvarščiai suteiks geresnę analgeziją pacientams vaikams su nudegimais, pirmosios pagalbos metu, „Burnaid“ tvarstis lyginamas su plastifikuota polivinilchlorido plėvele, kuri šiuo metu yra dabartinė standartinė praktika. Tačiau Holbert teigia, jog atliktame tyrime „Burnaid“ tvarščio nebuvo patvirtintas patiriamų skausmo balų sumažėjimu lyginant su plastifikuota polivinilchlorido plėvele ir kliniškai reikšmingo gydymo poveikio „Burnaid“ nepastebėta (47). Nors „Burnaid“ tvarstis pasižymi papildomomis šaldymo ir garinimo savybėmis, tačiau nepasižymėjo didesniu skausmo malšinimu vaikams, patyrusiems terminius nudegimus (47).

Naujausia 3D technologija yra naujas instrumentas padedantis gydyti vaikų nudegimus (6). 3D spausdinimas yra technologija, leidžianti iš skaitmeninių vaizdų generuoti fizinius 3D gaminius ir tenkinti konkretaus paciento poreikius (5). Pastaruoju metu 3D spausdinimas sukėlė didelę revoliuciją kuriant kaulus, ausis, odą, dantų implantus, kraujagyslių tinklą, ragenas (5,6). 3D spausdintuvų naudojimas nudegimų srityje yra daug žadanti naujovė. Trimatė programinė įranga gali sukurti tvarščius ir įtvarus, specifiskai pritaikytus pacientui (6). 3D biospausdinimo sritis yra sparčiai besiplečianti pasaulinė mokslinių tyrimų sritis, glaudžiai susijusi su biologinių audinių

inžinerija (48). Per pastarąjį dešimtmetį odos biospausdinimas naudojant 3D spausdintuvą buvo plačiai tiriamas siekiant sukurti žaizdų tvarsčius - dirbtinę odą, sintetintus transplantatus (41). Pirmą kartą 3D spausdintuvu nudegimo žaizdų tvarsčiai pradėti kurti 2021 metais (41). Šis biologinės inžinerijos gydymo būdas leidžia modeliuoti audinius, kuriuos galima panaudoti gydant pažeistas sritis. 3D biospausdinimas leidžia įtraukti gyvas ląsteles, todėl galima sukurti funkcionalius gyvus audinius (5). Fayyazbakhsh straipsnyje siūloma, naudojant 3D spausdintuvo technologiją, suformuoti hidrogelinius žaizdų tvarsčius, kurių sudėtyje būtų skirtingas želatinos ir alginato santykis (41). Taip pat šiuo metu yra atliekami tyrimai, kuriuose nagrinėjami 3D spausdintuvų pagaminti įvairių kūno dalių įtvarai kontraktūroms po nudegimų gydyti. 3D spausdintuvu pagamintas įtvaras, turi pasižymėti patogumu, tinkama odos ventiliacija, lengvumu ir estetinėmis savybėmis (6). Atila straipsnyje aprašo, kad 3D spausdintuvo sukurtus įtvarus galima saugiai naudoti vaikams, patyrusiems nudegimus (6). Tačiau pabrėžiama, jog informacijos literatūroje apie 3D spausdintuvų naudojimą vaikams po nudegimų gydant išsivysčiusias kontraktūras yra mažai, reikalingi tolimesni mediciniai tyrimai šia tema (6). Dar vienas 3D spausdintuvo privalumas yra tai, kad 3D spausdintuvą galima gabenti iš miesto ligoninių į periferines ligonines. Spausdintuvus leidžia pagaminti tvarsčius, įtvarus iškart vietoje, todėl nereikia laukti pagal užsakymą pagamintų produktų (5). Siekiant gerinti 3D spausdinimo technologiją nudegimų srityje, reikia įveikti biologinius, technologinius iššūkius, kad būtų užtikrintas sėkmingas klinikinis pritaikymas. Tai įmanoma tik taikant integruotą požiūrį, derinant inžinerijos, biomedžiagų mokslo, ląstelių biologijos ir rekonstrukcinės mikrochirurgijos technologijas (48). Šiuo metu apie 3D spausdinimo taikymą mažai mokslinės informacijos, tačiau tai yra revoliucinė technologija. Dėl greitos gamybos, individualaus projektavimo ir pritaikymo galimybės tai yra perspektyvi technologija, kurią galima pritaikyti pediatriinėje klinikinėje praktikoje (5). Pritaikius šią naują techniką naujagimių ir vaikų gydyme, būtų sumažinamas mirtingumas ir pagerinama gyvenimo kokybė. 3D spausdinimas leidžia teikti ekonomiškai efektyvų gydymą, atsižvelgiant į individualius pacientų poreikius (5). Taip pat svarbu paminėti hiperbarinio deguonies terapijos taikymą, kuris yra saugi ir veiksminga priemonė, gerinanti nudegimo žaizdų gijimą. Pagerina audinių prisotinimą deguonimi, užkerta kelią odos išemijai, mažina edemą, moduliuoja stazės zoną. Tačiau reikia daugiau mokslinių tyrimų, kad būtų galima daryti platesnes išvadas apie hiperbarinio deguonies naudingumą gydant vaikų nudegimus (1).

Žaizdų gydymui galima taikyti NSŽT (*Negative Pressure Wound Therapy*). Ši terapija - tai neinvazinis gydymo būdas, kuris palengvina nudegimų žaizdų gijimą (49). Ši intervencija sukuria neigiamą slėgį žaizdos paviršiuje, dėl kurio pagerėja kraujotakos perfuzija, sumažėja edema, palaikoma drėgna aplinka, skatinama ląstelių migracija, proliferacija, angiogenezė, ir granuliuojančio audinio sintezė (50,51). NSŽT sukuria uždara ir drėgną žaizdos gijimo aplinką,

sumažina žaizdos infekciją, leidžia kiekybiškai įvertina skysčių nuostolius žaizdos srityje, todėl leidžia tiksliau koreguoti skysčių terapiją (51). Odos persodinimo metu NSŽT padeda išlaikyti transplantatą ant žaizdos labai judrioje vietoje ir skatina odos transplantato prilipimą (51). NSŽT terapija skirta gydyti vaikams antro, trečio ir ketvirto laipsnio įvairios etiologijos nudegimus (terminius, cheminius, elektros), įskaitant problemines vietas, pavyzdžiui, perianalinę sritį (51). Taip pat galima taikyti NSŽT prieš odos transplantato uždėjimą, kad būtų paruoštas žaizdos dugnas transplantanto priėmimui (51). Anksčiau nei vaikams, NSŽT terapija pradėta taikyti suaugusių ligoms: diabetinės pėdos opos, odos persodinimas, lėtinės negyjančios žaizdos, dėl spaudimo susidariusios opos (50). NSŽT terapijos metu žaizdos guolis patepamas specialiomis putomis, padengiamas lipnia plėvele ir sujungiamas per vamzdelį su siurbliu, kuris sukelia neigiamą slėgį (51). Taikant NSŽT vaikams reikia atsižvelgti vaikų kūno svorį, gretutines ligas, žaizdos dydį ir vietą (51). Pagal amžių nustatomas atitinkamas neigiamas slėgis, gydymo trukmė, tvarsčių keitimo dažnumas (51). Saugūs NSŽT slėgio nustatymai yra -50-75 mmHg slėgis jaunesniems nei 2 metų amžiaus pacientams ir -75-125 mmHg slėgis vyresniems nei 2 metų amžiaus vaikams (51). Jaunesniems nei 12 mėnesių vaikams patyrusiems nudegimus, turi būti naudojamas 40 mmHg slėgis (49). NSŽT terapija taikoma nuo 3 iki 10 dienų (51).

Frear randomizuotame klininiame tyrime įrodė, kad NSŽT pagerina vaikų su nudegimais klinikinius rezultatus, nes pagreitina žaizdos reepitelizaciją (50). Vidutinė pakartotinės epitelizacijos trukmė NSŽT grupėje buvo 8 dienos, o kontrolinėje grupėje - 10 dienų (50). Dėl greitesnės epitelizacijos vaikams sumažėjo randų susidarymo rizika ateityje (50). Taip pat taikant terapiją pastebėtos mažesnės sveikatos priežiūros išlaidos (50). Svarbu pabrėžti, jog NSŽT nepasižymėjo didesniu skausmingumu lyginant su kitų tvarsčių taikymu (50). NSŽT grupės vaikams reikėjo mažiau tvarsčių keitimo, o tai yra svarbūs aspektas gydant vaikus, nes vaikai yra jautrūs skausmui. keičiant tvarsčius taikoma sedacija, bendroji anestezija. NSŽT terapija leidžia išvengti papildomos sedacijos, bendrosios anestezijos poreikio (50,51). Tačiau NSŽT aparato naudojimas ir prietaiso valdymas yra sudėtingesnis nei standartinių tvarsčių. Užtrunka daugiau laiko ir pastangų dedant ir nuimant NSŽT aparatą (49). Retos NSŽT terapijos komplikacijos yra kraujavimas, infekcijos ir mechaniniai prietaiso sutrikimai (51). Apibendrinant galime teigti, kad NSŽT vaikams su nudegimais yra saugi ir veiksminga, nesukelianti pernelyg didelio kraujavimo ar skausmo (36).

Taip pat paminėsime, jog yra specialios lovos (*Fluidized microsphere beads-beds*), kurios yra tinkamos pooperacinių žaizdų priežiūroje (1). Siekiant išvengti randų susidarymo yra spaudžiančių rūbų terapija (*Pressure garment therapy*). Tačiau yra mažai mokslinių duomenų apie šios technologijos klinikinį veiksmingumą ir ekonominį efektyvumą (52). Nudegimus patyrusiems asmenims, nepriklausomai nuo nudegimo traumos dydžio, reikia kuo anksčiau pradėti judėti ir

vaikščioti (23). Rekomenduojama bent 6 savaitių trukmės fizinio aktyvumo treniruočių taikymas vaikams po nudegimų (53).

7. APTARIMAS

7.1. NUDEGIMŲ DIAGNOSTIKOS APTARIMAS

Naujausios vaikų nudegimų gydymo gairės Lietuvoje pateiktos 2018 m. išleistame „Pediatrijos“ vadovėlyje, kurį sudarė prof. Rimantas Kėvalas. Šiame aptarime nagrinėjamos galimybės patobulinti šias gaires.

Pradinio gydymo metu svarbu įvertinti vaikų nudegimų dydį ir gylį, nes nuo to priklausys tolimesnė gydymo taktika. Nudegimo sunkumas vertinamas pagal BNKPP ir gylį. Literatūroje nurodoma, kad BNKPP vertinamas naudojant Lund ir Browder nudegimų schemą, kuri išreiškiama kūno paviršiaus procentine dalimi ir kinta priklausomai nuo vaiko amžiaus. Taip pat aprašoma Baux balo vertinimo sistema, skirta prognozuoti mirtingumą po nudegimo (paciento amžius + BNKPP). Gydymo įstaigose dažnai taikoma modifikuota Baux formulė, kai, esant inhaliaciniam sužalojimui, pridedama papildomai 17 % (amžius + BNKPP + 17 %). Vaikų nudegimo ploto apskaičiavimo lentelės pateikiamos gydymo gairėse, tačiau Baux formulė jose neminima, todėl rekomenduojama svarstyti jos įtraukimą.

Dažnai vaikų BNKPP pradinio etapo metu būna pervertinamas. Išmaniosios technologijos gali padėti tiksliau įvertinti nudegimų plotą. Programėlės, tokios kaip „E-Kare“, „Silhouette“, „Mersey Burns“, „Burns Case 3D“ ir „Rapid Burn Assessor“, automatiškai apskaičiuoja nudegimų žaizdos plotą, remiantis paciento nudegimo nuotraukomis ar jų pavaizdavimais programėlėse. Šių programėlių naudojimas pradinio gydymo etape gali padėti sutrumpinti pacientų apžiūros laiką ir tiksliau įvertinti nudegimo plotą, net jei vertinimą atlieka specialistai, turintys mažiau patirties vaikų nudegimų srityje. Šių programėlių taikymas nėra minimas gairėse, todėl rekomenduojama jas įtraukti į gaires.

Kitas svarbus aspektas – nudegimų gylio įvertinimas. Nustatyti nudegimų BNKPP gydytojams yra paprasčiau nei tiksliai nustatyti nudegimų gylį. Šiuo metu dažniausiai nudegimų gylis vertinamas remiantis gydytojų atliekamu vizualiu vertinimu. Literatūroje pateikiami įvairūs nudegimų gylio įvertinimo metodai, tokie kaip radioktyvieji izotopai, nefluorescenciniai ir fluorescenciniai dažai, termografija, fotometrija, branduolinis magnetinis rezonansas, pulsinis – echo ultragarsas, doplerio ultragaras, lazerinis doplerio vaizdavimas. Vaikų nudegimų diagnostikoje svarbiausi neinvaziniai metodai yra doplerio ultragaras ir lazerinis doplerio skenavimas. Gairėse nurodoma, kad diagnostikoje naudojamas lazerinis dopleris, kas atitinka naujausios literatūros pateiktą informaciją. Gydytojų specialistų tikslumas nustatant gylį siekia iki 61,5 % (gairėse nurodoma 70 %), tuo tarpu lazerinio doplerio tikslumas svyruoja nuo 54 % iki 95 %. Vis dėlto literatūra pabrėžia, jog reikalingi detalesni šių technologijų naudojimo vaikų klinikinėje praktikoje tyrimai. Taip pat reikalingos bendros tarptautinės rekomendacijos dėl ultragarsinio ir lazerinio

doplerio naudojimo. Prieš taikant šias priemones, svarbu, kad gydytojai būtų tinkamai apmokyti jas naudoti.

Inhaliacinis vaikų sužalojimas dėl nudegimų yra reta patologija. Literatūroje nurodoma, kad tokio sužalojimo buvimas gali padidinti mirtingumą iki 40 %. Įtarus inhaliacinę traumą, privaloma atlikti fibrobronchoskopiją. Literatūroje pateikiama inhaliacinio sužalojimo klasifikacijos lentelė, pagal kurią, remiantis fibrobronchoskopijos radiniais, nustatomas pažeidimo lygis. Gydytas koreguojamas atsižvelgiant į nustatytą pažeidimo lygį. Naudojamose gairėse inhaliacinis sužalojimas neminimas, todėl rekomenduojama jį įtraukti.

7.2. NUDEGIMŲ GYDYMO APTARIMAS

Svarbus vaikų nudegimų gydymo tikslas – atstatyti netekto skysčio kiekį, siekiant išvengti su skysčių netekimu susijusių komplikacijų. Vaikų cirkuliuojantis skysčio kiekis yra mažas, skysčių terapija turi būti pradėta nedelsiant. Literatūroje nurodoma, kad dažniausiai vaikams skysčių poreikis apskaičiuojamas pagal Galveston arba Cincinnati formules. Tačiau pabrėžiama, kad nėra atlikta tiesioginių šių formulių palyginimo tyrimų, todėl negalime teigti, kuri iš jų yra pranašesnė. Skysčių poreikio apskaičiavimas ir balanso palaikymas gydytojui yra sudėtingas uždavinys. Tikimasi, kad išmaniosios programėlės, uždaro ciklo skysčių tiekimo sistemos ir kompiuterizuotos sprendimų paramos sistemos padės palaikyti reikiamą skysčių balansą vaikams. Rekomenduojama atlikti klinikinius tyrimus su šiomis technologijomis ir apsvarstyti jų taikymą klinikinėje praktikoje.

GVT yra reta patologija vaikų populiacijoje, tačiau dėl nudegimų patofiziologijos nudegimai yra viena iš rizikos veiksnių GVT susidarymui. Šiuo metu trūksta tarptautinių rekomendacijų apie vaikų GVT gydymą esant dideliems nudegimams. Reikalingos tarptautinės gairės, skirtos diagnozuoti ir gydyti vaikų GVT, susijusią su nudegimais.

Vaikų nudegimai reikalauja daugkartinių žaizdų perrišimų, kurie vaikams sukelia psichologinį stresą dėl patiriamo skausmo. Skausmo terapiją būtina derinti su farmakologiniu ir nefarmakologiniu gydymu. Literatūroje nurodoma, kad siekiant sumažinti skausmą procedūrų metu, galima taikyti išmanias technologijas, virtualius žaidimus ir dėmesio atitraukimo priemones, pavyzdžiui, „Ditto“ programą. Taip pat naudinga taikyti inhaliacines aromaterapijas, kurios padeda sumažinti vaikų skausmo lygį. Lietuviškose gairėse šie šiuolaikiniai skausmo terapijos metodai nėra aptariami, todėl būtina juos įtraukti į rekomendacijas.

Pradinis chirurginis nudegimų gydymas apima negyvybingų audinių pašalinimą ir žaizdos išvalymą. Gairėse nurodytas žaizdos išvalymo būdas – nekrektomija. Išanalizuotoje literatūroje pabrėžiama, kad atsirado nauji negyvybingų audinių šalinimo metodai, tokie kaip hidrochirurgija ir fermentinis gydymas. Šie metodai leidžia pašalinti negyvybingas audinio dalis, siekiant kuo labiau išsaugoti gyvybingus dermos sluoksnius. Tačiau reikalingi detalesni tyrimai, kurie leistų įvertinti šių

metodų veiksmingumą ir galimus nepageidaujamus reiškinius vaikų populiacijoje. Rekomenduojama apsvarstyti hidrochirurgijos ir fermentinio metodo įtraukimą į gaires.

Esant giliems didelio ploto nudegimams vaikams, iškyla problema dėl ribotų donorinių vietų odos persodinimui. Literatūroje nurodoma, kad modifikuota Meek mikrografavimo transplantacijos technika gali būti naudinga sprendžiant šią problemą, kai donorinių vietų yra mažai, o nudegimo plotas didelis. Tačiau pabrėžiama, kad ši technika pasižymi ilgesnėmis darbo, laiko ir finansinėmis sąnaudomis, palyginti su įprastu tinkleliniu odos išplėtimu. Taip pat autologinės odos ląstelių suspensijos ir kultivuoti epidermio autotransplantatai žada būti perspektyvūs gydymo metodai ateityje, tačiau šiuo metu nėra patvirtinta teigiamų jų efektyvumo rezultatų. Rekomenduojama svarstyti šių metodų įtraukimo į klinikinę praktiką galimybę ateityje, atlikus papildomus klinikinius tyrimus.

Literatūroje aprašoma, kad klinikinėje praktikoje vis dažniau pradeda taikyti biologinius tvarščius, tokius kaip „Alloderm“, „Integra“, „Epicel“, „Epifix“. Inžineriniai odos pakaitalai siūlo naujas alternatyvas gydant didelio ploto nudegimus, sumažindami donorinių vietų paėmimo poreikį. Atliekama tyrimų su inžineriniais odos pakaitalais, susijusiais su kultivuotais keratinocitais ir odos fibroblastais. Literatūroje pabrėžiama, kad 3D biospausdinimo technologijos leidžia įtraukti gyvas ląsteles ir sukurti funkcionalius gyvus audinius, o trimačią programinę įrangą galima pritaikyti tvarsliaivos gamybai, specifiskai atitinkančiai paciento poreikius. Be to, 3D technologija leidžia sukurti ir iš karto atspausdinti pacientui reikalingus įtvarus, kurie gali padėti išvengti kontraktūrų vystymosi. Vadovaujančiose gairėse minimi biologiniai tvarščiai, tačiau nėra paminėta daug žadanti 3D technologija. Taip pat gairėse nėra paminėta žaizdų gydymui naudojama NSŽT, kuri pasižymi žaizdos reepitelizacijos pagreitinimu. Rekomenduojama apsvarstyti galimybę papildyti gaires šia informacija.

Kalbant apie pirmąją pagalbą, literatūroje nurodoma, kad atlikti klinikiniai tyrimai patvirtina plastifikuotos polivinilchlorido plėvelės efektyvumą, taikant ją pirmosios pagalbos metu vaikams po nudegimų, kol pacientas bus transportuojamas į gydymo įstaigą. Tačiau gairėse šiuo metu nepaminėtas specifinis tvarstis, skirtas naudoti pirmu momentu po nudegimo. Rekomenduojama svarstyti galimybę įtraukti plastifikuotą polivinilchlorido plėvelės naudojimą į gaires, siekiant užtikrinti efektyvesnę pirmąją pagalbą vaikams po nudegimų.

Svarbu išsamiai aptarti plačiai klinikinėje praktikoje naudojamo sidabro sulfadiazino, kaip vietinės antibakterinės priemonės, taikymą vaikų nudegimų gydyme. Literatūroje pabrėžiama, kad sidabro turinčios priemonės gali sulėtinti žaizdos reepitelizacijos laiką. Sidabro jonai, esantys šiame antibakteriniame tepale, ne tik veikia bakterijas, bet ir turi neigiamą poveikį odos ląstelėms, slopindami keratinocitų ir fibroblastų proliferaciją. Todėl gydytojais turėtų atsargiai vertinti plataus

sidabro sulfadiazino naudojimą vaikų nudegimų gydyme. Lietuviškose gairėse nurodomas neigiamas sidabro sulfadiazino poveikis, atitinkantis naujausią literatūrą.

Literatūroje taip pat minimos naujos priemonės, kurios gali tapti viena iš antimikrobinių preparatų sudedamųjų dalių ateityje – GM-KSF (granulocitų makrofagų kolonijas stimuliuojantis faktorius). Tyrimų duomenimis, GM-KSF skatina makrofagų aktyvaciją, o tai veiksmingai pagreitina žaizdų gijimą ir atstato pažeistą odą. Tačiau ši naujovė šiuo metu yra patvirtinta tik eksperimentiniuose tyrimuose su gyvūnais, todėl būtina atlikti detalesnius tyrimus vaikų populiacijoje, siekiant įvertinti jos veiksmingumą ir saugumą klinikinėje praktikoje.

8. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Atliktos analizės metu buvo panaudoti 53 moksliniai šaltiniai. Analizuojant mokslinę literatūrą paaiškėjo, kad šiuolaikinėje vaikų nudegimų diagnostikoje reikšmingą vaidmenį atlieka doplerinis ultragarsas ir lazerinis doplerinis vaizdavimas. Lazerinė doplerografija jau minima šiuo metu galiojančiose gairėse. Tačiau jose neaptiriamos išmaniųjų įrenginių programėlės, skirtos nudegimo ploto vertinimui, kurios galėtų būti įtrauktos į diagnostinius algoritmus. Taip pat būtų tikslinga papildyti gaires modifikuota Baux formule bei inhaliacinių sužalojimų gydymo algoritmu, kurie išskiriami naujausiuose šaltiniuose.

Rekomenduojama praplėsti gaires, įtraukiant plastifikuotos polivinilchlorido plėvelės taikymą kaip efektyvią pirmosios pagalbos priemonę nudegimų atveju. Taip pat svarbu apsvarstyti galimybę įtraukti dėmesio atitraukimo programas, virtualius žaidimus bei kitas nefarmakologines priemones, kurios padėtų sumažinti vaikų patiriamą skausmą bei psichologinį diskomfortą gydymo metu.

Chirurginio gydymo rekomendacijos taip pat galėtų būti išplėtos, įtraukiant pažangius negyvybingų audinių šalinimo metodus, tokius kaip hidrochirurgija, fermentinis gydymas bei modifikuota Meek mikrografavimo transplantacijos technika.

Būtina atlikti papildomus tyrimus dėl 3D biospausdinimo technologijų, GM-CSF naudojimo ir automatizuotų skysčių poreikio skaičiavimo sistemų. Taip pat reikalingi tyrimai dėl sidabro sulfadiazino neigiamo poveikio žaizdų gijimui ir alternatyvių antibakterinių priemonių paieška. Svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad šiuo metu trūksta tarptautinių gairių dėl GVT diagnostikos ir gydymo vaikams, sergantiems dideliais nudegimais. Ši spraga išlieka reikšmingu iššūkiu tarptautinėje klinikinėje praktikoje.

Apibendrinant galima teigti, kad naujausių technologijų integravimas į vaikų nudegimų diagnostiką ir gydymą gali reikšmingai pagerinti gydymo efektyvumą bei pacientų išgyvenamumo prognozes. Šios inovacijos prisideda prie didesnio vaikų išgyvenamumo, lemia greitesnį gijimo procesą, mažina ilgalaikių komplikacijų riziką ir gerina pacientų gyvenimo kokybę. Norint užtikrinti aukščiausius gydymo standartus, būtina nuolat atnaujinti nacionalines gaires, į jas integruojant moksliskai pagrįstus ir naujausiais tyrimais paremtus gydymo metodus.

9. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Jeschke MG, Kamolz LP, Shahrokhi S, editors. Burn Care and Treatment: A Practical Guide [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2021 [cited 2025 Jan 5]. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-39193-5>
2. Arbuthnot MK, Garcia AV. Early resuscitation and management of severe pediatric burns. *Seminars in Pediatric Surgery*. 2019 Feb;28(1):73–8.
3. Jozsa G, Vajda P, Garami A, Csenkey A, Juhasz Z. Treatment of partial thickness hand burn injuries in children with combination of silver foam dressing and zinc-hyaluronic gel: Case reports. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Mar;97(13):e9991.
4. Nunez Lopez O, Norbury WB, Herndon DN, Lee JO. Special Considerations of Age. In: *Total Burn Care* [Internet]. Elsevier; 2018 [cited 2024 Sep 20]. p. 372-380.e2. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323476614000344>
5. V S S, Panigrahy N, Rath SN. Recent approaches in clinical applications of 3D printing in neonates and pediatrics. *Eur J Pediatr*. 2021 Feb;180(2):323–32.
6. Atilla A, Çankaya G, Öztörün Cİ, Oflaz H, Şenel E. Clinical trials of 3D printing splints to avoid contracture development in burned children. *Turk J Med Sci*. 2021 Oct 21;51(5):2543–53.
7. Shoham Y, Krieger Y, Rubin G, Koenigs I, Hartmann B, Sander F, et al. Rapid enzymatic burn debridement: A review of the paediatric clinical trial experience. *Int Wound J*. 2020 Oct;17(5):1337–45.
8. Wormald JC, Wade RG, Dunne JA, Collins DP, Jain A. Hydrosurgical debridement versus conventional surgical debridement for acute partial-thickness burns. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 Sep 3;9(9):CD012826.
9. Romanowski KS, Palmieri TL. Pediatric burn resuscitation: past, present, and future. *Burns & Trauma* [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2024 Oct 30];5. Available from: <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1186/s41038-017-0091-y/5680309>
10. Brown NJ, Kimble RM, Gramotnev G, Rodger S, Cuttle L. Predictors of re-epithelialization in pediatric burn. *Burns*. 2014 Jun;40(4):751–8.
11. Suman A, Owen J. Update on the Management of Burns in Paediatrics. *BJA Education*. 2020 Mar;20(3):103–10.
12. Níimíá HH, Carvalho VF, Isaac C, Souza FÁ, Gemperli R, Paggiaro AO. Comparative study of Silver Sulfadiazine with other materials for healing and infection prevention in burns: A systematic review and meta-analysis. *Burns*. 2019 Mar;45(2):282–92.
13. Asefa L, Abebe MW, Negussie AG. PATTERNS AND OUTCOMES OF PEDIATRIC BURN INJURIES IN A TERTIARY HOSPITAL's BURN UNIT. *Burns Open*. 2024 Apr;8(2):87–91.
14. Sierra Zúñiga MF, Castro Delgado OE, Merchán-Galvis AM, Caicedo JCC, Calvache JA, Delgado-Noguera M. Factors associated with length of hospital stay in minor and moderate burns at Popayan, Colombia. Analysis of a cohort study. *Burns*. 2016 Feb;42(1):190–5.
15. Roth Bettlach CL, Bergheger C, Jacobson L, Pet MA. Treatment of Pediatric Upper Extremity Burns. *The Journal for Nurse Practitioners*. 2023 Mar;19(3):104536.
16. ISBI Practice Guidelines Committee, Ahuja RB, Gibran N, Greenhalgh D, Jeng J, Mackie D, et al. ISBI Practice Guidelines for Burn Care. *Burns*. 2016 Aug 1;42(5):953–1021.
17. Kaddoura I, Abu-Sittah G, Ibrahim A, Karamanoukian R, Papazian Njta. Burn injury: review of pathophysiology and therapeutic modalities in major burns. *Annals of burns and Fire Disasters*. 2017;30(2):95.
18. Sen CK, Ghatak S, Gnyawali SC, Roy S, Gordillo GM. Cutaneous Imaging Technologies in Acute Burn and Chronic Wound Care. *Plastic & Reconstructive Surgery*. 2016 Sep;138(3S):119S-128S.
19. Mirdell R, Farnebo S, Sjöberg F, Tesselaar E. Accuracy of laser speckle contrast imaging in the assessment of pediatric scald wounds. *Burns*. 2018 Feb;44(1):90–8.

20. Claes KEY, Hoeksema H, Vyncke T, Verbelen J, De Coninck P, De Decker I, et al. Evidence Based Burn Depth Assessment Using Laser-Based Technologies: Where Do We Stand? *Journal of Burn Care & Research*. 2021 May 7;42(3):513–25.
21. Elmasry M, Mirdell R, Tesselaar E, Farnebo S, Sjöberg F, Steinvall I. Laser speckle contrast imaging in children with scalds: Its influence on timing of intervention, duration of healing and care, and costs. *Burns*. 2019 Jun;45(4):798–804.
22. Lasers Surg Med - 2017 - Ponticorvo - Quantitative long-term measurements of burns in a rat model using Spatial Frequency-1.pdf.
23. Allorto N, Atieh B, Bolgiani A, Chatterjee P, Cioffi W, Dziewulski P, et al. ISBI Practice Guidelines for Burn Care, Part 2. *Burns*. 2018 Nov 1;44(7):1617–706.
24. Depamphilis MA, Cauley RP, Sadeq F, Lydon M, Sheridan RL, Driscoll DN, et al. Surgical management and epidemiological trends of pediatric electrical burns. *Burns*. 2020 Nov;46(7):1693–9.
25. Valentini M, Segnfredo FB, Fernandes SA. Pediatric enteral nutrition therapy for burn victims: when should it be initiated? *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(3):393–402.
26. Yang X, Li R, Zhai J, Fan Y, Gong S, Li L, et al. Effects of early enteral nutrition in patients with severe burns: A systematic review. *Medicine (Baltimore)*. 2024 Feb 16;103(7):e37023.
27. Schryver E, Klein GL, Herndon DN, Suman OE, Branski LK, Sousse LE. Bone metabolism in pediatric burned patients: A review. *Burns*. 2018 Dec;44(8):1863–9.
28. Alturki N, Alkahtani M, Daghistani M, Alyafi T, Khairy S, Ashi M, et al. Incidence and risk factors for deep vein thrombosis among pediatric burn patients. *Burns*. 2019 May;45(3):560–6.
29. McBride CA, Kimble RM, Stockton K. Three donor site dressings in pediatric split-thickness skin grafts: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2015 Feb 8;16:43.
30. Brown NJ, Kimble RM, Rodger S, Ware RS, Cuttle L. Play and heal: randomized controlled trial of Ditto™ intervention efficacy on improving re-epithelialization in pediatric burns. *Burns*. 2014;40(2):204–13.
31. Brown NJ, David M, Cuttle L, Kimble RM, Rodger S, Higashi H. Cost-Effectiveness of a Nonpharmacological Intervention in Pediatric Burn Care. *Value Health*. 2015 Jul;18(5):631–7.
32. Sajeev MF, Kelada L, Yahya Nur AB, Wakefield CE, Wewege MA, Karpelowsky J, et al. Interactive video games to reduce paediatric procedural pain and anxiety: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2021 Oct;127(4):608–19.
33. Ardahan Akgül E, Karakul A, Altın A, Doğan P, Hoşgör M, Oral A. Effectiveness of lavender inhalation aromatherapy on pain level and vital signs in children with burns: a randomized controlled trial. *Complement Ther Med*. 2021 Aug;60:102758.
34. Nelson S, Conroy C, Logan D. The biopsychosocial model of pain in the context of pediatric burn injuries. *European Journal of Pain*. 2019 Mar;23(3):421–34.
35. Ciornei B, David VL, Popescu D, Boia ES. Pain Management in Pediatric Burns: A Review of the Science behind It. *Glob Health Epidemiol Genom*. 2023;2023:9950870.
36. Bairagi A, Griffin B, Banani T, McPhail SM, Kimble R, Tyack Z. A systematic review and meta-analysis of randomized trials evaluating the efficacy of autologous skin cell suspensions for re-epithelialization of acute partial thickness burn injuries and split-thickness skin graft donor sites. *Burns*. 2021 Sep;47(6):1225–40.
37. García-Díaz A, Gacto-Sánchez P, Durán-Romero AJ, Carrasco-García S, Ruiz-Moya A, Molina-Morales J, et al. Pediatric major burns: a monocentric retrospective review of etiology and outcomes (2008–2020). *Eur J Plast Surg*. 2022 Apr 26;45(6):967–75.
38. Alsaif A, Karam M, Hayre A, Abul A, Aldubaikhi A, Kahlar N. Full thickness skin graft versus split thickness skin graft in paediatric patients with hand burns: Systematic review and meta-analysis. *Burns*. 2023 Aug;49(5):1017–27.

39. Meuli M, Hartmann-Fritsch F, Hüging M, Marino D, Saglini M, Hynes S, et al. A Cultured Autologous Dermo-epidermal Skin Substitute for Full-Thickness Skin Defects: A Phase I, Open, Prospective Clinical Trial in Children. *Plast Reconstr Surg*. 2019 Jul;144(1):188–98.
40. Noureldin MA, Said TA, Makeen K, Kadry HM. Comparative study between skin micrografting (Meek technique) and meshed skin grafts in paediatric burns. *Burns*. 2022 Nov;48(7):1632–44.
41. Fayyazbakhsh F, J. Khayat M, C. Leu M. 3D-Printed Gelatin-Alginate Hydrogel Dressings for Burn Wound Healing: A Comprehensive Study. *IJB*. 2022 Sep 19;8(4):618.
42. Hundeshagen G, Collins VN, Wurzer P, Sherman W, Voigt CD, Cambiaso-Daniel J, et al. A Prospective, Randomized, Controlled Trial Comparing the Outpatient Treatment of Pediatric and Adult Partial-Thickness Burns with Suprathel or Mepilex Ag. *J Burn Care Res*. 2018 Feb 20;39(2):261–7.
43. Cartotto R. Topical antimicrobial agents for pediatric burns. *Burns & Trauma* [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2025 Jan 21];5. Available from: <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1186/s41038-017-0096-6/5680341>
44. Boyce ST, Simpson PS, Rieman MT, Warner PM, Yakuboff KP, Bailey JK, et al. Randomized, Paired-Site Comparison of Autologous Engineered Skin Substitutes and Split-Thickness Skin Graft for Closure of Extensive, Full-Thickness Burns: *Journal of Burn Care & Research*. 2017;38(2):61–70.
45. Aziz Z, Abdul Rasool Hassan B. The effects of honey compared to silver sulfadiazine for the treatment of burns: A systematic review of randomized controlled trials. *Burns*. 2017 Feb;43(1):50–7.
46. Chi YF, Chai JK, Luo HM, Zhang QX, Feng R. Safety of recombinant human granulocyte-macrophage colony-stimulating factor in healing pediatric severe burns. *Genet Mol Res*. 2015 Mar 31;14(1):2735–41.
47. Holbert MD, Kimble RM, Chatfield M, Griffin BR. Effectiveness of a hydrogel dressing as an analgesic adjunct to first aid for the treatment of acute paediatric burn injuries: a prospective randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2021 Jan 5;11(1):e039981.
48. Jessop ZM, Al-Sabah A, Gardiner MD, Combella E, Hawkins K, Whitaker IS. 3D bioprinting for reconstructive surgery: Principles, applications and challenges. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2017 Sep;70(9):1155–70.
49. Frear CC, Cuttle L, McPhail SM, Chatfield MD, Kimble RM, Griffin BR. Randomized clinical trial of negative pressure wound therapy as an adjunctive treatment for small-area thermal burns in children. *Br J Surg*. 2020 Dec;107(13):1741–50.
50. Frear CC, Griffin BR, Cuttle L, Kimble RM, McPhail SM. Cost-effectiveness of adjunctive negative pressure wound therapy in paediatric burn care: evidence from the SONATA in C randomised controlled trial. *Sci Rep*. 2021 Aug 17;11(1):16650.
51. Pedrazzi NE, Naiken S, La Scala G. Negative Pressure Wound Therapy in Pediatric Burn Patients: A Systematic Review. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2021 May;10(5):270–80.
52. Moiemien N, Mathers J, Jones L, Bishop J, Kinghorn P, Monahan M, et al. Pressure garment to prevent abnormal scarring after burn injury in adults and children: the PEGASUS feasibility RCT and mixed-methods study. *Health Technol Assess*. 2018 Jun;22(36):1–162.
53. Clayton RP, Wurzer P, Andersen CR, Mlcak RP, Herndon DN, Suman OE. Effects of different duration exercise programs in children with severe burns. *Burns*. 2017 Jun;43(4):796–803.

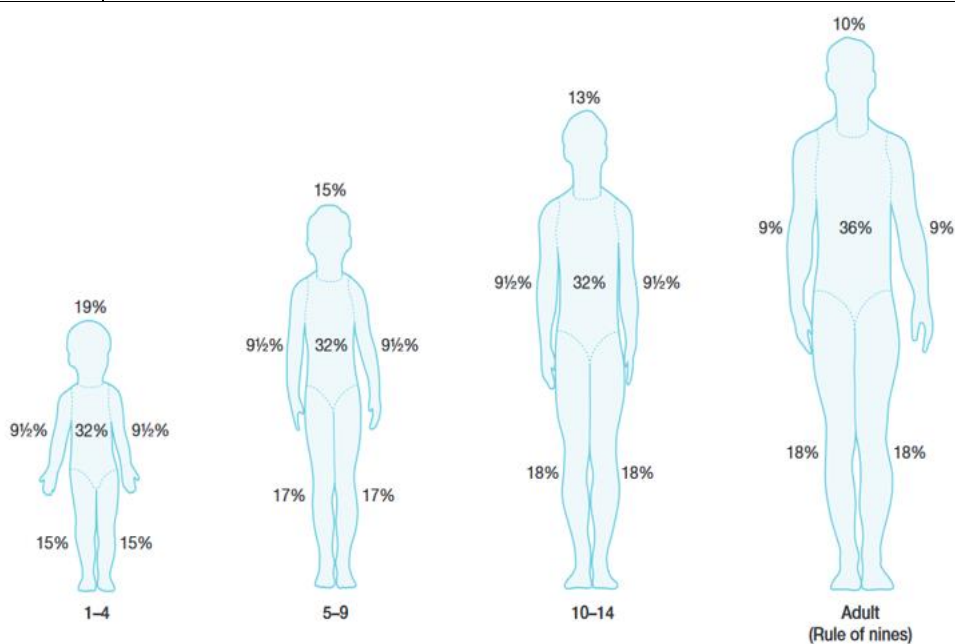
10. PRIEDAI

5 lentelė. *Vaikų gyvybinių rodiklių normos (4).*

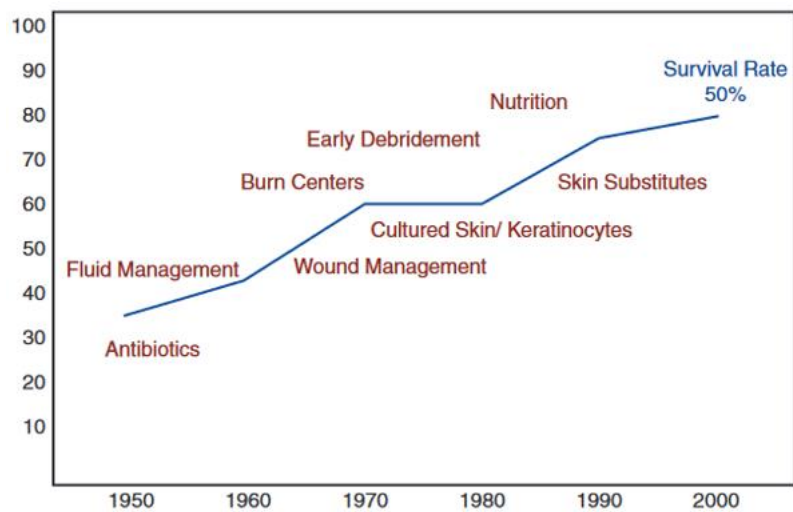
Amžius	Vidutinis širdies susitraukimų dažnis	Sistolinis arterinis kraujospūdis	Kvėpavimo dažnis	Minimalus hemoglobino kiekis (g/dL)	Minimalus hematokritas (%)
<2m.	100-160	86-106	30-40	11.0	33.0
2-5 m.	80-140	89-112	20-30	11.0	33.0
6-9m.	70-120	97-115	18-25	11.5	34-5
9-12m.	70-115	102-120	18-25	11.5	34-5
>12m.	60-110	90	12-20	12.0	36.0

6 lentelė. *Reepitalizacijos laikotarpiai (15).*

Nudegimo lygis	Reepitalizacijos laikotarpiai
Pirmo laipsnio nudegimas	Reepitalizacija įvyksta per 48 valandas.
Paviršinis dalinis nudegimas	Reepitalizacija įvyksta po 10 - 14 dienų.
Gilus dalinis nudegimas	Reepitalizacija įvyksta po 14 - 21 dienos.
Pilno odos storio nudegimas	Spontaniška reepitalizacija neįmanoma, todėl būtina chirurginė intervencija.



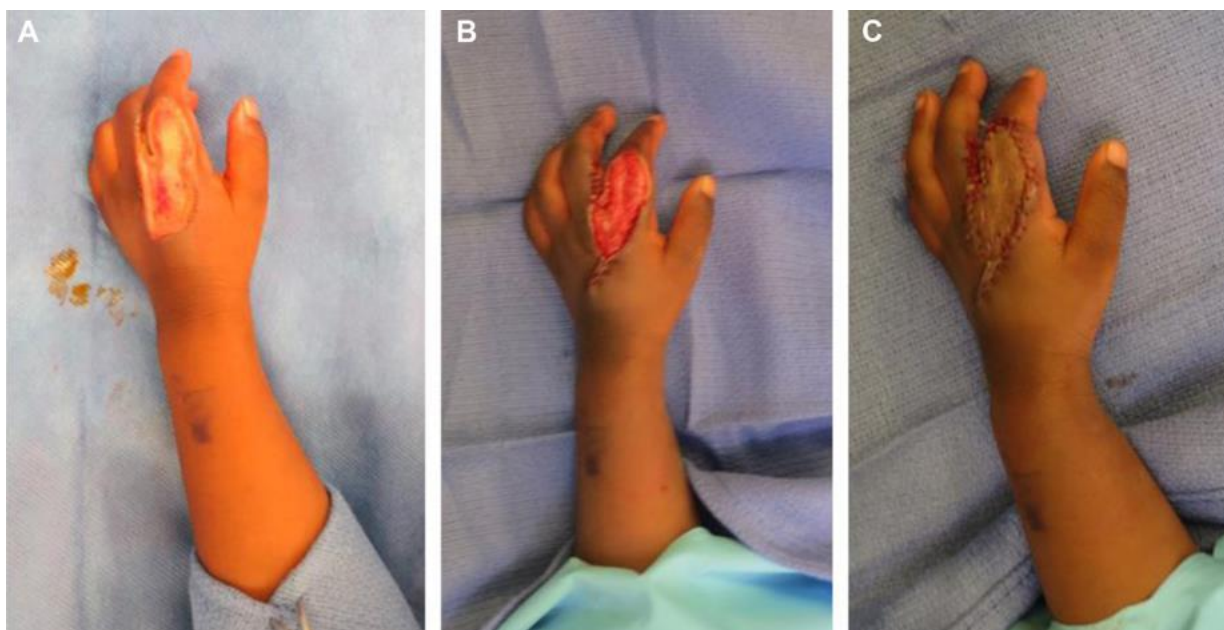
7 pav. „Devyneto taisyklė“, pritaikyta kūdikiams, vaikams ir suaugusiems (4).



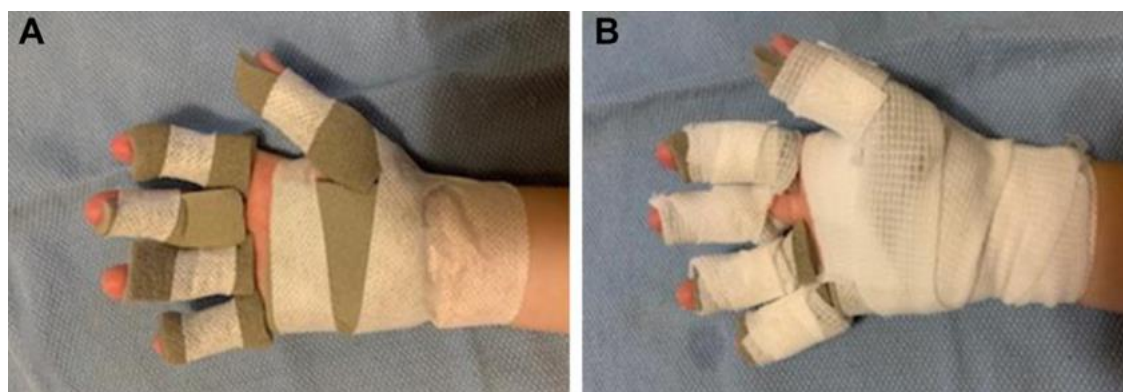
8 pav. Veiksniai, lemiantys geresnį išgyvenamumą per pastaruosius dešimtmečius, susiję su 80 % BNKPP nudegimais (1).



9 pav. Nekrektomijos taikymas viršutinės galūnės viso storio nudegimams gydyti (15).



10 pav. Viso odos storio rankos nudegimas gydymas viso odos storio transplantatu (15).



11 pav. Pavyzdys rankos nudegimo gydymo, naudojant „Mepilex Ag“ tvarstį (15).