

## PROGRAM POLITYKI ZDROWOTNEJ

AKCEPTUJĘ

.....

**Minister Zdrowia**

### **Rządowy program badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2022**

**Podstawa prawna: art. 48 ustawy z dnia 27 sierpnia 2004 r. o świadczeniach opieki  
zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych  
(Dz.U. 2020 poz. 1398 z późn. zm).**

Warszawa, 2020

## Spis treści

I. Opis problemu zdrowotnego i uzasadnienie wprowadzenia programu polityki zdrowotnej.....	3
1.1. Opis problemu zdrowotnego.....	3
1.2. Dane epidemiologiczne.....	28
1.3. Opis obecnego postępowania.....	28
II. Cele programu polityki zdrowotnej i mierniki efektywności jego realizacji .....	34
2.1. Cel główny.....	34
2.2. Cele szczegółowe:.....	34
2.3. Mierniki efektywności realizacji programu polityki zdrowotnej .....	35
III. Charakterystyka populacji docelowej oraz interwencji.....	40
3.1. Populacja docelowa .....	40
3.2. Kryteria kwalifikacji do udziału w programie polityki zdrowotnej oraz kryteria wyłączenia z programu polityki zdrowotnej .....	40
3.3. Planowane interwencje .....	41
3.4. Sposób udzielania świadczeń zdrowotnych w ramach programu polityki zdrowotnej.....	47
3.5. Sposób zakończenia udziału w programie polityki zdrowotnej .....	48
IV. Organizacja programu polityki zdrowotnej.....	49
4.1. Etapy programu polityki zdrowotnej i działania podejmowane w ramach etapów.....	49
4.2. Warunki realizacji programu polityki zdrowotnej dotyczące personelu, wyposażenia i warunków lokalowych .....	90
V. Sposób monitorowania i ewaluacji programu polityki zdrowotnej.....	92
5.1. Monitorowanie.....	92
5.2. Ewaluacja.....	93
VI. Budżet programu polityki zdrowotnej.....	95
6.1. Koszty jednostkowe oraz całkowite .....	95
6.2. Źródło finansowania .....	100
Bibliografia.....	102
Załączniki .....	108

# I. Opis problemu zdrowotnego i uzasadnienie wprowadzenia programu polityki zdrowotnej

## 1.1. Opis problemu zdrowotnego

Program stanowi kontynuację poprzedniej edycji programu polityki zdrowotnej pn.: *Program badań przesiewowych noworodków w Polsce na lata 2015-2018*, którego realizatorem był Instytut Matki i Dziecka w Warszawie, zwany dalej „IMID”.

Badanie przesiewowe noworodków jest bardzo ważnym postępowaniem profilaktycznym, które polega na wstępnej identyfikacji chorób wrodzonych, za pomocą testów analitycznych, przed wystąpieniem objawów klinicznych. Choroby te niewykryte w pierwszym miesiącu życia prowadzą do zaburzeń rozwoju i często do ciężkiej niepełnosprawności intelektualnej wykluczającej samodzielne funkcjonowanie osoby chorej w społeczeństwie. W Rzeczypospolitej Polskiej rodzi się w ciągu roku blisko 400 dzieci z chorobami wrodzonymi objętymi obecnie programem badań przesiewowych. Jedynym sposobem na uratowanie tych dzieci jest wczesna diagnostyka biochemiczna, na podstawie analizy krwi noworodków pobranej na specjalną bibułę, co umożliwia wczesne rozpoczęcie leczenia już w pierwszych tygodniach, a nawet dniach życia. Populacyjne badania przesiewowe zostały uznane przez Światową Organizację Zdrowia za ważne działanie profilaktyczne, którego celem jest wykrycie i leczenie chorób wrodzonych, stanowiących zagrożenie dla życia dziecka lub prowadzących do zaburzeń rozwoju, ciężkiego przebiegu choroby i często trwałej niepełnosprawności intelektualnej.

Badania przesiewowe umożliwią: wykrycie noworodków podejrzanych o jedną z 30 chorób wrodzonych, zdiagnozowanie choroby przez dodatkowe testy biochemiczne i genetyczne, wdrożenie właściwego leczenia oraz w przypadku niektórych chorób monitorowanie leczenia w pierwszym roku życia (wrodzone wady metabolizmu) lub do 18 roku życia (fenyloketonuria). Stałe poszerzanie zakresu badań przesiewowych o kolejne choroby od początku wprowadzenia tych badań w Rzeczypospolitej Polskiej, umożliwiło wykrywanie i ratowanie coraz większej liczby noworodków. Ponadto, wdrożenie etapu diagnostyki potwierdzającej oraz monitorowanie leczenia doprowadziło do organizacji badań przesiewowych w Rzeczypospolitej Polskiej zgodnie z rekomendacjami ekspertów Unii Europejskiej.

Wrodzone wady metabolizmu oraz inne choroby objęte badaniami przesiewowymi noworodków są to w większości genetycznie uwarunkowane schorzenia, dlatego profilaktyka pierwotna tych chorób jest niemożliwa. W tych przypadkach (a także we wrodzonej niedoczynności tarczycy i wrodzonym przeroście nadnerczy) jedynie wczesne, tj. przedobjawowe wykrycie choroby umożliwia przeżycie dziecka, oraz poprawia rokowanie co do przebiegu klinicznego. Dzięki wczesnemu rozpoznaniu choroby, możliwe jest szybkie rozpoczęcie właściwego leczenia, które łagodzi objawy chorobowe i zapobiega wystąpieniu nieodwracalnych powikłań wielonarządowych, w tym niepełnosprawności intelektualnej.

Wczesne wykrycie chorób wrodzonych (w tym wrodzonych wad metabolizmu (WWM), endokrynopatii (wrodzonej niedoczynności tarczycy (WNT) i wrodzonego przerostu nadnerczy (WPN)) oraz mukowiscydozy (CF)) przez badania przesiewowe noworodków jest ważnym postępowaniem profilaktycznym, które chroni dzieci przed ciężkim rozwojem choroby, niepełnosprawnością intelektualną, a nawet śmiercią. Szereg chorób wrodzonych nie daje objawów klinicznych w pierwszych miesiącach życia, a nawet latach. Niektóre z nich, takie jak fenylketonuria (9,10, 18, 19, 44) i wrodzona niedoczynność tarczycy (16, 17, 40) oraz inne, powodują poważne zaburzenia rozwoju umysłowego w okresie rozwoju dróg kojarzeniowych mózgu. Inne ujawniają się nagle, z przebiegiem zagrażającym zdrowiu a nawet życiu, jak choroba syropu klonowego (MSUD) (7,9,10), acydurie, np. acyduria glutarowa typu I (GA I) (12,13), zaburzenia utleniania kwasów tłuszczowych, np. deficyt MCAD (7, 8, 9, 14), z 25% ryzykiem zgonu przy pierwszym epizodzie, deficyt LCHAD (7, 10, 15) i inne. Łączna częstość tych chorób wynosi około 1:1 000 urodzeń żywych. W celu uratowania tych dzieci już od 1963 r. były wprowadzane badania przesiewowe noworodków dla kolejnych chorób wrodzonych.

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę każdej z chorób objętej badaniami przesiewowymi w Rzeczypospolitej Polskiej.

#### **1) Wrodzona niedoczynność tarczycy – WNT (badanie przesiewowe całej populacji od 1995 r.)**

##### Opis:

Częstość występowania wrodzonej niedoczynności tarczycy (CH – Congenital Hypothyroidism) w polskiej populacji ocenia się na około 1:3 500 urodzeń żywych. Niedoczynność tarczycy (hypotyreoza) jest zespołem chorobowym wynikającym z niedoboru hormonów tarczycy. Przyczyny tej choroby: zaburzenia embriogenezy tarczycy: niewykształcenie się tarczycy, nieprawidłowa budowa, przemieszczenie tarczycy oraz zaburzenia genetyczne (mutacje).

##### Objawy:

Objawy kliniczne w wieku noworodkowym praktycznie nie występują, co uniemożliwia jej wykrycie kliniczne. W wieku późniejszym objawy WNT zależą od stopnia niedoboru hormonów tarczycy oraz okresu życia, w którym choroba się ujawniła (16, 17, 40).

Nieleczona niedoczynność tarczycy prowadzi do niepełnosprawności intelektualnej, często w stopniu głębokim. Ponadto w późniejszym wieku powoduje stopniowe narastanie wielu objawów somatycznych, takich jak: zahamowanie wzrastania, nieprawidłowe proporcje ciała: duża głowa, długi tułów, krótkie kończyny, opóźnione dojrzewanie kośćca, uszkodzenie zawiązków zębów, nietolerancja zimna, zmiany w układzie krążenia, powiększenie sylwetki serca, bradykardia, obrzęki, zmniejszenie filtracji kłębkowej w nerkach, niedokrwistość, zaburzenia gospodarki wapniowo – fosforanowej i tłuszczowej, opóźnione lub przedwczesne wystąpienie dojrzewania płciowego.

Wrodzonej niedoczynności tarczycy towarzyszy częstsze występowanie innych wad wrodzonych. U 8 – 11% chorych opisuje się obecność wady serca, dysplazji stawów biodrowych, zespołu mnogich wad rozwojowych oraz anomalii przewodu pokarmowego. WNT jest częstą patologią współistniejącą z zespołem Downa, nawet u 15 – 30% chorych.

Wczesne rozpoznanie choroby i wdrożenie leczenia substytucyjnego, polegającego na doustnej podaży soli sodowej L-tyroksyny, powoduje uzyskanie przez chore dziecko prawidłowych wskaźników rozwoju somatycznego i psychicznego. Obecnie postuluje się wdrożenie leczenia substytucyjnego już w drugim tygodniu życia.

#### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej: ↑-↑↑ Tyreotropina (TSH),
2. w surowicy krwi: ↑ TSH i ↓FT4.

#### **2) Wrodzony przerost nadnerczy – WPN (cała populacja objęta od 2017 r.)**

#### Opis:

Wrodzony przerost nadnerczy (CAH - *congenital adrenal hyperplasia*) jest związany z występowaniem bloków enzymatycznych na szlaku biosyntezy hormonów kory nadnerczy (glikokortykoidów oraz mineralokortykoidów). Zespół ten jest uwarunkowany genetycznie. Najczęściej niedobór enzymatyczny dotyczy 21-hydroksylazy, rzadziej 17-hydroksylazy, 11-hydroksylazy oraz dehydrogenazy 3β-hydroksylowej, co powoduje zachwianie równowagi hormonalnej. W rezultacie niskiego poziomu kortyzolu - nadnercza, pod wpływem hormonów przysadkowych, zwiększają nadmiernie produkcję androgenów, tj. męskich hormonów sterydowych. Podczas gdy jedna część nadnerczy wytwarza niedostateczną ilość kortyzolu i aldosteronu, druga część gruczołu produkuje zbyt dużo testosteronu. Jest to cecha różnicująca niedobór CAH związany z deficytem 21-hydroksylazy z chorobą Addisona, w której jest uogólniona dysfunkcja nadnerczy. Klasyczny przerost nadnerczy ujawnia się po porodzie lub w dzieciństwie zaburzeniami elektrolitowymi, występowaniem nadciśnienia tętniczego, oraz maskulinizacją, hirsutyzmem; u dziewczynek nieprawidłowymi zewnętrznymi narządami płciowymi. Może wymagać różnicowania z zespołem policystycznych jajników, a szczególnie tzw. niepełny lub opóźniony przerost nadnerczy (*late-onset-CAH*). Ujawnia się on w wieku późniejszym i nie towarzyszą mu zaburzenia w stężeniu mineralokortykoidów. Stwierdza się natomiast hirsutyzm, oligomenorrhoea, rzadziej przerost łechtaczki, łysienie.

U 4-6% pacjentek z objawami androgenizacji stwierdza się późno ujawniający się wrodzony przerost nadnerczy (4, 23, 24, 30, 39).

Klasyczny niedobór CAH-21-hydroksylazy: 3/4 pacjentów z poważnym niedoborem zarówno kortyzolu jak i aldosteronu jest narażonych na nadczynność kory nadnerczy powodującą odwodnienie i wstrząs lub

nawet śmierć w przypadku, gdy nie zostaną odpowiednio zdiagnozowane i leczone. U dzieci z klasycznym przypadkiem CAH-21 nadmierna produkcja androgenów w nadnerczach zaczyna się już we wczesnym okresie płodowym i powoduje nieprawidłowy przerost łechtaczki i maskulinizację układu moczowo-płciowego u dziewczynek.

Dziewczynki z pełnoobjawowym CAH często są klasyfikowane po porodzie jako chłopcy. Natomiast chłopcy z tym schorzeniem nie mają zniekształconych narządów płciowych przy urodzeniu, a ciągle nadmiar androgenów powoduje nietypowo szybkie wzrastanie. Przyspieszone dojrzewanie płciowe powoduje, że dziecko zbyt wcześnie przestaje rosnąć i osiąga niski wzrost ostateczny. Odpowiednie leczenie przywraca prawidłową równowagę hormonalną i umożliwia niemal normalny wzrost i prawidłowy cykl dojrzewania.

Odpowiednie zabiegi chirurgiczne wykonane przez doświadczonego urologa dziecięcego pozwalają odtworzyć kobiece narządy płciowe u noworodków płci żeńskiej.

#### Diagnostyka:

W większości krajów Unii Europejskiej oraz USA, Australii i Kanadzie wykonuje się badania przesiewowe noworodków w kierunku WPN w ramach rutynowego programu przesiewowego, z tych samych próbek krwi pobranych na bibułę. Potrzebę wykonywania testów w kierunku CAH u noworodków uzasadnia fakt, że śmiertelność spowodowana nadczynnością nadnerczy, głównie wśród noworodków płci męskiej, które nie mają zewnętrznych objawów choroby, jest wysoka, a zapobiec temu może wczesne zdiagnozowanie i szybko podjęte leczenie. Szacuje się, że na całym świecie 1 na 5 000 noworodków płci męskiej rodzi się z klasycznym CAH (lub 1 na 10 000 wszystkich noworodków), stąd wczesna diagnostyka przesiewowa ukierunkowana na CAH jest bardzo cenna - pozwala zapobiec zgonom dzieci płci męskiej obciążonych tym zespołem.

Dzięki rozpowszechnieniu technologii genetyki molekularnej, możemy obecnie badać geny pacjentów z CAH oraz członków ich rodzin. Ten rodzaj badań ma zastosowanie w badaniach prenatalnych i noworodków, w poradnictwie genetycznym oraz przy potwierdzaniu diagnozy w niejasnych przypadkach. Diagnoza molekularna nie jest jeszcze dostępna jako test we wszystkich laboratoriach, można jednak te analizy wykonać w wyspecjalizowanych laboratoriach medycznych. Badania genetyczne mogą pomóc w przypadku niejasności, związanych z testami hormonalnymi oraz umożliwiają dostarczenie rodzicom pacjentów z CAH dokładnych informacji na temat ryzyka urodzenia kolejnego dziecka z tą chorobą już w czasie pierwszych tygodni ciąży.

#### Leczenie:

W chwili obecnej standardowe leczenie medyczne polega na podawaniu glikokortykoidu, leku sterydowego podobnego do kortyzolu, na przykład doustnego hydrokortyzonu w przypadku dzieci oraz prednisonu lub dexametazonu w przypadku starszych pacjentów. Dodatkowo osoby z niedoborem

aldosteronu w wyniku ciągłej utraty jonów sodowych (NaCl) potrzebują dodatkowego leku, fludrokortizonu, który zastępuje aldosteron nie pozwalając na ucieczkę jonów sodowych. Niemowlęta i małe dzieci mogą również przyjmować sól w tabletkach, jako uzupełnienie diety, natomiast starsi pacjenci mogą spożywać posiłki bogate w sól. Pacjenci z nieklasycznym CAH, jeśli wymagają terapii, zwykle skutecznie są leczeni przy użyciu jedynie hydrokortyzonu (dzieci) lub prednisonu (dorośli). Nie wymagają oni operacji narządów płciowych.

Ponieważ CAH jest chorobą autosomalną recesywną, szanse na to, że dziecko odziedziczy zmutowany gen od każdego z rodziców - nosicieli wynosi 50%, a ryzyko urodzenia dziecka z CAH wynosi 25% w każdej ciąży. W rodzinach, w których wykryto CAH u jednego z dzieci, rodzice mogą korzystać z porad genetycznych, dzięki którym dowiedzą się, w jaki sposób choroba jest dziedziczona i jakie są możliwości postępowania podczas następnych ciąż.

Badanie przesiewowe noworodków w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy jest w pełni uzasadnione, ponieważ umożliwia wczesną diagnostykę i leczenie, zapobiega w wielu przypadkach śmierci w okresie noworodkowym, pomaga w prawidłowym określeniu płci dziecka i umożliwia wczesną korektę chirurgiczną.

### **3) Mukowiscydoza – CF (Badanie przesiewowe całej populacji od 01.01. 2009 r.)**

#### Opis:

Częstość występowania w populacji polskiej wynosi ok 1:4 000. Mukowiscydoza (*CF - Cystic Fibrosis*) jest wieloukładową chorobą monogenową, dziedziczną jako cecha autosomalna, recesywna (17, 20, 21, 28).

#### Objawy:

Mukowiscydoza charakteryzuje się głównie objawami ze strony układu oddechowego i pokarmowego. Są to przewlekłe zmiany obturacyjne oskrzeli i infekcje dróg oddechowych oraz zaburzenia procesów trawienia i ich konsekwencje. Heterogenność objawów klinicznych ze strony różnych narządów i układów (zwłaszcza oddechowego i pokarmowego) oraz ich pojawianie się w poszczególnych okresach życia z różnym nasileniem, bardzo utrudnia i opóźnia rozpoznanie kliniczne (w Rzeczpospolitej Polskiej średni wiek w momencie rozpoznania wynosił przed wprowadzeniem przesiewu 3,5 - 5 lat). Konsekwencją późnego rozpoznania są: liczne hospitalizacje bez ustalenia właściwego rozpoznania, ciężkie niedożywienie, obturacyjna choroba płuc, zakażenia układu oddechowego, uraz psychiczny rodziców. Rozpoznanie mukowiscydozy we wczesnym okresie niemowlęcym umożliwia:

- a) wczesne wykrycie i leczenie niewydolności zewnątrzwydzielniczej trzustki zapobiegające niedoborom żywieniowym, osiągnięcie prawidłowego rozwoju somatycznego przez chore dzieci (masa ciała i wzrost), podjęcie szerokiej profilaktyki chorób zakaźnych (szczepienia obowiązkowe

- i zalecane), zmniejszenie liczby hospitalizacji oraz skrócenie długości leczenia szpitalnego wydłużenie okresu życia chorych, a przede wszystkim poprawa jakości życia,
- b) zdobycie zawodu przez wielu chorych i osiągnięcie samodzielności życiowej – mniejszy odsetek chorych pozostaje bez pracy i wymaga zaopatrzenia rentowego,
- c) możliwość udzielenia porady genetycznej rodzicom dziecka i podejmowania świadomych decyzji prokreacyjnych mutacji w genie CFTR.

#### Diagnostyka:

W badaniu przesiewowym oznaczanie immunoreaktywnego trypsynogenu (IRT) i w drugim etapie badanie mutacji w genie *CFTR*. Badanie potwierdzające: oznaczanie chlorków w pocie metodą Nanogen dla noworodków.

#### Leczenie:

Wyłącznie w specjalistycznych klinikach.

#### **4) Fenyloketonuria - PKU** (Badanie przesiewowe całej populacji od około 1985 r.)

#### Opis:

Częstość występowania fenyloketonurii klasycznej w polskiej populacji szacuje się na około 1:8 000. (9,10,18,19,44). Fenyloketonuria (*PKU*, ang. *Phenylketonuria*) jest monogenową dziedziczną autosomalnie recesywnie wrodzoną wadą metabolizmu spowodowaną defektem enzymatycznym hydroksylazy fenyloalaninowej. Gromadzenie fenyloalaniny, w następstwie zahamowania przemiany tego aminokwasu, powoduje zaburzenia równowagi aminokwasowej organizmu, których najpoważniejszą konsekwencją jest uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, co klinicznie manifestuje się ciężką niepełnosprawnością intelektualną. Wykrycie podwyższonego stężenia fenyloalaniny zawsze wymaga różnicowania fenyloketonurii klasycznej z innymi postaciami hiperfenyloalaninemii (HPU).

#### Objawy:

Noworodek rodzi się pozornie zdrowy, bez charakterystycznych objawów mogących sugerować fenyloketonurię. W okresie niemowlęcym u około 50% chorych dzieci stwierdza się niespecyficzne zmiany skórne przypominające wysypki występujące na tle alergicznym lub zapalnym (o różnym nasileniu) i skłonność do wymiotów. Choroba ma przebieg podstępny. Z wiekiem dziecka na plan pierwszy w obrazie choroby wysuwa się opóźnienie rozwoju umysłowego z małą głowiem. U większości pacjentów niepełnosprawność intelektualna odpowiada wartościom charakterystycznym dla opóźnienia w stopniu głębokim (iloraz inteligencji 20 – 40). W 30% przypadków przed ukończeniem 1 roku życia występują drgawki z tendencją do zmniejszania się z wiekiem częstości napadów.

Wczesne rozpoznanie choroby oraz wdrożenie odpowiedniego postępowania terapeutycznego, polegające na stosowaniu diety ubogofenyloalaninowej zapobiega uszkodzeniu ośrodkowego układu



nerwowego, przez co umożliwi prawidłowy rozwój dziecka. Warunkiem pozytywnych efektów leczenia jest wprowadzenie właściwej diety już w okresie noworodkowym.

#### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑-↑↑ Fenyloalanina (Phe) i ↓Tyrozyna (Tyr), ↑ Phe/Tyr;
2. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą HPLC: ↑-↑↑ Fenyloalanina (Phe) i ↓Tyrozyna (Tyr), ↑ Phe/Tyr;
3. diagnostyka różnicowa: test z BH<sub>4</sub>, oznaczenie aktywności DHPR w krwi pobranej na bibułę;
4. w moczu – oznaczenie profilu pteryn;
5. analiza DNA: Badanie mutacji w genie *PAH*: R408W, R158Q, c.1315+1G>A, c.1066-11G>A oraz inne rzadkie mutacje w eksonach 5 i 12 genu *PAH* - pierwszy etap procedury diagnostycznej;
6. badanie mutacji w eksonach 2, 3, 6, 7, 11 genu *PAH* - drugi etap procedury diagnostycznej.

#### Leczenie:

Dieta ze znacznym ograniczeniem fenyloalaniny z niezbędnym regularnym monitorowaniem stężeń fenyloalaniny.

### **5) Deficyt biotynidazy - BIOT**

#### Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około 1:60 000 (25, 26, 27).

#### Objawy:

Drgawki (często lekooporne), hipotonia, ataksja, opóźnienie rozwoju psychoruchowego, wysypki skórne, łysienie, kwasica metaboliczna, zaburzenia immunologiczne.

Deficyt biotynidazy: ujawnia się zwykle w wieku niemowlęcym i poniemowlęcym, często podstępny początek. Przy późno włączonym leczeniu: część powikłań (w tym niedosłuch, retinopatia) ma charakter trwały, nieodwracalny. Rokowanie dobre gdy leczenie wczesne (przedobjawowe).

#### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej: ↓-↓↓ aktywność biotynidazy;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: kwasy 3-OH-izowalerianowy, metylokrotonyloglicyna, kwas metylocytrynowy, itp.;
3. badania molekularne: analiza genu *BTD* (kodującego biotynidazę, enzym umożliwiający wykorzystanie biotyny);
  - a. I etap badania: badanie mutacji p.Cys33PhefsX36, p.Arg538Cys, p.Gln456His, p.Asp444His oraz innych rzadkich mutacji w eksonach 2 i 4 genu *BTD*;

- b. II etap badania: badanie pozostałych eksonów;
- 4. diagnostyka różnicowa: defekty pojedynczych karboksylaz.

Leczenie:

Biotyna w dawkach farmakologicznych.

**Inne rzadkie wrodzone wady metabolizmu – WWM** (badanie przesiewowe całej populacji od 01.01.2014 r.).

## 6) Rdzeniowy zanik mięśni – SMA

Opis:

Rdzeniowy zanik mięśni związany z mutacjami genu SMN1 (SMA5q) jest chorobą genetycznie uwarunkowaną, dziedziczną jako cecha autosomalna recesywna. W przebiegu choroby dochodzi do obumierania motoneuronów rdzenia kręgowego, co w konsekwencji prowadzi do osłabienia i zaniku mięśni. Jest to ciężka i postępująca choroba, doprowadzająca w większości przypadków do unieruchomienia i niewydolności oddechowej. Pomimo poprawy standardów opieki nadal stanowi ona jedną z najczęstszych przyczyn zgonów dzieci wśród chorób uwarunkowanych genetycznie.

Rdzeniowy zanik mięśni charakteryzuje bardzo szerokie spektrum wieku zachorowania, nasilenia objawów, ciężkości przebiegu i występujących powikłań.

Częstość występowania 1:7000 – 1:8000.

Dane epidemiologiczne:

SMA jest jedną z najczęstszych chorób genetycznie uwarunkowanych, o zachorowalności porównywalnej z fenyloketonurią, objętą od lat badaniami przesiewowymi noworodków.

Największe jak dotąd badania nad epidemiologią SMA, przeprowadzone w USA na wieloetnicznej grupie 68478 osób, wskazują na zapadalność około 1 na 11 tysięcy urodzeń oraz częstość nosicielstwa SMA w populacji ogólnej 1:54 osoby (Sugarman 2012). W badaniach tych obserwowano duże różnice częstości nosicielstwa w zależności od rasy – najwyższą w rasie kaukaskiej (2,02%), najniższą wśród Afroamerykanów (0,98%).

W Europie choroba występuje częściej. Niedawno opublikowane badania nad epidemiologią SMA w Europie wskazują na częstość zachorowania na SMA wynoszącą około 1 na 8400 urodzeń (11.9/100000)(Verhaart 2017). W okresie 2011 – 2015 zdiagnozowano w Europie 4653 pacjentów, w samym tylko roku 2015 – 992. Nowe dane uzyskane z pilotażowych badań przesiewowych noworodków w Niemczech i Belgii, sugerują jeszcze wyższą częstość zachorowania w naszym obszarze, która szacowana jest na około 1 :7000 urodzeń (Vill 2019, Boemer 2019).

W Polsce zachorowalność na SMA jest podobna. Badania, obejmujące okres 2011 – 2015, wykazały zachorowalność na poziomie około 1: 8300 (12: 100.000) (Verhaart 2017). Zdiagnozowano w tym okresie 240 przypadków SMA. W 2015 roku rdzeniowy zanik mięśni rozpoznano u 54 pacjentów. Nadal nie jest znana liczba chorych, którzy nie uzyskali diagnozy. Starsze badania epidemiologiczne nad SMA, obejmujące okres 1998 – 2005, a opublikowane w 2010 roku, wskazywały na częstość zachorowania na 1: 9320 w skali kraju i 1: 7127 w Warszawie. Uzyskane wówczas dane sugerowały, że część pacjentów z SMA nie jest właściwie diagnozowana (Jędrzejowska 2010).

W przeciwieństwie do częstości zachorowania, oszacowanie chorobowości SMA jest trudniejsze. Wynika to ze zmienności wieku zachorowania, przebiegu oraz znacznie skróconej przeżywalności w ostrej formie choroby. Dodatkowo chorobowość modyfikowana jest obecnie przez wprowadzone leczenie. W przybliżeniu szacuje się, że w Polsce żyje około 1000 pacjentów z SMA. W Polskim Rejestrze Pacjentów z Rdzeniowym Zanikiem Mięśni, prowadzonym przy Klinice Neurologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego od 2015 roku w ramach projektu TREAT-NMD, do końca 2019 roku zapisanych było 790 pacjentów, w tym 173 z SMA1, 218 z SMA2, 393 z SMA3 oraz 6 chorych na SMA4. Programem leczenia nusinersenem (Spinrazą) do końca 2020 roku zakwalifikowanych było blisko 700 pacjentów, u ponad 650 rozpoczęto leczenie.

#### Objawy:

W przebiegu rdzeniowego zaniku mięśni obserwuje się postępujące osłabienie siły mięśniowej i zanik mięśni, stopniowo obejmujące wszystkie grupy mięśniowe, także mięśnie oddechowe. Choroba charakteryzuje bardzo szerokim spektrum wieku zachorowania, nasilenia objawów, ciężkości przebiegu i występujących powikłań. Według aktualnej klasyfikacji przyjmuje się podział na 5 form: SMA0, 1, 2, 3 i 4 (Farrar 2017):

- SMA0 - postać wrodzona z objawami w okresie prenatalnym. Ta postać jest najrzadsza. Pierwsze symptomy choroby obecne są pre- lub okołонатalnie. W tej formie choroby dzieci od urodzenia prezentują skrajną wiotkość, brak ruchów czynnych, brak odruchów głębokich i noworodkowych, niewydolność oddechową, brak odruchu ssania połykania. Mogą współwystępować przykurcze, wnetrostwo u chłopców, wrodzone wady serca. Rokowanie jest bardzo złe. Większość dzieci ginie w pierwszych dniach- tygodniach życia w przebiegu niewydolności oddechowej lub jej powikłań;
- SMA1 (choroba Werdniga-Hoffmanna) – jest formą najczęstszą i stanowi około 50%-60% wszystkich zachorowań na SMA. Dzieci z postacią SMA1 zachorowują przed 6 m.ż. (zwykle w 2-3 m.ż.) i bez leczenia farmakologicznego nigdy nie osiągają zdolności samodzielnego siedzenia. Zwykle przebieg ciąży, okres okołoporodowy i noworodkowy przebiegają bez

powikłań. Pierwsze objawy rozpoznawane są najczęściej w drugim lub trzecim miesiącu życia, choć dane uzyskane z pierwszych badań przesiewowych noworodków sugerują obecność symptomów już w pierwszych tygodniach życia (Vill 2019, Kariyawasam 2019). Dziecko jest wiotkie, słabiej kopie nogami, męczy się przy jedzeniu, cicho płacze, nie dźwiga głowy. Choroba ma gwałtownie postępujący charakter. Wiotkość i osłabienie mięśni narastają szybko, dziecko nie unosi nóżek w stawach biodrowych (pozycja żaby). Narasta wysiłek oddechowy, dziecko słabiej przybiera na wadze, nawracają infekcje dróg oddechowych, pojawia się dzwonowata klatka piersiowa. W badaniu dominuje uogólniona wiotkość, pozycja żaby, brak kontroli głowy, brak odruchów głębokich, bardzo ograniczone ruchy czynne- czasem do dystalnych części kończyn, fibrylacje na języku. Zwraca uwagę pełna mimika twarzy i bardzo dobry kontakt emocjonalny. Niedowład obejmujący początkowo kończyny dolne, stopniowo obejmuje także kończyny górne i mięśnie tułowia, włącznie z mięśniami oddechowymi. W naturalnym przebiegu choroba w krótkim czasie prowadzi do tetraparezy/ teraplegii wiotkiej (pełne unieruchomienie- brak ruchów czynnych lub ruchy ograniczone do dłoni), niewydolności oddechowej, zaburzeń ssania i połykania. Dzieci wymagają respiratoterapii i gastrostomii. Mediana wieku przeżycia lub wieku wprowadzenia sztucznej wentylacji (>16 godzin na dobę) dla SMA1 wynosi 13,5 miesiąca (Finkel 2014). Według badań australijskich szansa przeżycia 1,2, 4 i 10 lat dla dzieci z SMA1 wynosi odpowiednio 40%, 25%, 6% i 0% (Farrar 2013). Polska – niemieckie badania z 2002 roku wskazywały z kolei, że około 10% pacjentów z SMA1 dożywa do 5 – ego roku życia (Borkowska 2002). Większość dzieci umiera lub rozwija pełną zależność od respiratora do 2 r. ż., kilka procent przeżywa wiele lat, nawet bez wsparcia oddechu. Wsparcie oddechu i żywienia wydłuża okres przeżycia o miesiące i lata za cenę pełnej zależności oddechu wspomaganego oraz od gastrostomii (NIV/IV), przy braku poprawy funkcji motorycznych (Bach 2007);

- SMA2 - stanowi około 20% przypadków SMA. Dzieci z SMA2 zaczynają siedzieć, ale nigdy nie osiągają zdolności samodzielnego chodzenia. Początek objawów przypada zwykle na 6 – 18 m. ż.. W pierwszych kilku miesiącach życia rozwój wydaje się prawidłowy, dziecko osiąga zdolność samodzielnego siedzenia o czasie lub z nieznacznym opóźnieniem. Część chorych zaczyna raczkować, wstawać przy sprzętach. W tym okresie rozwój ruchowy zostaje zahamowany, dziecko słabnie, nie osiąga zdolności chodzenia. W badaniu dominuje proksymalne osłabienie, bardziej nasilone w kończynach dolnych, nasiloną wiotkość. Bardzo charakterystyczne dla tej postaci jest drżenie paluszków i bardzo wiotkie dłonie. Z czasem osłabienie siły mięśniowej narasta, doprowadzając do ciężkiej teraparezy wiotkiej. Pacjent traci zdolność samodzielnego siedzenia, nie przekręca się na boki, wymaga pełnej pomocy w czynnościach dnia codziennego. Szybko dochodzi do powikłań w układzie ruchowym: narastają przykurcze wielostawowe, wcześniej rozwija się skolioza. Rokowanie co do życia dla

pacjentów z postacią 2 jest znacznie lepsze. Około 93% chorych dożywa 25 roku życia, a około 52% - 40 roku życia (Farrar 2013). Stopień niepełnosprawności ruchowej jest jednak bardzo głęboki, z czasem ruchy ograniczone są do ruchów w obrębie dłoni. Pacjenci są w pełni uzależnieni od pomocy osób trzecich. Wymagają całkowitej pomocy w czynnościach dnia codziennego, przy w pełni zachowanej sprawności intelektualnej;

- SMA3 (choroba Kugelberga-Welander) - stanowi około 30% zachorowań na SMA i jest bardzo zmienna w swoim przebiegu. Pacjenci z postacią 3 zaczynają samodzielnie chodzić. W pewnym wieku (poniżej 3 r.ż. w postaci 3a i powyżej 3 r.ż. w postaci 3b) pojawia się osłabienie siły mięśniowej, które stopniowo postępuje. Dzieci z SMA3a od początku chodzą źle, nie biegają, często się przewracają, mają problemy z wchodzeniem po schodach. Relatywnie szybko tracą także zdolność samodzielnego chodzenia, większość rozwija skoliozę. W przypadku zachorowania po 3 rż mówi się o tzw. postaci SMA3b. U tych chorych może być obecny rzekomy przerost tydek. Niezależnie od wieku pierwszych objawów choroba ma przebieg stale postępujący. Wbrew nazwie tej postaci, przebieg naturalny wcale nie jest łagodny. Zwłaszcza postać 3a po wielu latach może doprowadzić do pełnego unieruchomienia z brakiem możliwości zmiany pozycji, z ruchami czynnymi ograniczonymi do zgięcia w stawie łokciowym i ruchów palców dłoni. W wieku dojrzewanania wielu chorych traci zdolność samodzielnego chodzenia. Stopień niepełnosprawności ruchowej pacjentów z SMA3 jest znaczny. Pomimo dobrego rokowania, większość z nich wymaga pomocy w czynnościach dnia codziennego, takich jak ubieranie, mycie, korzystanie z toalety czy nawet zmiana pozycji ciała w trakcie snu. Prawdopodobieństwo zachowania zdolności samodzielnego chodzenia po 10, 20 i 40 latach trwania choroby wynosi odpowiednio 73%, 44% i 34% dla grupy 3a oraz 97%, 89% i 67% dla grupy 3b (Zerres 1997);
- SMA4 (postać dorosłych) - występuje bardzo rzadko. Pierwsze objawy choroby pod postacią osłabienia mięśni obręczy biodrowej pojawiają się w wieku dorosłym (po 18 r. ż.). Pacjent ma problemy z chodzeniem po schodach, wstawaniem z pozycji kucznej, pojawia się męczliwość. Choroba ma charakter postępujący. Skraca się dystans, który pacjent może przejść. Pojawia się tendencja do częstych niekontrolowanych upadków oraz osłabienie mięśni obręczy barkowej. Narasta niedowład wiotki. Choroba rzadko jednak doprowadza do utraty zdolności chodzenia.

#### Diagnostyka:

Najczęściej stosuje się test z wykorzystaniem techniki MLPA, który daje informację o liczbie kopii genu *SMN1* i *SMN2*. Brak obu alleli *SMN1* potwierdza rozpoznanie kliniczne choroby, podczas gdy obecność jednej kopii jest wskazówką do dalszych badań, celem ewentualnej identyfikacji mutacji punktowej. Liczba kopii *SMN2* jest rutynowo oceniana jako główny modyfikator fenotypu.

### Leczenie:

- Leczenie farmakologiczne z wykorzystaniem:
  - **nusinersen** - od stycznia 2019 r. jest refundowana w Rzeczypospolitej Polskiej dla całej populacji pacjentów z SMA, niezależnie od typu i zaawansowania choroby. Nusinersen jest syntetycznym antysensownym oligonukleotydem. Jej działanie polega na zmianie składowania (splicingu) genu *SMN2* na poziomie mRNA, tak by ekson 7 nie był wycinany z transkrypty (Chiriboga 2017). W efekcie podwyższony zostaje poziom pełnowartościowego białka SMN.
  - **onasemnogen abeparwovek** - jest to terapia genowa, polegająca na jednorazowym dożylnym podaniu fragmentu DNA zawierającego sekwencję kodującą genu *SMN1* wprowadzoną do kapsydu wirusa AAV9, użytego jako nośnika. Lek ten został zarejestrowany w USA w maju 2019 r. dla dzieci z SMA1 poniżej 2 r.ż., zaś w maju 2020 został warunkowo dopuszczony do stosowania w Unii Europejskiej.
- **Risdiplam** - w trakcie zaawansowanych badań klinicznych (RG7916), mikromolekuła podawana doustnie, zmieniająca składowanie (splicing) *SMN2*. Dopuszczony do leczenia w USA, w Europie podawany jest w ramach programu dostępu przedrejestracyjnego.

## ZABURZENIA AMINOKWASÓW (7, 8, 9, 10, 41)

### 7) Choroba syropu klonowego – MSUD

#### Opis:

Częstość występowania choroby syropu klonowego (*MSUD – Maple Syrup Urine Disease*) szacuje się na około 1:100 000 – 1:200 000. Choroba dziedziczona autosomalnie recesywnie. MSUD jest zaburzeniem metabolizmu aminokwasów rozgałęzionych, tj. leucyny, izoleucyny i waliny. Spowodowane deficytem dehydrogenazy aminokwasów rozgałęzionych i  $\alpha$ -ketokwasów.

#### Objawy:

Obraz kliniczny choroby z moczem o zapachu syropu klonowego, podobnie jak w innych aminoacydopatiach, jest spowodowany toksycznym działaniem swoistych metabolitów (szczególnie leucyny i kwasu 2-oksoizokaproнового). Odmienne niż w klasycznych acyduriach organicznych nie występuje nagromadzenie pochodnych CoA (ani typowych acylokarnityn), a kwasica i hiperamonemia nie należą do zasadniczych objawów choroby.

- a) postać ciężka (najczęstsza): postępująca encefalopatia z zespołem intoksykacji (zatrucie endogenne) od 3-10 dnia życia, problemy z karmieniem, senność, śpiączka, obrzęk mózgu;

- b) postać pośrednia: opóźnienie rozwoju psychoruchowego, objawy neurologiczne, nawracająca dekompensacja z ketokwasicą i powikłaniami neurologicznymi;
- c) postać przepuszczająca: objawy chorobowe występują tylko okresowo;
- d) postać z deficytem podjednostki E3: ciężkie objawy kliniczne z kwasicą mleczanową u noworodka.

#### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej: MS/MS: ↑ walina, ↑↑ leucyna z izoleucyną;
2. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą HPLC: ↑walina, ↑↑leucyna, izoleucyna, ↑alloizoleucyna (diagnostyczna);
3. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑ rozgałęzione okso- i hydrokyskwy np. kwas 2-OH-izowalerianowy, kwas 2-oksoizokapronowy.

#### Leczenie:

W stanie ostrym: natychmiastowa hospitalizacja, eliminacja białka z diety, stężona glukoza dożylnie (ew. z insuliną); cel – promować anabolizm i unikać wtórnego niedoboru izoleucyny i waliny; czasem niezbędna detoksykacja zewnątrzustrojowa.

Przewlekłe: Dieta z ograniczeniem aminokwasów rozgałęzionych z monitorowaniem ich stężeń.

### **8) Klasyczna homocystynuria - HCY**

#### Opis:

Częstość występowania klasycznej homocystynurii (HCY) szacuje się na około 1:100 000-200 000 należy do zaburzeń metabolizmu aminokwasów siarkowych i jest spowodowana deficytem beta - syntazy cystatoniny (CBS).

#### Objawy:

Wygląd Marfano - podobny, padaczka, niepełnosprawność intelektualna, postępująca wysoka krótkowzroczność (wczesne objawy), zwężenie soczewek, osteoporoza, zmiany zakrzepowozatorowe zagrażające życiu, zaburzenia psychiatryczne. Postać pirydoksyno-zależna i pirydoksynoniezależna (o gorszym rokowaniu).

Choroba o podstępny przebiegu, pierwsze objawy kliniczne zwykle w wieku szkolnym. Enzym:

Beta-syntaza cystatoniny (CBS)

#### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑Met, ↑ Hcy („second tier” test);
2. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą HPLC: ↑Met, ↑↑ Hcy, ↓Cys.

### Leczenie:

Dieta z ograniczeniem metioniny. Pirydoksyna, betaina bezwodna.

## **9) Cytrulinemia typu I - CIT I**

### Opis:

Częstość występowania cytrulinemii typu I (CIT I) szacuje się na około 1:57 000. Choroba należy do zaburzeń cyklu mocznikowego i jest spowodowana deficytem syntetazy argininobursztynianu (ASS).

### Objawy:

Wczesne objawy ciężkiej hiperamonemii wymagają zewnątrzustrojowej detoksykacji. Przebieg łagodny z ujawnieniem po okresie noworodkowym (7, 8, 9).

Enzym: Syntetaza argininobursztynianu (ASS).

### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑↑ Cit, ↓Arg;
2. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą HPLC: ↑↑ Cit, ↓Arg;
3. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑ kwas orotowy (mocz).

### Leczenie:

W stanie ostrym: jak MSUD.

Przewlekłe: Dieta z ograniczeniem białka naturalnego, leki detoksyfikujące.

## **10) Cytrulinemia typu II - CIT II (deficyt cytryny)**

### Opis:

Cytrulinemia typu II (CIT II) w populacji kaukaskiej występuje wyjątkowo rzadko, natomiast jest częsta w Azji. Jest spowodowana deficytem mitochondrialnego białka transportowego Asp-Glu zwanego też deficytem cytryny.

### Objawy:

U dzieci: ostra dysfunkcja wątroby – zwykle noworodkowa cholestaza wewnątrzwątrobowa, czasem prowadząca do ostrej niewydolności wątroby. U dorosłych: objawy encefalopatii związanej z hiperamonemią (7, 8, 9).

### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑↑ Cit, Met i Tyr;



2. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą HPLC: ↑↑ Cit, Tre, Met i Tyr.

Leczenie:

Dieta z ograniczeniem węglowodanów na rzecz białka. Monitorowanie stężenia amoniaku.

### 11) Tyrozynergia typu I - TYR I

Opis:

Częstość występowania tyrozynergii typu I (TYR I) szacuje się na około 1:100 000 urodzeń. Charakteryzuje się defektem enzymatycznym (deficyt enzymu fumaryloacetoacetazy, tj. liaza fumaryloacetoocetanu) na ostatnim etapie szlaku metabolizmu fenyloalaniny.

Objawy:

Postać ostra (u noworodka/niemowlęcia): ciężka niewydolność wątroby, wymioty, krwawienia, hipoglikemia, tubulopatia (zespół Fanconi'ego) (7, 8, 9).

Postać przewlekła: hepatomegalia, marskość wątroby, opóźnienie wzrastania, krzywica wit. D-oporna, tubulopatia, neuropatia, kryzy neurologiczne przypominające porfirie.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: (n-) ↑Tyr, ↑Met, ↑bursztynyloaceton (II etap);
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑ bursztynyloaceton (diagnostyczny), ↑ 4-OH-fenylo-pochodne; porfiryne;
3. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą HPLC: (n-) ↑ Tyr, ↑ Met;
4. w osoczu krwi analiza aminokwasów metodą ELISA: ↑α-fetoproteina.

Leczenie:

Nityzynon – inhibitor dioksygenazy 4-OH-fenylopirogonianu, blokuje akumulację toksycznych metabolitów. Dieta z ograniczeniem Fen i Tyr z monitorowaniem ich stężeń.

### 12) Tyrozynergia typu II – TYR II

Opis:

Jest spowodowana deficytem enzymu cytozolowej aminotransferazy tyrozyny na szlaku metabolizmu fenyloalaniny.

Objawy:

Bolesne uszkodzenia rogówki (łzawienie, fotofobia, blizny), hiperkeratoza (podeszwy stopy i dłonie), łagodna niepełnosprawność intelektualna (7, 8, 9).

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑↑ Tyr, ↑ Phe;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: 4-OH-fenylopirogonian, - mleczan, - octan.

Leczenie:

Dieta z ograniczeniem Fen i Tyr z monitorowaniem ich stężeń.

### ACYDURIE ORGANICZNE

Acydurie organiczne stanowią grupę rzadkich chorób wrodzonych, które ujawniają się głównie w niemowlęctwie lub wczesnym dzieciństwie. Objawy kliniczne przypominają zatrucie, szybko nasilają się i mogą prowadzić do przedwczesnego zgonu lub trwałych dysfunkcji narządowych tzw. zespół intoksykacji endogennej. Objawy występują w okresie noworodkowym lub we wczesnym niemowlęctwie i są to wymioty, zmniejszone łaknienie, wiotkość, senność, śpiączka, bezdech, zaburzenia termoregulacji, nie rzadko wczesny zgon. Często są interpretowane jako uraz okołoporodowy. W badaniach przesiewowych noworodków acydurie organiczne są wykrywane metodą tandemowej spektrometrii mas (MS/MS) (7, 8, 9, 10, 33, 41).

Podejrzanie określonej acydurii organicznej jest ustalane na podstawie charakterystycznego profilu acylokarnityn.

#### 13) Acyduria glutarowa typu I - GA I (Deficyt dehydrogenazy glutarylo-CoA GCDH)

Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około występowania 1:40 000 – 1:80 000 (12,13). Jest spowodowana deficytem enzymu GCDH (enzym w szlaku lizyny i tryptofanu).

Objawy:

Makrocefalia, w mózgu zanik czołowo-ciemieniowy i destrukcja prążkowa; kryzy ostrej encefalopatii (zwykle w wieku 6 - 18 miesięcy) z następowymi ciężkimi objawami dystoniczno-dyski etycznymi; leukoencefalopatia u dorosłych. Występują postacie GA I z małym wydalaniem metabolitów tzw. „*low excretors*”.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑C5DC, ↑C5-DC/C8, ↓C0;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑Kwas glutarowy, kwas 3-OH-glutarowy (diagnostyczny).
3. diagnostyka różnicowa: deficyt wielu dehydrogenaz acylo CoA = acyduria glutarowa typu II);
4. badania molekularne: Analiza genu *GCDH*.

Leczenie:

Dieta z ograniczeniem prekursorów kwasu glutarowego, tj. lizyny, tryptofanu. Suplementacja karnityny w dużych dawkach.

#### **14) Acyduria propionowa - PA**

##### Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około występowania 1:50 000 – 1:100 000 (7, 8, 9). Jest spowodowana deficytem enzymu karboksylazy propionylo-CoA. Profil acylokarnityn w suchej kropli krwi nie różnicuje PA i MMA.

##### Objawy:

- a) postać ostra (najczęstsza). Postępująca encefalopatia o typie zespołu intoksykacji (zatrucia endogenne) (7, 8, 10);
- b) postać przewlekła: kardiomiopatia, zaburzenia rytmu serca (w tym zespół wydłużonego QT).  
Powikłania: objawy pozapiramidowe, niepełnosprawność intelektualna, zapalenie trzustki, osteoporoza, kardiomiopatia.

##### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↓wolna karnityna, (CO); ↑ propionylokarnityna (C3); ↑C3/C2; ↑Gli, ↑Ala;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑ kwas 3-OH-propionowy i kwas metylocytrynowy, ketonuria;
3. w osoczu analiza aminokwasów: ↑ Gli, Ala;
4. badania molekularne: geny *PCCA* i *PCCB*;
5. diagnostyka różnicowa: zaburzenia metabolizmu biotyny, hiperglicynemia nieketotyczna.

##### Leczenie:

Dieta z ograniczeniem prekursorów kwasu propionowego, tj. izoleucyny, metioniny, treoniny i waliny. Suplementacja karnityny.

#### **15) . Acyduria metylomalonowa – MMA**

##### Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około występowania 1:80 000 – 1:100 000 (7, 8, 9). Jest spowodowana deficytem enzymu mutazy metylomalonylo-CoA (MCM) i innych enzymów metabolizmu kobalaminy (witaminy B12). Profil acylokarnityn w suchej kropli krwi nie różnicuje PA i MMA.

##### Objawy:

Postępująca encefalopatia o typie zespołu intoksykacji (zatrucia endogenne) (7, 8, 10).

Powikłania: niepełnosprawność intelektualna, objawy pozapiramidowe, nawracające zapalenie trzustki, osteoporoza, postępująca niewydolność nerek, zanik nerwów wzrokowych (7, 8, 9).

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: propionylkarnityna (C3);
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑ kwasy metylomalonowy, 3-OH-propionowy, metylocytrynowy;
3. w osoczu analiza aminokwasów: ↑ Gli, ↑ Ala;
4. diagnostyka różnicowa: Zaburzenia metabolizmu kobalaminy, niedobór witaminy B12.

Leczenie:

Dieta z ograniczeniem prekursorów kwasu propionowego, tj. izoleucyny, metioniny, treoniny i waliny. Vit. B12 w postaciach kobalaminozależnych.

**16) Acyduria izowalerianowa – IVA**

Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około 1:60 000 urodzeń (7, 8, 9). Jest spowodowana deficytem enzymu dehydrogenazy izowalerylo-CoA (IVD).

Objawy:

Postępująca encefalopatia o typie zespołu intoksykacji (zatrucia endogenne) (7, 8, 10).

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑↑C5, ↑C5/C2;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑↑ izowaleryloglicyna, kwas 3-OH-izowalerianowy;
3. badania molekularne: analiza genu *IVD*; częsta mutacja 932C>T (A282V) wykrywana w badaniach przesiewowych w 47% zmutowanych alleli. Wg aktualnych doniesień literaturowych mutacja ta jest kojarzona z łagodną, często bezobjawową postacią acydurii izowalerianowej.

Leczenie:

Dieta z ograniczeniem leucyny. Suplementacja karnityny i gliceryny.

**17) Acyduria argininowobursztynianowa**

Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około 1:100 000 - 1:200 000. Jest spowodowana niedoborem enzymu ASL w fibroblastach.

Objawy:

Występują albo wkrótce po urodzeniu, z ciężką śpiączką przebiegającą z hiperamonemią często zakończoną zgonem, albo w okresie dzieciństwa z hepatomegalią i niepełnosprawnością intelektualną. Przebiega z hiperamonemią i niedoborem argininy.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑Cyt, ↓Arg, ↑ASA;
2. w osoczu analiza aminokwasów: ↑Cyt, ↓Arg;
3. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑↑ kwas argininobursztynianowy, kwas orotowy.

Leczenie: Dieta z ograniczeniem białka naturalnego. Suplementacja argininy.

### **18) 3 - Metylokrotonyloglicynuria – MCC**

Opis:

Jest to najczęstsza acyduria organiczna wykrywana w badaniach przesiewowych noworodków metodą MS/MS. Częstość występowania choroby szacuje się na około występowania 1:20 000 (7, 8, 9). Jest spowodowana deficytem enzymu karboksylazy 3-metylokrotonylo-CoA (MCC).

Objawy:

Objawy kliniczne ujawniają się zwykle po okresie noworodkowym dekompenzacją metaboliczną w przebiegu stanów katabolizmu np. infekcji. Obraz kliniczny jest różnorodny: od skąpo-objawowego do ciężkich, zagrażających życiu epizodów pogorszenia klinicznego w postaci wymiotów, drgawek, śpiączki i zespołu przypominającego zespół Reye'a (7, 8, 9, 10).

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑↑C5OH, ↓ wolna karnityna (C0);
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑↑ kwas 3-OH-izowalerianowy, 3 metylokrotonyloglicyna: ↓ karnityna.

Leczenie:

Ograniczenie w diecie białka naturalnego, w tym głównie leucyny. Suplementacja karnityny.

## **ZABURZENIA UTLENIANIA KWASÓW TŁUSZCZOWYCH**

Zaburzenia utleniania kwasów tłuszczowych i ketogenezy to grupa kilkunastu defektów, które łączy wspólny patomechanizm. Niewystarczająca produkcja ciał ketonowych w połączeniu z inhibicją glukoneogenezy przez zmniejszenie poziomu acetylo-CoA prowadzi w stanach katabolizmu (przedłużone głodzenie, operacja, infekcja) do śpiączki, która przebiega z uszkodzeniem wątroby, hipoglikemią hypoketotyczną i hiperamonemią. Pierwszy epizod występuje zwykle u starszych niemowląt. Kumulacja toksycznych acylokarnityn o długim łańcuchu w zaburzeniach utleniania długołańcuchowych kwasów tłuszczowych może powodować ciężkie objawy u noworodka, takie jak postępująca dysfunkcja wątroby i zaburzenia rytmu serca, zagrażające życiu. Inne defekty utleniania kwasów tłuszczowych i transportu karnityny mogą ujawniać się u młodzieży i dorosłych przewlekłym osłabieniem z bólami mięśniowymi i nawracającą rabdomiolizą albo ostrą lub przewlekłą kardiomiopatią. Jedynym defektem z grupy zaburzeń utleniania kwasów tłuszczowych manifestującym się objawami neurologicznymi jest deficyt dehydrogenazy acylo-koenzymu A krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCAD). Produkcja dużych ilości acylokarnityn prowadzi do wtórnych niedoborów karnityny wolnej. Wszystkie choroby z tej grupy dziedziczą się w sposób autosomalny recesywny (33, 34, 35, 36, 37, 38, 41).

### **19) Deficyt dehydrogenazy acylo-CoA średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych - MCADD**

#### Opis:

Deficyt MCADD jest najczęściej występującym w północnej Europie zaburzeniem utleniania kwasów tłuszczowych (występowanie: 1:6 000 - 1:20 000).

#### Objawy:

Objawy kliniczne występują w każdym wieku, najczęściej od 4 miesiąca życia do 3 r. ż., czasem już u noworodków, podobne do zespołu Reye'a, często gwałtownie postępująca dekompensacja metaboliczna po przedłużonym głodzeniu, np. w czasie nawet banalnych infekcji, po szczepieniu, operacji. Rozpoczyna się zwykle wymiotami (często z prawidłowym poziomem glukozy), nadmierną sennością, szybko postępującą do śpiączki, drgawkami, zatrzymaniem akcji serca. W pierwszym epizodzie przebieg może być letalny u co czwartego dziecka, a u co drugiego dorosłego. Rokowanie po ustaleniu rozpoznania jest bardzo dobre, o ile przestrzegane są zalecenia (7, 8, 9, 14).

#### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: Acylokarnityny ↑C8, ↑C6, ↑ stosunek C8/C10;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: kwasy dwukarboksylowe C6-C10, suberyloglicyna, heksanoiloglicyna.

#### Leczenie:

Postępowaniem z wyboru są regularne posiłki z unikaniem przedłużonego głodzenia.

## **20) Deficyt dehydrogenazy 3-hydroksyacylo-CoA długołańcuchowych kwasów tłuszczowych - LCHADD oraz deficyt mitochondrialnego białka trójfunkcyjnego - MTP**

### Opis:

Białko trójfunkcyjne (MTP) składa się z podjednostek  $\alpha$  i  $\beta$  kodowanych przez dwa różne geny; odpowiada za aktywność hydratazy (LCEH), dehydrogenazy (LCHAD) i oksotiolazy (LCKAT). U większości pacjentów funkcja LCHAD jest pierwotnie uszkodzona (powszechna mutacja E510Q, gen HADHA). W populacji polskiej najczęściej występuje deficyt LCHAD – średnia częstość występowania w Polsce ok. 1:118 000 urodzeń, a w regionie kaszubskim – ok. 1:17 000 urodzeń.

### Objawy:

Kardiomiopatia, uszkodzenie wątroby, hipotonia mięśniowa, neuropatia, retinopatia; nawracająca rabdomioliza o późnym początku; matki płodów z defektem mogą rozwijać w czasie ciąży zespół HELLP lub AFLP (7,8,9,10).

### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: Acylokarnityny:  $\uparrow$  Hydroksypochoodne C14-OH, C16-OH, C18-OH, C18:1-OH;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: kwasy (hydroksy-) dwukarboksyłowe C6-C14;
3. badania molekularne: analiza genu *HADHA* (koduje podjednostkę mitochondrialnego trójfunkcyjnego kompleksu białkowego o aktywności dehydrogenazy 3-hydroksyacylo-CoA długołańcuchowych kwasów tłuszczowych). Mutacja c. 1528G>C w obrębie eksonu 15 genu *HADHA* prowadząca do substytucji Glu510-do-Gln (E510Q lub według innej numeracji E474Q) jest identyfikowana nawet w 88% alleli pacjentów z deficytem LCHAD.

### Leczenie:

Dieta ze znacznym ograniczeniem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych na rzecz średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych.

## **21) Deficyt dehydrogenazy acylo-CoA (bardzo) długołańcuchowych kwasów tłuszczowych - VLCADD**

### Opis:

Deficyt VLCADD jest często wykrywanym w badaniach przesiewowych noworodków zaburzeniem utleniania kwasów tłuszczowych. Częstość występowania 1:85 000.

Objawy:

Kardiomiopatia, zaburzenia rytmu serca, dysfunkcja wątroby, hepatomegalia, SIDS, nawracająca rabdomioliza o późnym początku. (7,8,22).

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: Acylokarnityny: ↑ C14:1, stosunek C14/C12:1;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: kwasy dwukarboksylowe C6-C14;
3. enzym: VLCAD w leukocytach.

Leczenie:

Dieta ze znacznym ograniczeniem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych na rzecz średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych.

**22-23) Deficyt wielu dehydrogenaz acylo-CoA - MADD, acyduria glutarowa typu II –GA II**

Opis:

Zaburzony transfer elektronów z FAD-zależnych dehydrogenaz na łańcuch oddechowy spowodowany defektem flawoproteiny przenoszącej elektrony (ang. *electron transfer flavoprotein*, ETF) lub deficytem oksydoreduktazy (ETF): koenzym Q (ETF-QO); powoduje nie tylko upośledzenie utleniania kwasów tłuszczowych, ale także zaburza funkcję dehydrogenaz w metabolizmie aminokwasów (np. walina, leucyna, izoleucyna, tyrozyna, lizyna). W postaci noworodkowej zwykle zgon w pierwszych tygodniach życia. W związku z wydalaniem metabolitami używana jest nazwa acyduria glutarowa typu II (GA II).

Objawy:

Postać ciężka: malformacje twarzy i mózgu, cysty w nerkach, postępująca encefalopatia, padaczka.

Postać łagodna: nawracające wymioty z hipoglikemią hypoketotyczną i kwasicą metaboliczną.

Diagnostyka:

1. We krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: Acylokarnityny: ↑wszystkie C4-C18 pochodne;
2. W moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ↑ kwasy mlekowy, glutarowy, etylomalony, kwasy dwukarboksylowe.

Leczenie:

Brak skutecznego leczenia w postaci ciężkiej. Regularne posiłki, unikanie przedłużonego głodzenia i ryboflawina w bardzo dużych dawkach.



#### **24) Deficyt transferazy karnityno-palmitynowej, typu I - CPT 1**

##### Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około 1:200 000, jest ona spowodowana deficytem enzymu CPT1 w fibroblastach lub leukocytach.

##### Objawy:

Ciężkie objawy ze strony wątroby, nerkowa kwasica kanalikowa.

##### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: Acylokarnityny:  $\uparrow$ C0,  $\uparrow$ C2,  $\uparrow$ C0/C16+C18;  $\downarrow$ C16, C18, C18:1;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: Kwasy organiczne: brak acydurii dwukarboksylowej.

##### Leczenie:

Regularne posiłki, unikanie przedłużonego głodzenia.

#### **25) Deficyt transferazy karnityno-palmitynowej, typu II - CPT 2**

##### Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na około 1:300 000, ale choroba ujawnia się częściej u młodych mężczyzn (efekt powszechnej mutacji). Jest ona spowodowana deficytem enzymu CPT2 w fibroblastach lub leukocytach. Profil acylokarnityn w bibule przesiewowej nie różnicuje CPT2 i CACT.

##### Objawy:

Kardiomiopatia, dysfunkcja wątroby. Postać łagodna (wiek > 15 lat) głównie u młodych mężczyzn (mimo autosomalnie recesywnego trybu dziedziczenia) z epizodami osłabienia mięśniowego z rabdomiolizą ( w stanach katabolizmu).

##### Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS:  $\downarrow$ Całkowita karnityna, 40-80% acylokarnityn;  $\uparrow$ stosunek (C16+C18)/C2;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: brak zmian/nieswoista acyduria dwukarboksylowa;

3. badania molekularne: Analiza genu *CPT2* (transferazy karnityno-palmitynowej typu II) z częstą mutacją S113L, pozostałe mutacje występują sporadycznie.

Leczenie:

Regularne posiłki, unikanie przedłużonego głodzenia. Suplementacja karnityną.

**26) Deficyt translokazy karnityny (nośnik karnityna:acylokarnityna) - CACT**

Opis:

Częstość: występuje wyjątkowo rzadko. Profil acylokarnityn w bibule przesiewowej nie różnicuje CPT2 i CACT.

Objawy:

Ciężka kardiomiopatia, zaburzenia rytmu serca, dysfunkcja wątroby.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↓↓Całkowita karnityna, acylokarnityny:  
↑↑ C16, C18, C18:1, ↓wolna karnityna;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: ew. acyduria dwukarboksylowa.

Leczenie:

Regularne posiłki i unikanie przedłużonego głodzenia.

**27) Deficyt transportera karnityny (pierwotny deficyt karnityny, defekt wychwytu karnityny) - CTD, CUD**

Opis:

Częstość występowania choroby szacuje się na ok. 1:40 000, która wyraźnie wzrosła wraz z wprowadzeniem przesiewu met. MS/MS – defekt wykrywany u matek badanych noworodków.

Objawy:

Kardiomiopatia, niewydolność serca, słabość mięśni, objawy wątrobowe.

Niedobór karnityny wewnątrzkomórkowej (mięśnie), utrata karnityny związana z niedostateczną reabsorpcją zwrotną w nerce.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↓↓karnityna, acylokarnityny: (zwykle ↓↓wszystkie pochodne);
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: brak (lub mało) kwasów dwukarboksylowych;

3. w surowicy analiza aminokwasów: ↓↓↓ wolna i całkowita karnityna (<5-10% normy).

Leczenie:

Suplementacja karnityną w dużych dawkach.

**28) Deficyt liazy 3-HMG-CoA - HMG**

Opis:

Liaza 3-hydrokso-3-metyloglutaryloCoA (HMG) jest niezbędna w ketogenezie, a także w ostatnim etapie katabolizmu leucyny.

Objawy:

Ostra hipoglikemia hypoketotyczną, kwasica metaboliczna, dysfunkcja wątroby, często zgon w przebiegu epizodu przypominającego zespół Reye'a.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: C5-OH, C6DC;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: kwas 3-hydrokso-3-metyloglutaryny, kwas 3-metyloglutakonowy.

Leczenie:

Dieta z ograniczeniem białka naturalnego, regularne posiłki, unikanie przedłużonego głodzenia.

**29) Deficyt wielu karboksylaz - MCD**

Opis:

Jest spowodowana deficytem enzymu HCS w limfocytach lub fibroblastach.

Objawy:

MCD o wczesnym początku – deficyt syntetazy holokarboksylaz: drgawki, hipotonia, ataksja.

MCD o późnym początku – deficyt biotynidazy: drgawki, hipotonia, opóźnienie rozwoju psychoruchowego, wysypki skórne, łysienie, zaburzenia immunologiczne.

Diagnostyka:

1. we krwi na bibule przesiewowej metodą MS/MS: ↑C5OH, ↑Ala, N-↓C0-C16;
2. w moczu analiza kwasów organicznych metodą GC/MS: kwas 3-OH-izowalerianowy, 3-metylokrotonyloglicyna;
3. w surowicy analiza aminokwasów: ↑Ala, ↓karnityna;
4. oznaczenie biotynidazy w suchej kropli krwi lub surowicy (analiza ilościowa).

Leczenie:

Próba zastosowania biotyny w dawkach farmakologicznych.

## 1.2. Dane epidemiologiczne

Zabezpieczenie prawidłowego rozwoju nowonarodzonego dziecka przez wczesne wykrycie i leczenie choroby wrodzonej spełnia podstawowe oczekiwania społeczne wobec służby zdrowia konstytucyjnie gwarantowanej przez państwo. Badania przesiewowe ograniczają liczbę niepełnosprawnych wymagających opieki od państwa, a także w znacznym stopniu zmniejszają koszt społeczny ponoszony przez rodziny chorych. Szacuje się, że w Rzeczypospolitej Polskiej z chorobami wrodzonymi objętymi badaniami przesiewowymi rodzi się około 450 dzieci rocznie. Oznacza to, że prowadzone badania przesiewowe dla 30 chorób, obejmujące całą populację noworodków, pozwalają uratować około 450 dzieci rocznie. W ramach realizacji Programu, w latach 2015 - 2017, wykryto 1 078 noworodki z chorobami wrodzonymi objętymi badaniem przesiewowym. Należy podkreślić, że część chorób stanowi zagrożenie życia i zdrowia, jeżeli pozostanie nierozpoznana.

## 1.3. Opis obecnego postępowania

Program badań przesiewowych noworodków jest jedynym postępowaniem, które umożliwia wczesne wykrycie, zdiagnozowanie i leczenie kilkudziesięciu chorób wrodzonych, które zagrażają życiu, zaburzają rozwój i prowadzą do nieodwracalnych zmian neurologicznych oraz niepełnosprawności intelektualnej w stopniu ciężkim.

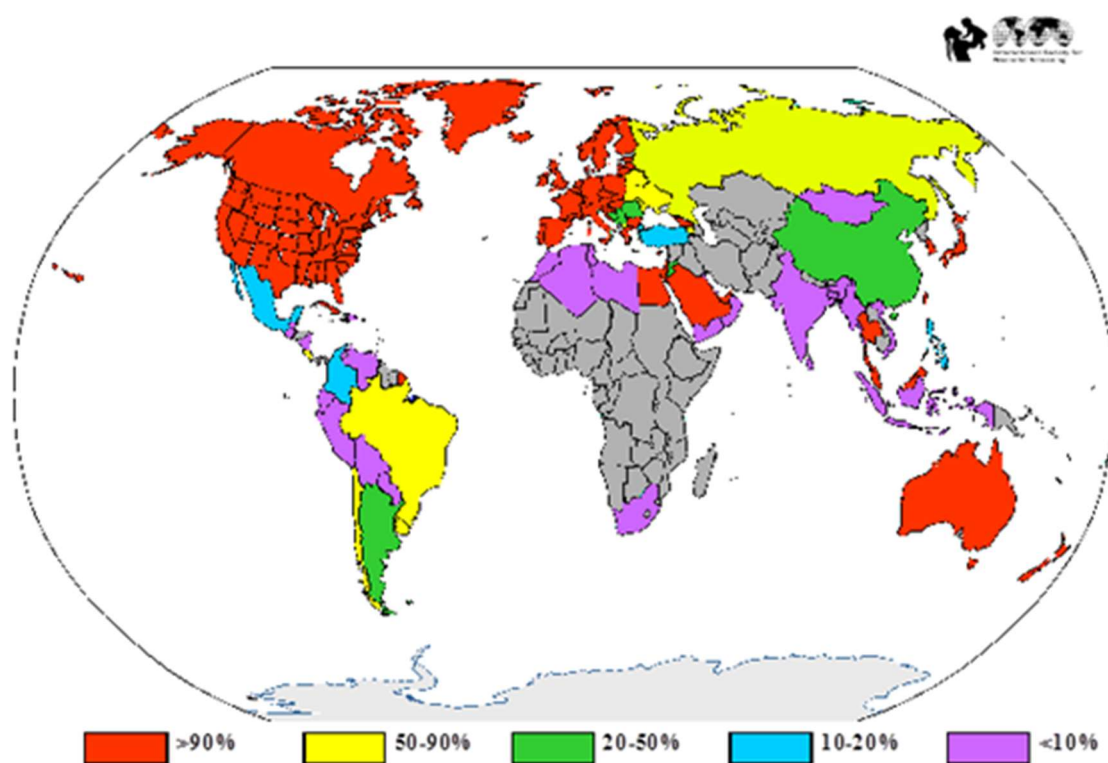
W państwach Unii Europejskiej wszystkie noworodki objęte są tymi badaniami. Różnicę stanowi badanie w kierunku SMA. Liczba badanych chorób sięga obecnie w Europie 30, a w USA w niektórych stanach dochodzi do 55 (przy czym obowiązkowo we wszystkich stanach są badane 34 choroby). Postęp w świecie wymaga stałych prac nad przenoszeniem nowych rozwiązań na grunt naszego kraju oraz prowadzenia własnych prac badawczych. Program na lata 2015-2018 umożliwił objęcie badaniami przesiewowymi kolejnych chorób, w tym wrodzonego przerostu nadnerczy (WPN), argininobursztynurii (ASA), argininemii (ARG), deficytu białka trójfunkcyjnego (TFP), tyrozinemii typu II i cytrulinemii typu II. Aktualnie w Rzeczypospolitej Polskiej, w ramach realizowanej edycji Programu na lata 2019-2022, wykonuje się badania przesiewowe noworodków dla całej populacji, które obejmują 30 chorób wrodzonych.

Program badań przesiewowych wpisuje się w cele Strategii Rozwoju Kapitału Ludzkiego: „Poprawa zdrowia obywateli oraz efektywności systemu opieki zdrowotnej”. Realizacja i rozwój badań przesiewowych plasuje Rzeczpospolitą Polską w systemie krajów rozwiniętych, w których badaniami przesiewowym objęte są całe populacje noworodków (Ryc. 1, 2 i Tab.1). Biorąc pod uwagę systematyczny postęp w medycynie, badania przesiewowe wymagają przede wszystkim

kontynuowania dla chorób już objętych programem, jak i objęcia w niedalekiej przyszłości kolejnych, które są już badane w wielu krajach, takich jak galaktozemia lub są wdrażane, np. ciężki wrodzony niedobór odporności (ang. SCID) czy inne rzadkie wady metabolizmu. W związku ze stałym rozwojem metod analitycznych, w tym diagnostyki genetycznej są konieczne prace nad optymalizacją procedur dla poprawy efektywności diagnostyki i leczenia.

Efekt społeczny i korzyść ekonomiczna badań przesiewowych noworodków są niekwestionowane na całym świecie, m.in. dlatego, że we wszystkich krajach Unii Europejskiej badania przesiewowe są realizowane jako program stały, finansowany przez Ministerstwo Zdrowia danego kraju. Koszt wykrycia choroby u 1 dziecka w badaniu przesiewowym odpowiada kosztom utrzymania osoby z niepełnosprawnością intelektualną w zakładzie opieki przez okres 2-3 lat. Dzieci chore wykryte w badaniach przesiewowych i wcześniej leczone uzyskują prawidłowy rozwój psychiczny i fizyczny i/lub znaczną poprawę jakości życia.

**Ryc. 1 Procent noworodków objętych badaniami przesiewowymi w świecie według danych**



International Society for Newborn Screening (ISNS).

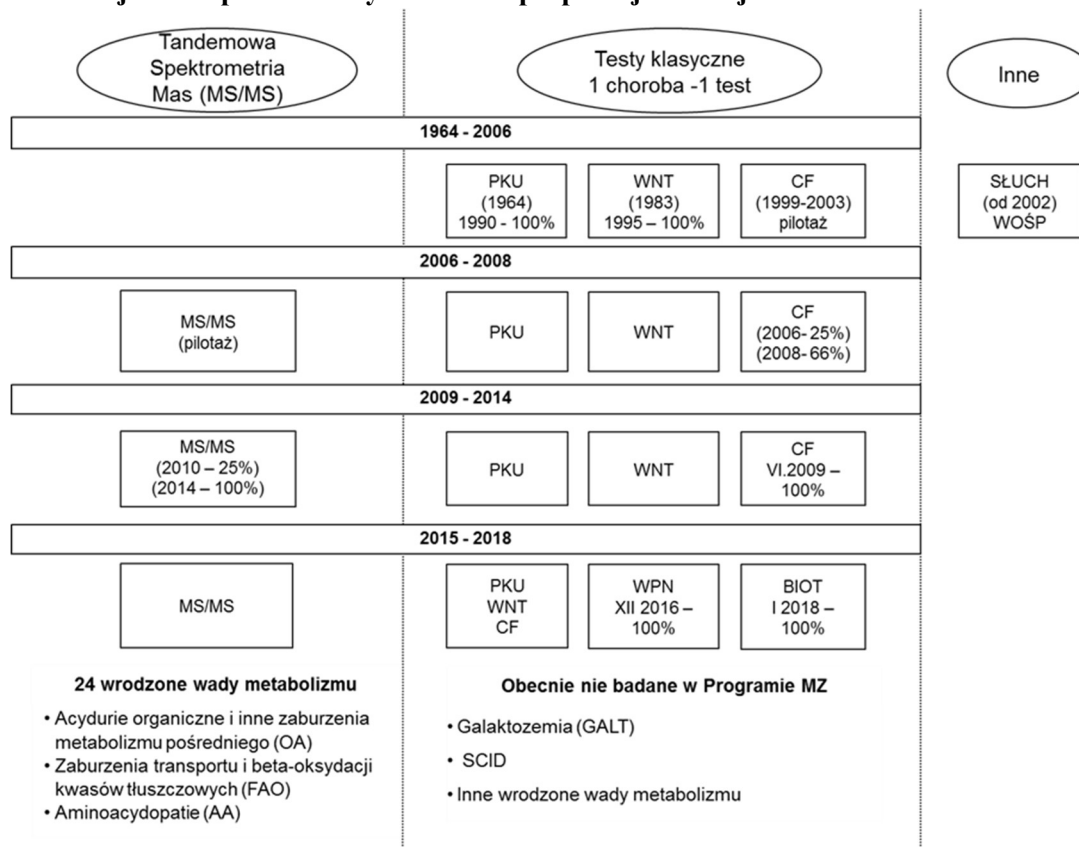
Zarówno fenylketonuria (PKU), wrodzona niedoczynność tarczycy (WNT), mukowiscydoza (CF), wrodzony przerost nadnerczy (WPN), deficyt biotynidazy (BIOT), wrodzone wady metabolizmu (WWM), jak i rdzeniowy zanik mięśni (SMA) spełniają kryteria WHO dla populacyjnych badań przesiewowych. Kontynuacja badań pozwoli wykorzystać istniejące laboratoria badań przesiewowych,

które są wyposażone w jednakową aparaturę medyczną, sprzęt informatyczny oraz oprogramowanie, a także pracują w oparciu o jednolite procedury. Pozwoli to również na wykorzystanie dotychczasowych doświadczeń osób wykonujących badania, tj. techników laboratoryjnych, lekarzy, pielęgniarek, położnych a także osób odpowiedzialnych za prawidłowy przepływ informacji między szpitalami a laboratoriami i klinikami.

Doświadczenia z dotychczasowej realizacji badań przesiewowych stanowią bazę do dalszej modyfikacji i ewentualnego poszerzenia w przyszłości badań w Rzeczypospolitej Polskiej, zgodnie z trendem światowym. Program jest oparty na dotychczasowym schemacie organizacyjnym, który zostanie poszerzony o dodatkowe zadania i nowe testy, celem optymalizacji całej procedury. Zostanie wykorzystana elektroniczna transmisja danych z utworzeniem centralnej bazy danych w systemie „real time”.

Mimo szerokiego katalogu chorób objętymi badaniami przesiewowymi, jest zasadne aby w przyszłości objęto badaniem kolejne choroby, które są wykrywane w innych krajach rozwiniętych oraz utworzenie kompleksowego, wielozadaniowego modelu organizacji badań przesiewowych, w celu zapewnienia zarówno diagnostyki jak i efektywnego leczenia przez standaryzację procedur, a także monitorowanie krótko oraz długoterminowe.

**Ryc. 2 Rozwój badań przesiewowych w Rzeczypospolitej Polskiej.**



**Tab. 1 Badania przesiewowe noworodków - porównanie Rzeczpospolita Polska a inne kraje.**

Lp.	Choroby	Skrót	Polska	Szwecja	Norwegia	USA	Australia	Holandia
1	Fenyloketonuria / Hiperfenyloalaninemia	PKU/ HPA	+	+	+	+	+	+
2	Hypotyreoza (Wrodzona niedoczynność tarczycy)	WNT	+	+	+	+	+	+
3	Mukowiscydoza	CF	+	-	+	+	+	+
4	Wrodzony przerost nadnerczy	WPN	+	+	+	+	+	+
5	Galaktozemia	GAL	-	+	+	+	+	+
6	Rdzeniowy zanik mięśni	SMA	+/-	+/-	+/-	+	+/-	-
7	Deficyt biotynidazy	BIO	+	+	+	+	+	+
8	Choroba syropu klonowego	MSUD	+	+	+	+	+	+
9	Homocystynuria	HCY	+	+	+	+	+	+
10	Cytrulinemia typu I i II	CIT I/II	+	+	-	+	+	-
11	Tyrozynemia typu I i II	TYR I/II	+	+	-	+	+	+
12	Deficyt MCAD	MCAD	+	+	+	+	+	+
13	Deficyt LCHAD	LCHA D	+	+	+	+	+	+
14	Deficyt mitochondrialnego białka trójfunkcyjnego	MTP	+	+	+	+	+	+
15	Deficyt VLCAD	VLCA D	+	+	+	+	+	+
16	Deficyt wielu dehydrogenaz acylo-CoA	GA II	+	+	+	+	+	-
17	Deficyt CPT I	CPT I	+	+	+	+	+	-

18	Deficyt CPT II	CPT II	+	+	+	+	+	-
19	Deficyt translokazy karnityny	CACT	+	+	+	+	+	-
20	Deficyt transportera karnityny	CTD (CUD)	+	+	+	+	+	-
21	Deficyt liazy HMG-CoA	HMG	+	-	-	+	+	+
22	Acyduria glutarowa typu I	GA I	+	+	+	+	+	+
23	Acyduria propionowa	PA	+	+	+	+	+	+
24	Acyduria metylomalonowa	MMA	+	+	+	+	+	+
25	Acyduria izowalerianowa	IVA	+	+	+	+	+	+
26	3-metylokrotonyloglicynuria	MCC	+	+	+	+	+	+
27	Deficyt wielu karboksylaz	MCD	+	+	+	+	+	+
28	Ciężki złożony niedobór odporności*	SCID	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-

+/- - oznacza badania pilotażowe \*realizowane z odrębnych środków

Badania przesiewowe noworodków są rozwijane w Rzeczypospolitej Polskiej, podobnie jak w innych krajach Unii Europejskiej, USA, Kanadzie i wielu innych krajach. W oparciu o finansowanie ze środków budżetu państwa prace badawcze i wdrożeniowe doprowadziły do ujednoczenia metod badań przesiewowych oraz utworzenia sieci współpracujących ze sobą ośrodków przesiewowych, podlegających kontroli jakości. W całym kraju funkcjonuje obecnie jednolity system organizacyjny oparty o komputerowy rejestr wszystkich noworodków, dzięki temu badaniem objęte jest prawie 100% populacji. Badania są wykonywane w wyspecjalizowanych laboratoriach. Postępowanie diagnostyczne jest prowadzone przez wytypowane kliniki i poradnie, do których bezpośrednio są kierowane noworodki z podejrzeniem jednej z badanych chorób wrodzonych. Dane z poszczególnych laboratoriów są przekazywane do Instytutu Matki i Dziecka, co pozwala na pełną kontrolę procedury przesiewowej przez rejestr i nadzór nad obiegiem próbek krwi. W trakcie realizacji programu badań przesiewowych opracowano i wdrożono sukcesywnie badanie w kierunku 30 chorób wrodzonych, jest to liczba zbliżona do innych krajów europejskich, które idą w ślad za wiodącymi w tej dziedzinie Stanami Zjednoczonymi, w których niektóre stany badają 55 chorób.



### **Trudności w uzyskiwaniu świadczeń.**

Choroby objęte badaniami przesiewowymi należą do szczególnej grupy chorób rzadkich ponieważ wymagają rozpoznania w pierwszych dniach lub tygodniach po urodzeniu w celu bezzwłocznego włączenia leczenia, przed rozwojem nieodwracalnych zmian prowadzących do ciężkiej niepełnosprawności (PKU, WNT, SMA) lub ochrony przed stanem zagrożenia życia (MSUD, WPN, MCAD i inne). Dlatego jest konieczne prowadzenie badań przesiewowych noworodków, jako wczesnej profilaktyki specyficznej grupy chorób rzadkich.

W ostatnim dziesięcioleciu w krajach wiodących, liczba chorób wrodzonych objętych badaniami przesiewowym zwiększyła się wielokrotnie. Ze względu na ograniczenia finansowe kolejne badania są wdrażane sukcesywnie, co powoduje ograniczenie dostępu do części badań. Kolejna wersja programu pozwoli na kontynuację dotychczas wprowadzonych badań przesiewowych, opracowanie norm własnych dla ostatnio wprowadzonych testów, modyfikację algorytmów analitycznych w celu poprawy czułości, a zwłaszcza specyficzności testów, tj. minimalizacji odsetka wyników fałszywie dodatnich. Ponadto przygotowanie wprowadzenia następnych testów, które obecnie nie są badane w Rzeczypospolitej Polskiej albo są w fazie badań pilotażowych.

*Rządowy program badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019 – 2022* zapewni wykonanie badań przesiewowych dla całej populacji noworodków, wstępną diagnostykę potwierdzającą z wdrożeniem leczenia oraz monitorowanie leczenia.

Wprowadzone zostaną istotne zmiany organizacyjne mające na celu skrócenie czasu od urodzenia dziecka do uzyskania diagnozy, w tym transportu prób krwi ze szpitali przez system kurierski, wprowadzenie szybszych testów potwierdzających pierwszy etap badania przesiewowego i ograniczenie badań powtórnych. Wdrożenie nowego wielozadaniowego programu komputerowego do kompleksowego zarządzania całą procedurą badań w Rzeczypospolitej Polskiej z jednolitą bazą danych, zapewni stałą, bezpieczną, elektroniczną komunikację 7 laboratoriów przesiewowych, monitorowanie etapów diagnostyki i leczenia, kontrole jakości, generowanie statystyki badań oraz ocenę efektywności Programu, zgodnie z rekomendacją ekspertów EUNENBS (European Union Network of Experts on Newborn Screening) (1, 3).

Zmiany organizacyjne oraz ewentualne wprowadzanie w kolejnych edycjach Programu badań kolejnych chorób odbywać się będzie z wykorzystaniem posiadanej aparatury pomiarowej (luminometry, kolorymetry, spektrometry tandemowej spektrometrii mas (MS/MS), chromatografy cieczowe (HPLC), chromatografy gazowe z detekcją spektrometrem mas (GC/MS)) i sprzętu

laboratoryjnego (wycinarki do prób krwi, czytniki kodów, dozowniki i pipety automatyczne, itp.) oraz sprzętu komputerowego z oprogramowaniem.

## II. Cele programu polityki zdrowotnej i mierniki efektywności jego realizacji

### 2.1. Cel główny

Celem głównym programu polityki zdrowotnej pn. *Rządowy program badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2022* jest obniżenie umieralności noworodków, niemowląt i dzieci z powodu chorób wrodzonych oraz zapobieganie ciężkiemu i trwałemu upośledzeniu fizycznemu i intelektualnemu, wynikającemu z tych chorób.

### 2.2. Cele szczegółowe:

Do celów szczegółowych zalicza się:

- 1) wczesne rozpoznanie i wdrożenie leczenia (w tym monitoring) 30 chorób wrodzonych objętych badaniem przesiewowym przez prowadzenie:
  - a) badań przesiewowych w kierunku wrodzonej niedoczynności tarczycy (WNT);
  - b) badań przesiewowych w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy (WPN);
  - c) badań przesiewowych w kierunku mukowiscydozy (CF);
  - d) badań przesiewowych w kierunku fenyloketonurii (PKU);
  - e) badań przesiewowych w kierunku deficytu biotynidazy (BIOT);
  - f) badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (SMA):
    - skrócenie czasu od urodzenia dziecka do uzyskania pozytywnego wyniku genetycznego badania w kierunku SMA oraz
    - czasu od urodzenia do rozpoczęcia leczenia w kierunku SMA;
    - czas od urodzenia do interwencji będzie porównywany z czasem bez badań przesiewowych, (po uzyskaniu danych z komisji ds. leczenia SMA) i wyrażony w jednostkach bezwzględnych, przez porównanie średniej, mediany czasu oraz określenie najkrótszego i najdłuższego czasu od urodzenia do interwencji
  - g) badań przesiewowych w kierunku rzadkich wad metabolizmu metodą MS/MS (WWM).
- 2) podniesienie kwalifikacji personelu medycznego na temat badań przesiewowych przez realizację szkoleń dla kadry medycznej;
- 3) obniżenie kosztów leczenia i opieki nad dziećmi z chorobami wrodzonymi;

- 4) upowszechnianie wiedzy o badaniach przesiewowych w społeczeństwie;
- 5) opracowanie i wdrożenie nowego modelu zintegrowanych badań przesiewowych, który obejmuje:
  - a) wprowadzenie systemu transportu próbek krwi noworodków, ze szpitali do laboratoriów przesiewowych, w oparciu o firmy kurierskie, 5 razy w tygodniu w celu skrócenia czasu transportu;
  - b) wprowadzenie nowego programu do zarządzania realizacją badań przesiewowych;
  - c) wykonywanie badań biochemicznych w zakresie diagnostyki i monitorowania leczenia chorób wykrytych w badaniach przesiewowych;
  - d) walidację nowych testów przesiewowych;
  - e) opracowanie i upowszechnienie rekomendacji dla postępowania diagnostyczno-leczniczego dla rdzeniowego zaniku mięśni;
  - f) włączenie monitorowania leczenia rdzeniowego zaniku mięśni do rejestru leczonych przedobjawowo;
  - g) opracowanie i upowszechnienie rekomendacji dla postępowania diagnostyczno-leczniczego dla wrodzonych wad metabolizmu wykrywanych metodą MS/MS;
  - h) modernizację komunikacji elektronicznej do pracy „on-line”;
  - i) wprowadzenie monitorowania leczenia wrodzonych wad metabolizmu (WWM) w pierwszym roku życia – rejestr leczonych.

### **2.3. Mierniki efektywności realizacji programu polityki zdrowotnej**

- 1) Jako miernik efektywności dla celu pierwszego, który odnosi się do wczesnego rozpoznania i wdrożenia leczenia 30 chorób wrodzonych objętych badaniem przesiewowym, przyjęto liczbę noworodków wykrytych w badaniach przesiewowych z chorobami wrodzonymi, objętymi zakresem badań przesiewowych i skierowanych do dalszego leczenia.
- 2) Dla celu drugiego, dotyczącego podniesienia kwalifikacji personelu medycznego na temat badań przesiewowych przez realizację szkoleń dla kadry medycznej przyjęto liczbę personelu medycznego (z podziałem na wykonywany zawód) przeszkolonego w ramach Programu.
- 3) Z uwagi na trudności związane z oszacowaniem kosztów, które zostaną obniżone dzięki wczesnemu wykryciu choroby, jako miernik efektywności ekonomicznej przyjęto analizę kosztów dla dwóch chorób z badanego panelu – fenyloketonurii i wrodzonej niedoczynności tarczycy (w latach 2015-2017 wykryto łącznie 490 chorych). Jeżeli choroby te nie zostaną wykryte w pierwszym miesiącu życia w badaniach przesiewowych, prowadzą do upośledzenia umysłowego w stopniu ciężkim, które uniemożliwia samodzielne funkcjonowanie i powoduje

konieczność opieki pielęgnacyjnej oraz utrzymania przez całe życie. Przeżywalność tych chorych jest taka sama jak zdrowych osób.

**Tab. 2. Bilans badań przesiewowych w latach 2015 – 2017.**

<b>Choroba wrodzona</b>	<b>Liczba badanych Noworodków</b>	<b>Liczba wykrytych chorych</b>	<b>Koszt badań przesiewowych w okresie 3 lat</b>	<b>Koszt wykrycia 1 chorego noworodka</b>
Fenyloketonuria (PKU)	1 143 000	173	8 441 499,45 zł	48 794,79 zł
Wrodzona niedoczynność tarczycy (WNT)	1 143 000	317	10 252 845,18 zł	32 343,36 zł
-	<b>2 286 000</b>	<b>490</b>	<b>18 694 344,63 zł</b>	<b>38 151,72 zł</b>

Średni koszt wykrycia choroby w badaniach przesiewowych 1 dziecka z PKU lub WNT, zagrożonego upośledzeniem umysłowym w stopniu ciężkim, wyniósł w omawianym okresie:

**18 694 344,63 zł / 490 chorych = 38 151,72 zł.**

Kalkulacja bilansu koszt przesiewu/ koszt opieki osoby niepełnosprawnej opiera się na następujących założeniach: dzieci chore nie wykryte w przesiewie trafiają do domów pomocy społecznej (założenie przyjęte dla potrzeb niniejszej kalkulacji). Przyjmując, iż średni wiek przekazania dziecka do domu pomocy wynosi 5 lat (do tego czasu koszt ponoszą rodzice, a nie Skarb Państwa). Średnie dalsze trwanie życia osoby urodzonej w 2016 r. wynosi 77,9 lat (48). 77,9 lat – 5 lat opieka domowa = 72,9 lat utrzymania w domu pomocy społecznej. Średni koszt roczny dla 1 chorego w 2015 r. należy przyjąć na poziomie 21 768 zł (49).

Koszt wykrycia 1 chorego odpowiada kosztom pobytu chorego w domu pomocy społecznej w okresie krótszym niż 2 lata. Koszt utrzymania 1 chorego przez całe życie wyniesie średnio: 72,9 lat x 21 768zł/rok = 1 586 887,20 zł.

W ciągu roku, podczas badań przesiewowych, wykrywa się średnio (w okresie 2015-2017) 163 chorych na fenyloketonurię i wrodzoną niedoczynność tarczycy łącznie. W przypadku ich niewykrycia, koszt utrzymania ww. chorych przez całe życie (ok. 72,9 lat) wynosi 258 662 614,00 zł. Biorąc pod uwagę, iż przeciętny roczny koszt edycji Programu badań przesiewowych na lata 2019 – 2022 wynosi ok. 38 000 000 zł, roczne oszczędności dla budżetu państwa wynoszą ok. 220 662 614 zł. Alternatywnie, przyjmując tylko 1 406 zł – koszt miesięczny

świadczenia pielęgnacyjnego przyznanego dla opiekuna osoby niepełnosprawnej (w 2017 r.) - koszt roczny opieki dla 1 chorego wyniesie 16 872 zł, a w ciągu całego życia (ok. 72,9 lat) – 1 229 968,80 zł (50). Dla 163 chorych wykrytych rocznie z PKU i WNT, koszt opieki w ciągu 72,9 lat wyniesie 200 484 914 zł. Odejmując średni roczny koszt programu badań przesiewowych (38 000 000 zł) oszczędność dla budżetu państwa wynoszą ok. 162 484 914 zł rocznie.

Oszczędności związane z wykryciem 490 chorych w latach 2015-2017 wynoszą od 3 (lata) x 162 484 914 = 487 454 742 zł, w przypadku gdyby wszyscy pozostawali pod opieką rodziny, do 3 x 220 662 614 = 661 987 842 zł, gdyby wszyscy chorzy pozostawali w domach pomocy społecznej.

Należy mieć na uwadze, iż powyższych wyliczeń nie można traktować jako szczegółowych danych na temat oszczędności wynikających z realizacji Programu. Celem wyliczeń jest przedstawienie orientacyjnej skali kosztów, które Skarb Państwa może ponieść w przypadku zaprzestania wykonywania badań przesiewowych. Ponadto, przedstawione wyliczenia nie obejmują kluczowych aspektów takich jak wysokość inflacji, lub waloryzacji świadczeń, otrzymywanych innych świadczeń/zasiłków przyznawanych osobom niepełnosprawnym lub ich opiekunom, kosztów wykrycia i leczenia choroby, itd. Należy także wskazać, iż przedstawione obliczenia odnoszą się tylko do 2 chorób z 30, które wykrywa się w ramach prowadzonego Programu. Uśrednione wartości odnoszą się do ogółu społeczeństwa, niemniej jednak, wysokość potencjalnie zaoszczędzonych środków jednoznacznie wskazuje korzyści dla stanu zdrowia ludności, a także dla Skarbu Państwa.

W zakresie badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (SMA), należy podkreślić, że wraz ze wzrostem wykrywalności chorych z SMA, wzrosnie liczba pacjentów diagnozowanych przedobjawowo lub we wczesnym stadium rozwoju choroby. W związku z powyższym możliwe będzie wcześniejsze wdrożenie leczenia u pacjentów, którzy zdiagnozowani byłiby w późniejszym okresie po wystąpieniu objawów. Oznacza to, że wprowadzenie badań przesiewowych w kierunku SMA nie zwiększy liczby diagnozowanych pacjentów, którym należy podać leczenie, a tylko przyspieszy diagnozę, zdecydowanie poprawiając rokowanie tej grupy chorych.

Szacuje się, że prowadząc badania w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni dla całej populacji noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej przy pomocy genetycznych badań przesiewowych, rocznie będzie wykrywane około 50 – 55 przypadków SMA (częstość występowania SMA ok. 1 : 7000 urodzeń). Dotychczasowa kwalifikacja pacjentów do terapii nusinersenem obejmowała dzieci zdiagnozowane objawowo w różnym wieku w związku z wprowadzeniem leczenia od 2019 r. (kumulacja) Przed 2019 r. leczenie było niedostępne w Rzeczypospolitej Polskiej. W

związku z brakiem polskich danych dotyczących leczenia nusinersenem, nie jest możliwe przeprowadzenie pełnej analizy efektywności kosztowej i oszacowanie wydatków, które zostaną obniżone dzięki wczesnemu wykryciu rdzeniowego zaniku mięśni (za krótki okres wdrożonego leczenia, brak przesiewu), dlatego podstawę stanowić mogą analizy i podjęte decyzje w sprawie wprowadzenia badań przesiewowych w krajach z bardziej zaawansowanym programem przesiewowym oraz prowadzących leczenie dłużej.

Większość przypadków rdzeniowego zaniku mięśni to postaci ciężkie, których objawy kliniczne pojawiają się już w pierwszych miesiącach życia, a moment potwierdzenia rozpoznania klinicznego badaniem genetycznym zależy od dostępności do badań, w tym ich finansowania oraz doświadczenia ośrodka prowadzącego pacjenta. Opóźnienie rozpoznania choroby wiąże się z wystąpieniem zmian o charakterze neurodegeneracyjnym, których cofnięcie nie jest możliwe nawet z zastosowaniem leczenia celowanego. Dzięki wprowadzeniu badań przesiewowych noworodków w kierunku SMA możliwe będzie znaczne skrócenie czasu od urodzenia do zdiagnozowania choroby wrodzonej (na podstawie badań genetycznych, w dwustopniowym teście przesiewowym – RT-PCR i MLPA), a więc szybkie rozpoznanie oraz natychmiastowe wdrożenie leczenia choroby. Rozpoczęcie leczenia w okresie przedobjawowym umożliwi zatrzymanie procesu degeneracji (obumierania) motoneuronów rdzenia kręgowego, które w konsekwencji prowadzi do unieruchomienia oraz niewydolności oddechowej i śmierci. Zgodnie z wynikami badania klinicznego NURTURE (De Vivo DC i wsp. *Neuromuscul Disord*, 2019, 29: 842-856; czas obserwacji pacjentów 2,9 lat) przedobjawowe wprowadzenie leczenia ma wysoką efektywność i u większości dzieci zapobiega wystąpieniu ciężkich objawów klinicznych czy wręcz przedwczesnej śmierci pacjentów. Żadne z dzieci włączonych do badania po upływie 2,9 roku od włączenia leczenia nie wymagało ciągłej wentylacji mechanicznej, wszystkie osiągnęły zdolność do samodzielnego siedzenia, zaś znacząca większość zdolność chodzenia z pomocą drugiej osoby (92%) lub samodzielnego chodzenia (88%). Dla porównania, dzieci z typem I SMA wymagają ciągłej wentylacji lub umierają w średnim wieku 1,2 roku.

Wdrożenie badań przesiewowych jest także ekonomicznie uzasadnione w przypadku, gdy dostępne jest finansowanie leczenia z wykorzystaniem leków sierocych (Jalali A i wsp. 2020 *J Pediatr*.). Wyliczono, że w przypadku pacjentów SMA koszt roku życia bez progresji choroby jest niższy w przypadku dzieci, u których rdzeniowy zanik mięśni zidentyfikowano w trakcie badań przesiewowych w porównaniu do pacjentów zdiagnozowanych po wystąpieniu objawów klinicznych. Dlatego wczesne rozpoznanie i szybkie wdrożenie leczenia przyczynowego zatrzymuje lub nawet cofa postęp choroby, ponadto zapobiega lub znacznie redukuje nasilenie objawów choroby. Dodatkowo wczesna interwencja zapobiega śmierci

dzieci lub ich ciężkiej inwalidyzacji. Wpływa istotnie na zmniejszenie niepełnosprawności i w znacznej części pozwoli uzyskać prawidłowy rozwój dzieci chorych na SMA. Dzieci, które nigdy nie siedziały, wymagały oddechu wspomaganego, karmienia dojelitowego, będą mogły przyjąć postawę siedzącą, samodzielnie oddychać oraz jeść; pacjenci, którzy nie chodzili lub tracili tę umiejętność w przebiegu choroby, będą zdolni do samodzielnej egzystencji, pracy i samoobsługi, jak również chodzić. Wpłynie to znacząco na zmniejszenie kosztów leczenia objawowego (m.in. opieka wielospecjalistyczna, hospitalizacje związane z leczeniem powikłań, oddech wspomagany, żywienie dojelitowe, rehabilitacja, leczenie ortopedyczne) oraz obniżenie kosztów społecznych (opieka nad pacjentem niepełnosprawnym ruchowo, renty). Niestety w związku z faktem, iż rdzeniowy zanik mięśni, zaliczany do grupy chorób układu mięśniowo-szkieletowego, ze względu na częstość występowania (choroba rzadka  $<1/2000$  urodzeń) nie znajduje się w grupie zaburzeń powodujących najbardziej znaczący wzrost wskaźnika DALY dla wszystkich chorób oraz grupy chorób układu mięśniowo – szkieletowego. Jednocześnie należy podkreślić, iż najcięższe postaci rdzeniowego zaniku mięśni (SMA) znacząco wpływają na liczbę lat życia utraconych wskutek przedwczesnej śmierci lub uszczerbku na zdrowiu z powodu tej choroby, w związku z szybkim wystąpieniem jej objawów klinicznych.

- 4) Jako miernik efektywności dla celu czwartego przyjęto liczbę wyprodukowanych materiałów informacyjnych na temat badań przesiewowych, liczbę szpitali, do których materiały te zostały rozesłane oraz liczbę wejść na stronę internetową Programu.
- 5) Dla punktu piątego miernikiem efektywności będzie:
  - a) czas transportu próbki krwi ze szpitala do laboratorium na następny dzień roboczy dla co najmniej 80% oddziałów do końca 2019 r.,
  - b) wprowadzenie nowego programu do zarządzania badaniami przesiewowymi do końca 2019 r.,
  - c) przeprowadzenie walidacji nowych testów przesiewowych do końca 2022 r.,
  - d) dla badań przesiewowych w kierunku SMA, którego celem jest wczesne, przedobjawowe wykrycie chorych dzieci, stosowana będzie ocena porównawcza:
    - czasu (liczba dni) od urodzenia dziecka do diagnozy (data wydania wyniku testu genetycznego), przed wprowadzeniem badań przesiewowych oraz po ich wprowadzeniu. Wskaźnik w liczbach średniej liczby dni oraz procentowy spadek. Docelowo wynik genetycznego badania przesiewowego powinien być wydawany do 7 dni roboczych od rejestracji (dostarczenia próbki krwi na bibule).

Ponadto, w oparciu o dane z Komisji ds. leczenia SMA przy Ministerstwie Zdrowia, porównany zostanie do czasu od urodzenia do pierwszej interwencji lekowej.

Wskaźnik dla opracowania i wdrożenia modelu zintegrowanych badań przesiewowych opierać się będzie 2 etapach wykonania:

- **Etap 1:** Dla badania laboratoryjnego – od pobrania krwi od noworodka do wydania finalnego wyniku badań molekularnych;
  - **Etap 2:** Opracowanie przez Zespół Koordynacyjny do spraw leczenia chorych na rdzeniowy zanik mięśni, postępowania diagnostyczno – leczniczego od momentu otrzymania dodatniego wyniku badania przesiewowego w kierunku SMA do interwencji lekowej.
- e) opracowanie i upowszechnienie rekomendacji dla postępowania diagnostyczno-leczniczego dla wrodzonych wad metabolizmu wykrywanych metodą MS/MS do końca 2021 r.,
- f) modernizacja komunikacji elektronicznej do pracy „on-line” do końca 2019 r.,
- g) wprowadzenie monitorowania leczenia wrodzonych wad metabolizmu (WWM) w pierwszym roku życia – rejestr leczonych do końca 2020 r.

W ramach programu „Strateg” dla celu 4. *Poprawa zdrowia obywateli oraz efektywności systemu opieki zdrowotnej* przyjęto, jako wskaźnik udział procentowy liczby noworodków objętych badaniami przesiewowym w ogólnej liczbie noworodków w danym roku kalendarzowym.

### III. Charakterystyka populacji docelowej oraz interwencji

#### 3.1. Populacja docelowa

Program polityki zdrowotnej pn. *Rządowy program badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2022*, podobnie jak poprzednie edycje, jest skierowany do wszystkich dzieci urodzonych w Rzeczypospolitej Polskiej, bez względu na narodowość opiekunów prawnych oraz status ubezpieczenia.

Liczba dzieci objętych badaniami przesiewowymi w głównej mierze jest uzależniona od liczby urodzeń w danym roku. W Programie założono, że w każdym roku, tj. od 2019 r. do 2022 r. Program obejmie ok. 400 tys. dzieci – łącznie ok. 1600 tys.



### **3.2. Kryteria kwalifikacji do udziału w programie polityki zdrowotnej oraz kryteria wyłączenia z programu polityki zdrowotnej**

Każdy opiekun prawny dziecka przed wykonaniem badania zostanie poinformowany przez personel medyczny o planowanych badaniach przesiewowych i otrzyma ulotkę informacyjną na ten temat. W ramach działań promocyjnych, na każdy oddział położniczo-ginekologiczny zostaną dostarczone materiały promocyjno-informujące (ulotki i plakat) o Programie i jego założeniach.

Kryterium włączającym do udziału w Programie jest urodzenie dziecka w kraju. Podejmowane interwencje w ramach Programu przewidują objęcie badaniem w pierwszych dobach życia każdego dziecka.

Kryterium wyłączającym z udziału w Programie jest brak akceptacji na wykonanie badania przesiewowego wyrażonego na piśmie przez matkę/opiekuna prawnego dziecka.

### **3.3. Planowane interwencje**

W ramach Programu są planowane następujące interwencje:

- 1) badania przesiewowe w kierunku:
  - a) wrodzonej niedoczynności tarczycy,
  - b) fenyloketonurii,
  - c) mukowiscydozy,
  - d) rzadkich wad metabolizmu – MS/MS,
  - e) wrodzonego przerostu nadnerczy,
  - f) rdzeniowego zaniku mięśni,
  - g) deficytu biotynidazy.

Charakterystykę powyższych chorób przedstawiono w części *1.1. Opis problemu zdrowotnego*.

- 2) prowadzenie rejestru noworodków – baza danych noworodków, u których wykonano badanie przesiewowe oraz baza umożliwiająca monitorowanie leczenia chorych;
- 3) przeprowadzenie szkoleń oraz udział w konferencjach naukowych o tematyce związanej z badaniami przesiewowymi;
- 4) prowadzenie działalności promocyjnej prowadzonych badań przesiewowych.

Badania przesiewowe w Rzeczypospolitej Polskiej realizują laboratoria, które są wyposażone w ujednolicony system diagnostyczny: aparaturę, sprzęt laboratoryjny i komputerowy oraz specjalistyczne oprogramowanie. Testy przesiewowe są wykonywane zgodnie z procedurą opracowaną przez IMID. Testy diagnostyczne są kupowane dla całego kraju w drodze centralnego przetargu

realizowanego przez Zakład Zamówień Publicznych przy Ministrze Zdrowia. Krew noworodków do badań jest pobierana we wszystkich szpitalach niezależnie od formy organizacyjno-prawnej podmiotów leczniczych, a także w przypadku porodów domowych. Na podstawie badań laboratoryjnych noworodki podejrzane o jedną z chorób są wzywane do wytypowanej kliniki lub specjalistycznej poradni. Wszystkie dane matki i noworodka oraz wyniki badań laboratoryjnych są rejestrowane w centralnym rejestrze i archiwizowane zgodnie z wymogami dokumentacji medycznej oraz zabezpieczone zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi ochrony danych osobowych tj. rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych) oraz ustawą z dnia 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych (Dz. U z 2019 r. poz. 1781). Drugim etapem badań przesiewowych jest diagnostyka potwierdzająca i różnicowa wykonywana w specjalistycznym laboratorium oraz ocena kliniczna przez specjalistę pediatrii metabolicznej, endokrynologa lub pulmonologa. Trzeci etap, obejmuje badania specjalistyczne, badania kontrolne oraz monitorowanie leczenia rejestrowane w bazie przesiewowej.

Ogólny sposób realizacji zadań:

- 1) realizator Programu, zawrze umowy z akredytowanymi przy IMID laboratoriami przesiewowymi na wykonywanie badań w ustalonych rejonach kraju;
- 2) badania przesiewowe noworodków (z wyjątkiem badań pilotażowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni, które będą realizowane zgodnie z określonym harmonogramem) będą wykonywane w całym kraju zgodnie z Programem oraz rekomendacjami IMID i przyjętymi standardami diagnostyczno-leczniczymi;
- 3) realizacja Programu jest oparta o specjalistyczny program komputerowy, zarządzający logistyką badań, w którym są rejestrowane wszystkie operacje procedury diagnostycznej;
- 4) stosuje się jednakowe testy diagnostyczne, aparaturę pomiarową, zasady oceny wyników, postępowanie diagnostyczno-lecznicze oraz dokumentację i sprawozdawczość;
- 5) badaniami przesiewowymi będą objęte wszystkie noworodki urodzone w Rzeczypospolitej Polskiej (z wyłączeniem nowo wprowadzonych badań pilotażowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni, które będą realizowane zgodnie z określonym harmonogramem) oraz z wyłączeniem przypadków pisemnej odmowy zgody na badania przesiewowe wyrażonej przez rodzica lub opiekuna prawnego dziecka.

Badania w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni wprowadzane będą w 2021 r. od województwa mazowieckiego oraz sukcesywnie dla pozostałych województw (lubelskie, łódzkie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, zachodnio-pomorskie, pomorskie, kujawsko – pomorskie, lubuskie, wielkopolskie). W 2022 r. badanie wprowadzane będzie w pozostałych województwach w przedziałach

czasowych. Przedział czasowy przeznaczony na wprowadzenie badania w poszczególnych województwach podany jest oparciu o liczbę urodzeń w 2019 r.

**Harmonogram badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (SMA) w 2021 r.**

<b>Badania przesiewowe SMA - plan na 2021r w oparciu o szacowaną liczbę urodzeń.</b>					
	Województwo	L. urodzeń 2019	Miesiąc startu	Liczba miesięcy	Liczba badań w 2021r
1	Mazowieckie	58078	II	10	48 399
2	Lubelskie	17013	IV	9	12 760
3	Łódzkie	20515	IV	9	15 387
4	Podlaskie	10842	IV	9	8 132
5	Warmińsko-Mazurskie	12395	IV	9	9 296
6	Zachodnio-Pomorskie	13902	IV	9	10 426
7	Pomorskie	24360	V	8	16 240
8	Kujawsko-Pomorskie	18513	V	8	12 342
9	Lubuskie	8055	X	3	2 014
10	Wielkopolskie	36069	XI	2	6 011
11	Opolskie	8639	-	0	-
12	Dolnośląskie	24446	-	0	-
13	Śląskie	38908	-	0	-
14	Podkarpackie	19628	-	0	-
15	Małopolskie	35624	-	0	-
16	Świętokrzyskie	9012	-	0	-
		<b>356000</b>		<b>Suma:</b>	<b>141 007</b>

**Harmonogram badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (SMA) w 2022 r.**

<b>Badania przesiewowe SMA - plan na 2022r w oparciu o szacowaną liczbę urodzeń.</b>					
	Województwo	Planowana L. urodzeń	Miesiąc startu	Liczba miesięcy	Liczba badań w 2021r
1	Mazowieckie	58078	I	12	58 078

2	Lubelskie	17013	I	12	17 013
3	Łódzkie	20515	I	12	20 515
4	Podlaskie	10842	I	12	10 842
5	Warmińsko-Mazurskie	12395	I	12	12 395
6	Zachodnio-Pomorskie	13902	I	12	13 902
7	Pomorskie	24360	I	12	24 360
8	Kujawsko-Pomorskie	18513	I	12	18 513
9	Lubuskie	8055	I	12	8 055
10	Wielkopolskie	36069	I	12	36 069
11	Opolskie	8639	III	10	7 199
12	Dolnośląskie	24446	IV	9	18 335
13	Śląskie	38908	IX	4	12 969
14	Podkarpackie	19628	X	3	4 907
15	Małopolskie	35624	X	3	8 906
16	Świętokrzyskie	9012	XI	3	2 253
		<b>356 000</b>		<b>Suma:</b>	<b>274 312</b>

Harmonogram wprowadzania badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (SMA) ze względu organizacyjnych zakłada stopniowe wdrażanie na terenie całego kraju. Wynika to z ograniczeń organizacyjnych m.in. konieczności zakupu odpowiedniego sprzętu, zatrudnienia i przeszkolenia personelu do wykonywania badań, wdrożenia i optymalizacji organizacji pracy zgodnie z zasadami GLP, umożliwiającej w końcowej fazie badanie całej populacji noworodków. Wskazanie konkretnej liczby noworodków wynika z szacowanej liczby urodzeń na dany rok i planu wdrożeń w poszczególnych województwach. Do czasu wprowadzenia badań przesiewowych na terenie całego kraju do leczenia będzie kwalifikowana analogiczna liczba dzieci rocznie, tj. ok. 50 przypadków – część z przesiewu (przedobjawowe), a część z diagnostyki klinicznej (objawowe).

Do udziału w badaniach przesiewowych nie są tworzone określone kryteria doboru pacjentów, Podstawowym i jedynym wymogiem jest brak sprzeciwu rodzica/ opiekuna prawnego na pobranie krwi do badań przesiewowych, których zasadą jest objęcie diagnostyką jak największej liczby urodzonych dzieci.

### **Diagnostyka specjalistyczna i monitorowanie leczenia - celowość i zasady realizacji**

Następnymi etapami po badaniu populacyjnym w etapie pierwszym jest ustalenie ostatecznego rozpoznania, rozpoczęcie właściwego leczenia, monitorowanego w dłuższym okresie czasu. Zgodnie z definicją badań przesiewowych noworodków celem badań jest wczesne wykrycie choroby co zapobiega lub znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia poważnych powikłań, a więc również redukuje

odsetek zgonów noworodków i niemowląt. Analiza tych wskaźników oraz przebiegu choroby wykrytej w badaniach przesiewowych pozwala na całkowitą ocenę efektywności programu. O skuteczności programu badań przesiewowych świadczy więc nie tylko liczba rozpoznanych przypadków chorób wrodzonych, ale przede wszystkim możliwość zapobiegania klinicznemu ujawnieniu się choroby wraz z jej odległymi skutkami. Dlatego program badań przesiewowych pozwalający na wysunięcie podejrzenia określonej choroby wymaga sprawnie działającego systemu, który obejmuje również badania potwierdzające dane podejrzenie, a także zapewnia monitorowanie leczenia w ramach zarówno krótkoterminowej obserwacji w pierwszych latach życia, jak i długoterminowej, tj. w całym wieku rozwojowym (29, 32, 42). Ogólny sposób diagnostyki chorób wrodzonych objętych badaniami przesiewowymi przedstawia się następująco:

- 1) badania przesiewowe: pobranie krwi na bibułę, transport bibuły przesiewowej do laboratorium, wykonanie badań laboratoryjnych;
- 2) badania weryfikujące/potwierdzające – w przypadku podejrzenia wrodzonej wady metabolizmu;
- 3) ustalenie wstępnego rozpoznania – z określeniem niezbędnego postępowania terapeutycznego, konsultacja specjalisty pediatrii metabolicznej, poinformowanie rodziny o chorobie;
- 4) wstępne zalecenia terapeutyczne z parametrami monitorowania choroby i wskazaniem kompleksowej opieki wielospecjalistycznej;
- 5) prospektywna analiza wyników badań przesiewowych (wczesnego rozpoznania i przebiegu krótko- i długoterminowego choroby).

#### **Problemy praktyczne na poszczególnych etapach:**

1. Główny problem stanowi opóźnione dostarczanie bibuł przesiewowych spowodowane zarówno zbyt późną (rzadszą niż 5 razy w tygodniu) wysyłką bibuł przesiewowych gromadzonych w oddziałach noworodkowych, jak i niesprawnym, przedłużającym się transportem pocztowym (średni czas od pobrania prób krwi do laboratorium wynosi ok. 4 dni) lub zbyt wczesnym pobraniem krwi na bibułę (TSH); szczególnie duże opóźnienia występują w dłuższych okresach dni wolnych od pracy. Niestety nawet listy polecone priorytetowe nie gwarantują szybkiej dostawy. Z tego powodu jest zasadne uwzględnienie przesyłek kurierskich obejmujących przesyłki materiału do badań przesiewowych.
2. Przy intensywnym leczeniu farmakologicznym lub ciężkim stanie dziecka można otrzymać wyniki fałszywie dodatnie w kierunku WPN.
3. Obecność nieprawidłowych metabolitów w badaniu przesiewowym u noworodka może mieć wtórne podłoże związane tylko z zaburzeniami z okresu prenatalnego lub okołoporodowego (np.

wcześnieactwo, niska masa urodzeniowa, sposób żywienia, stosowane leki, schorzenia u matki). Wówczas niezbędne jest powtórzenie analiz i/lub przeprowadzenie dodatkowych testów. W przypadku podejrzenia wrodzonej wady metabolizmu niezbędne jest wykonanie dodatkowych badań biochemicznych, takich jak:

- a) profil kwasów organicznych w moczu metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową (GC-MS),
- b) oznaczenie stężenia aminokwasów metodą ilościową w osoczu,
- c) oznaczenie aktywności enzymu, którego niedobór jest podstawą rozpoznania choroby,
- d) badania molekularne – zidentyfikowanie mutacji patogennych w analizie DNA (konieczne celem ostatecznego potwierdzenia rozpoznania).

W przypadku nieprawidłowego wyniku badania przesiewowego noworodków, sugerującego podejrzenie wrodzonej wady metabolizmu, jest niezbędne pilne wykonanie diagnostyki weryfikującej, która w znakomitej większości przypadków stanowi diagnostykę potwierdzającą wysunięte podejrzenie. Na tym etapie w badania przesiewowe noworodków są zaangażowani, poza diagnostami laboratoryjnymi, lekarze specjaliści w dziedzinie pediatrii metabolicznej, a także specjaliści w dziedzinie laboratoryjnej diagnostyki genetycznej. W zależności od podejrzenia danej jednostki chorobowej, są przeprowadzane analizy laboratoryjne w celu potwierdzenia lub wykluczenia choroby.

W niektórych sytuacjach, np. wykrycia podwyższonego stężenia C5OH, jest niezbędne przeprowadzenie diagnostyki różnicowej w kierunku kilku wrodzonych wad metabolizmu: 3 metylokrotonyloglicynurii, deficytu wielu karboksylaz, deficytu beta-ketotiolazy, acydurii 3 hydroksy 3-metyloglutarowej czy acydurii 3-metyloglutakonowej typu I.

W niektórych przypadkach nieprawidłowy wynik badania przesiewowego noworodków jest spowodowany ciężkim stanem klinicznym pacjenta i/lub stosowanym leczeniem (głównie farmakoterapią), co wymaga różnicowania pomiędzy pierwotną wrodzoną wadą metabolizmu, a wtórnym pochodzeniem wykrywanych w badaniu przesiewowym patologicznych metabolitów.

Brak objawów klinicznych u noworodka, co wynika z przedobjawowej identyfikacji wrodzonej wady metabolizmu, wymaga specjalistycznej wiedzy, pozwalającej na ustalenie rozpoznania. W niektórych przypadkach, tj. wątpliwych co do rozpoznania na poziomie biochemicznym, oraz wówczas gdy należy określić postać choroby, jest konieczna analiza DNA dziecka. Badania potwierdzające są wykonywane po wezwaniu pacjenta do Specjalistycznej Poradni lub Kliniki. W takim przypadku laboratorium w którym wykonano badanie przesiewowe kontaktuje się z lekarzem specjalistą w dziedzinie pediatrii metabolicznej lub z pediatrą posiadającym

doświadczenie w opiece nad pacjentami z wrodzonymi wadami metabolizmu w pobliżu miejsca zamieszkania pacjenta. Lekarz ten otrzymuje faksem lub e-mailem kopię wyniku badania przesiewowego wraz z ankietą zależną od typu wykrytego zaburzenia (załącznik nr 2, 4, 5 i 7). Następnie przesyła wypełnioną ankietę wraz z materiałem biologicznym pobranym od dziecka do Zakładu Badań Przesiewowych i Diagnostyki Metabolicznej IMID na badania potwierdzające.

4. Po ustaleniu rozpoznania choroby wykrytej w badaniu przesiewowym noworodków w oparciu o wyniki badań jak wyżej, specjalista pediatrii metabolicznej (lub lekarz pediatra w porozumieniu ze specjalistą), określa wskazania co do trybu leczenia, udziela informacji matce lub opiekunom prawnym pacjenta o specyfice choroby i zaplanowanym postępowaniu.
5. Od tego momentu pacjent pozostaje pod stałą opieką ośrodka specjalistycznego, który jest odpowiedzialny za koordynację kompleksowej opieki wielospecjalistycznej dopasowanej do danego pacjenta, w tym za monitorowanie długoterminowe (follow-up) (Tab. 8). Po 12 miesiącu życia dziecka lekarz prowadzący przekazuje wypełnioną ankietę monitorowania leczenia u pacjenta zależną od typu zidentyfikowanej choroby (załącznik nr 3 i 6).

Szczegółowy opis planowanych interwencji znajduje się w części 4.1. *Etapy programu polityki zdrowotnej i działania podejmowane w ramach etapów.*

#### **Promowanie współpracy między różnymi instytucjami i organizacjami.**

Realizacja oraz doskonalenie programu wymaga współpracy z doświadczonymi ekspertami i instytucjami, a także z towarzystwami naukowymi (Polskie Towarzystwo Wrodzonych Wad Metabolizmu, Polskie Towarzystwo Fenyloketonurii, Polskie Towarzystwo Mukowiscydozy oraz Polskie Towarzystwo Endokrynologii Dziecięcej, Polskie Towarzystwo Neurologów Dziecięcych, Polskie Towarzystwo Genetyki Człowieka, International Society for Neonatal Screening (ISNS) i inne), które stanowią istotną pomoc dla ośrodków przesiewowych wraz z organizacjami rodziców, jak np.: „Ars Vivendi” czy „Matio” oraz z organizacjami pacjenckimi (Fundacja SMA, Fundacja Pomocy Chorym na Zanik Mięśni, Polskie Towarzystwo Zwalczenia Chorób Mięśni).

### **3.4. Sposób udzielania świadczeń zdrowotnych w ramach programu polityki zdrowotnej**

Finansowanie badań przesiewowych noworodków w zakresie katalogu chorób określonych w Programie odbywa się w 100% ze środków Programu będących w dyspozycji ministra właściwego do spraw zdrowia, w ramach części 46 – Zdrowie, dział 851 – Ochrona zdrowia, rozdział 85149 – Programy polityki zdrowotnej.

Ewentualna dalsza diagnostyka i leczenie danego schorzenia odbywa się na warunkach określonych w ustawie z dnia 27 sierpnia 2004 r. o świadczeniach opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych (Dz. U. z 2020 r. poz. 1398, z późn. zm)

### **3.5. Sposób zakończenia udziału w programie polityki zdrowotnej**

W przypadku noworodków, u których nie wykryto choroby, udział w Programie kończy się w momencie wykonania badania i analizy jego wyniku. W przypadku noworodków, u których stwierdzono podejrzenie choroby, udział w Programie trwa do momentu ustalenia ostatecznej diagnozy (potwierdzenia choroby lub jej wykluczenia). Noworodkom, u których potwierdzono diagnozę, w ramach Programu finansuje się badania kontrolne, które mają na celu ocenić skuteczność prowadzonej terapii. W wyjątkowych przypadkach, badania kontrolne/monitorujące są wykonywane do 18 roku życia.

W przypadku wykrycia podejrzenia choroby, rodzic/opiekun prawny dziecka jest o tym fakcie niezwłocznie informowany (telefonicznie lub listownie – w zależności od rozpoznania). Każdy opiekun otrzymuje wsparcie w zakresie wskazania do jakiej placówki medycznej może się zgłosić celem potwierdzenia diagnozy i rozpoczęcia leczenia. W przypadku odmowy wykonania badania przesiewowego w pierwszych dobach życia, realizator podejmuje próbę wykonania badania po wypisie dziecka ze szpitala. W tym celu, do matki/opiekunów prawnych dziecka jest wysyłany list (załącznik nr 8) wraz z bibułą (na którą należy pobrać próbkę krwi, a następnie należy odesłać do nadawcy) oraz oświadczeniem o odmowie udzielenia zgody na badania przesiewowe (którą należy podpisać i odesłać do nadawcy w przypadku gdy nadal nie zostanie wyrażona zgoda na badania).

#### **Możliwość ponownego wykorzystania programu w przyszłości lub kontynuowanie jego realizacji przez inne jednostki.**

Badania przesiewowe noworodków nie należą do badań standardowych, dla których wypracowano stałe normy i standardy diagnostyczne oraz lecznicze, lecz ciągle rozwijanym specjalistycznym działem chemii klinicznej, czego dowodem są setki publikacji naukowych oraz specjalistyczne konferencje poświęcone metodyce i technice przesiewowej jak i poszczególnym chorobom, np. mukowiscydozie, ukazujące się rokrocznie. Z tego względu badania przesiewowe jako działanie profilaktyczne, ważne zwłaszcza dla przyszłych rodziców, powinny być zakwalifikowane jako stałe działanie profilaktyczne w ochronie zdrowia, a ze względu na konieczność nadszycia za szybkim postępowaniem w świecie powinny być prowadzone w dotychczasowej formie organizacyjnej, jako program polityki zdrowotnej Ministerstwa Zdrowia. Program powinien być kontynuowany w kolejnych latach.

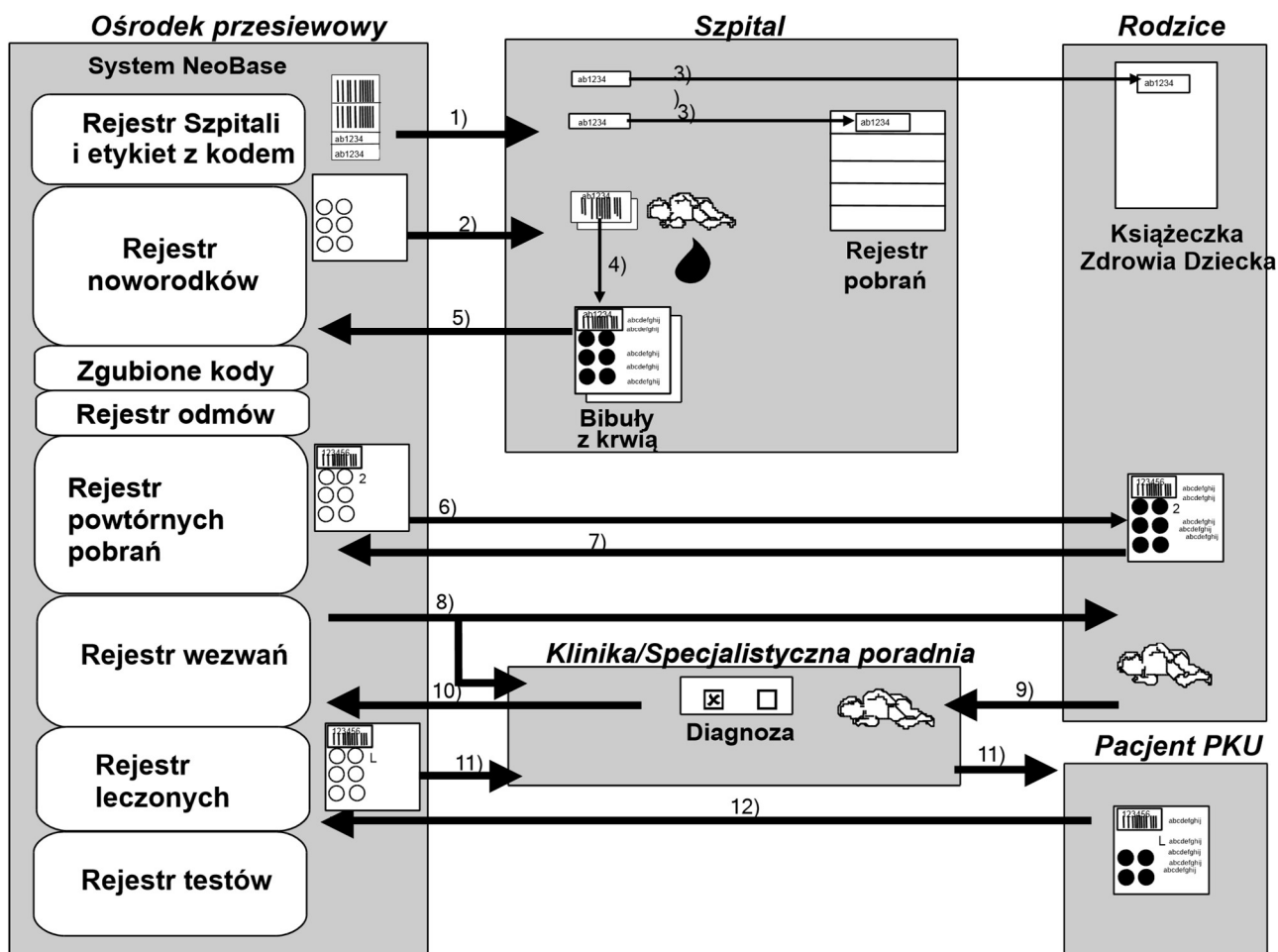


## IV. Organizacja programu polityki zdrowotnej

### 4.1. Etapy programu polityki zdrowotnej i działania podejmowane w ramach etapów

W Rzeczypospolitej Polskiej badania przesiewowe są oparte na systemie opracowanym w IMiD. Bazuje on na pełnej komputerowej kontroli wszystkich etapów przesiewu (dedykowane oprogramowanie), począwszy od pobierania próbek krwi na bibułę aż do finalnej diagnozy lekarza prowadzącego diagnostykę potwierdzającą, a w następnym etapie badania kontrolne i monitorowanie leczenia. Podstawą bezpieczeństwa systemu jest wprowadzenie dzielonych etykiet z kodem paskowym oraz standardowych bibułek do pobrań, które są dostarczane przez producentów zestawów diagnostycznych.

Ryc. 3 Ogólny schemat obiegu etykiet i bibułek w badaniach przesiewowych



Legenda:

- 1) wysyłka etykiet z kodem (kody rejestrowane wg szpitali i oddziałów);
- 2) wysyłka czystych bibułek do pobrań krwi;

- 3) wklejenie etykietek (część bez kodu paskowego) do szpitalnego rejestru pobrań i do Książeczki Zdrowia Dziecka;
- 4) naklejenie etykiet z kodem paskowym na bibuły do pobrań;
- 5) odesłanie bibuły z wysuszoną krwią do laboratorium przesiewowego (lub informacji o kodzie);
- 6) wysyłka do rodziców czystej bibuły z kodem paskowym na powtórne pobranie krwi;
- 7) odesłanie pobranej bibuły (lub odmowy pobrania) do laboratorium;
- 8) wezwanie noworodka do Kliniki lub Poradni Specjalistycznej (informacja do rodziców i do lekarza w Klinice lub Poradni Specjalistycznej);
- 9) zgłoszenie się rodziców z dzieckiem do Kliniki lub Poradni Specjalistycznej;
- 10) odesłanie przez lekarza z Kliniki lub Poradni Specjalistycznej informacji o wizycie dziecka i wstępnej diagnozie;
- 11) monitorowanie leczenia – przekazanie czystych bibuł z kodami podczas wizyty kontrolnej;
- 12) monitorowanie leczenia – przesłanie pobranej bibuły do laboratorium.

### **Wprowadzenie – w zakresie dedykowanego oprogramowania**

Dedykowane oprogramowanie do przeprowadzenia badań przesiewowych to aplikacja komputerowa zapewniająca kompleksową obsługę organizacji i zarządzania badaniami przesiewowymi noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej. Za pomocą programu są rejestrowane dane noworodków oraz wyniki badań wykonywanych w ramach badań przesiewowych. Program umożliwia tworzenie testów analitycznych, pomiar tych testów na podłączonych analizatorach i wykonanie obliczeń wyników oraz kwalifikację tych wyników. Po zakończeniu testów program narzuca i kontroluje właściwe postępowanie diagnostyczne w przypadku podejrzenia jednej z wykrywanych chorób. Program rejestruje i kontroluje również czynności wykonywane w celu prawidłowego i pełnego wykonania badań przesiewowych dla każdego noworodka urodzonego w Polsce. Pierwsza wersja programu powstała w 1993 r. i obejmowała tylko analizę w kierunku hipotyreozy. Przez następne lata program był sukcesywnie rozwijany i dostosowywany do zmieniających się badań przesiewowych.

Nowe oprogramowanie pracuje w oparciu o architekturę klient-serwer co pozwala na rozdzielenie zadań fizycznego przechowywania danych (odczyt/zapis/archiwizacja/kontrola dostępu/kontrola integralności) wykonywanego na serwerze baz danych od zadania prezentacji (wyświetlania/wprowadzania/drukowania) danych, wykonywanego przez oprogramowanie klienta.

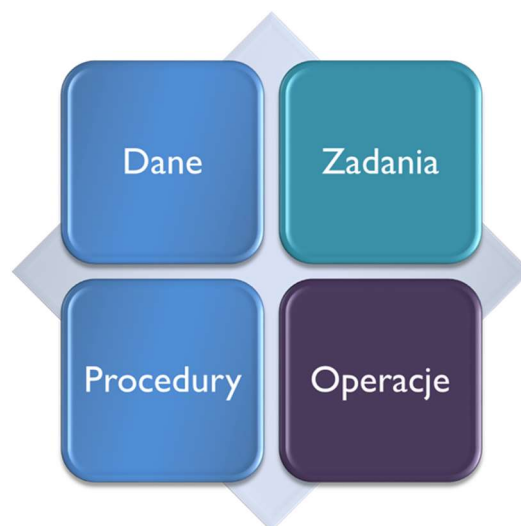
Zadaniem serwera baz danych jest tylko fizyczny odczyt, zapis i utrzymanie integralności danych przesyłanych lub żądanych przez klientów oraz archiwizacja tych danych. Serwer danych pilnuje również uprawnień danego klienta do dostępu do danych. Każdy użytkownik łączący się z serwerem musi mieć odpowiednie uprawnienia nadane przez administratora danych (np. lokalizacja, czas

połączenia, itp.). Dla każdego użytkownika jest przydzielany również określony zakres dostępnych danych i określony zakres dostępnych operacji na danych (np. użytkownik może tylko odczytywać dane bez możliwości ich zmiany, użytkownik może odczytać nazwisko ale może mieć zablokowany odczyt adresu).

Zadaniem klienta jest przyjmowanie danych od użytkowników oraz ich prezentacja zgodnie z powiązaniem i znaczeniem w rzeczywistości, którą dane te modelują. Klient sprawdza również poprawność i logiczną spójność danych wprowadzanych przez użytkowników przed ich przesłaniem do serwera. Ponadto, klient sprawdza także uprawnienia użytkowników do dostępu do określonych kategorii danych. Szczególnym rodzajem klienta jest pośrednik, którego zadaniem jest transformacja i agregacja danych przed przesłaniem do następnego klienta (tzw. cienkiego klienta – „cienkiego”, nie obciążonego wiedzą o logice danych, np. z poziomu przeglądarki internetowej), który służy już tylko do prezentacji tych danych. Taka architektura pozwala na stosunkowo łatwe rozszerzanie programu o dodatkową funkcjonalność, np. dostęp lekarzy do danych leczonych dzieci.

Do komunikacji pomiędzy serwerem a klientami używany jest protokół TCP/IP standardowo wykorzystywany w obecnych sieciach internetowych i intranetowych. Pozwala to na dostęp do danych z dowolnego miejsca z zachowaniem zasad bezpieczeństwa przez szyfrowanie transmisji danych (protokół SSL, VPN), co daje pewność, że dane przekazywane w trakcie pracy programu nie zostaną przechwycone i wykorzystane przez osoby nieuprawnione.

#### Ryc. 4 Główne elementy programu i ich cechy:



##### 1. Dane:

- 1) modelują rzeczywiste obiekty uczestniczące w badaniach przesiewowych;
- 2) mają atrybuty i właściwości;
- 3) mogą być powiązane ze sobą za pomocą hierarchii lub relacji;

- 4) dane są przechowywane w bazie danych;
  - 5) przykładowe dane:
    - a) etykiety z kodem,
    - b) bibuły (dane noworodków):
      - wyniki wykonanych badań,
    - c) protokoły testów (dane testów analitycznych wykonywanych w laboratoriach),
    - d) analizy (dane definiujące analizy wykonywane w laboratoriach) – analizy są nadrzędne w stosunku do:
      - zestawy odczynników (informacja o odczynnikach służących do wykonywania i ewaluacji testów),
      - normy (dane określające sposób klasyfikacji wyników badań),
      - matryce (dane określające sposób tworzenia testów analitycznych),
    - e) laboratoria (dane laboratoriów wykonujących badania),
    - f) szpitale (dane oddziałów szpitalnych),
    - g) kliniki (dane klinik i poradni prowadzących diagnostykę weryfikacyjną).
2. Zadania:
- 1) definiują czynności do wykonania lub wykonane w przeszłości;
  - 2) przypisane są do konkretnych danych (bibuły);
  - 3) mają określony czas startu i zakończenia;
  - 4) mogą zmieniać swój stan w czasie ich wykonywania;
  - 5) zadania to też są dane;
  - 6) mają określoną kolejność wykonywania;
  - 7) przykładowe zadania:
    - a) wykonaj analizy z powtórnego pobrania:
      - wyślij bibułę do rodziców,
      - czekaj na powrót bibuły,
      - wyślij potwierdzenie,
    - b) wyślij wezwanie do kliniki lub poradni:
      - czekaj na informację o wizycie, –
      - czekaj na informację o diagnozie.
3. Procedury:
- 1) czynności wykonywane dla pojedynczych danych lub dla grupy danych przechowywanych w bazie;
  - 2) procedury mogą zmieniać, usuwać lub tworzyć dane;

- 3) procedury mogą rozpoczynać, zmieniać stan lub kończyć zadania;
- 4) przykładowe procedury:
  - a) sprawdź powtórne pobrania,
  - b) sprawdź kontrolne bibuły dla wcześniaków,
  - c) sprawdź bibuły zastępcze,
  - d) wyślij bibuły do rodziców,
  - e) wyślij potwierdzenie do rodziców,
  - f) wyślij ponaglenia do rodziców,
  - g) wyślij wezwania,
  - h) wyślij skierowania,
  - i) importuj dane z zewnątrz systemu,
  - j) kwalifikacja wsteczna wyników,
  - k) sprawdź zagubione kody.
4. Operacje:
  - 1) zmiana sposobu prezentacji danych;
  - 2) agregacja i wnioskowanie z danych:
    - a) operacje nie powodują zmiany danych wejściowych ale mogą tworzyć dane statystyczne;
  - 3) przykładowe operacje:
    - a) wydruk danych,
    - b) eksport danych do zewnętrznych systemów,
    - c) tworzenie raportów i rozliczeń.

Dedykowane oprogramowanie gromadzi następujące typy danych:

- 1) rejestr osobowy
  - a) dane noworodków i wyniki badań,
  - b) dane lekarzy;
- 2) rejestr medyczny:
  - a) kody na etykietach,
  - b) dane laboratoriów,
  - c) dane oddziałów szpitalnych,
  - d) dane klinik i poradni z diagnostyką weryfikacyjną i leczeniem chorych;
- 3) rejestr testów:
  - a) definicje i dane analiz wykonywanych podczas testów,
  - b) protokoły testów,

- c) wyniki pomiarów na analizatorach,
- d) obliczenia i klasyfikacja wyników według norm;
- 4) rejestr diagnostyki weryfikacyjnej:
  - a) wezwania do Klinik,
  - b) wysyłka i badania dla powtórnych pobrań krwi,
  - c) skierowania na dodatkowe badania (np. molekularne),
  - d) finalna diagnoza i wyniki badań (LC/MS/MS, GC/MS, HPLC, Genetyka i inne) po wizycie dziecka w Klinice;
- 5) rejestr leczonych:
  - a) wyniki badań wykonanych w czasie kontroli przebiegu leczenia chorych;
- 6) rejestr kontroli jakości:
  - a) dane próbek kontrolnych,
  - b) wyniki badań wykonywanych dla próbek kontrolnych;
- 7) rejestr kompletności:
  - a) rejestr zgubionych etykiet z kodem,
  - b) rejestr zgodności przesyłanych bibułek;
- 8) rejestr statystyczny:
  - a) rozliczanie testów i zużycia odczynników,
  - b) podstawowe dane epidemiologiczne – rozkłady i statystyka wyników, statystyka danych okołoporodowych (rejestrowanych w programie),
  - c) rozliczenia z instytucjami zlecającymi i nadzorującymi badania;
- 9) rejestr dostępu:
  - a) dane pracowników laboratorium,
  - b) hasła i uprawnienia użytkowników programu.

### **Szczegółowy opis niektórych zadań oprogramowania dedykowanego badaniom przesiewowym**

1. Nadzór nad obiegiem etykiet z kodem:
  - 1.1. Wydruk niepowtarzalnych kodów na etykietach;
  - 1.2. Rejestracja kodów w programie z przypisaniem do laboratorium;
  - 1.3. Rejestracja wysyłki kodów do oddziałów szpitalnych;
  - 1.4. Rejestracja próbek krwi na bibule;
  - 1.5. Kontrola kompletności zwrotów kodów na bibule.
2. Rejestracja bibułek w laboratorium:

- 2.1. Rejestracja danych z bibuły:
  - a) kontrola poprawności kodu:
    - poprawny odczyt kodu kontrolowany jest przez użycie dodatkowego znaku kontrolnego w kodzie który sprawdzany jest przy odczycie, dodatkowo program sprawdza czy odczytany kod jest przypisany do szpitala,
  - b) weryfikacja poprawności wprowadzonych danych (pesel, masa ciała + wiek ciążowy, daty, itp.);
- 2.2. Weryfikacja przypisanych zadań:
  - a) aktualizacja przypisanych zadań:
    - w momencie zapisywania program sprawdza wszystkie przypisane do bibuły zadania i odpowiednio uaktualnia stan tych zadań,
  - b) przypisywanie nowych zadań:
    - jeśli wprowadzona bibuła wymaga wykonania określonych zadań to program automatycznie tworzy te zadania i później pilnuje ich wykonania;
- 2.3. Zlecenie wykonania wymaganych badań:
  - a) sprawdzenie listy potrzebnych analiz
    - program zleca tylko te analizy które są wymagane;
- 2.4. Aktualizacja relacji między bibułami:
  - a) bibuły z powtórным pobraniem wysyłane do rodziców,
  - b) bibuły kontroli leczenia,
  - c) bibuły z powtórным pobraniem ze względu na niską masę urodzeniową.
3. Wykonanie testów przesiewowych:
  - 3.1. Tworzenie protokołu testu:
    - a) kontrola kodów i sterowanie wycinarką:
      - program całkowicie kontroluje proces wycinania (do płytek z kodem paskowym) przez sprawdzanie kodu bibuły i narzucenie wymaganej kolejności bibuł (krzywa wzorcowa i kontrole) oraz przez bezpośrednie sterowanie wycinarkami,
    - b) tworzenie listy bibuł przekazywanych na badania molekularne:
      - automatyczne tworzenie listy (i późniejsza kontrola powrotu wyniku) zapewnia przesłanie wszystkich bibuł które wymagają dodatkowych badań weryfikacyjnych w zewnętrznych laboratoriach;
  - 3.2. Pomiar na analizatorze:
    - a) kontrola płytki i sterowanie aparatem pomiarowym:
      - płytki pomiarowe są oznaczone kodem paskowym co zapobiega zamianie płytek podczas pomiaru;

- 3.3. Importowanie widm masowych ze tandemowego spektrometru mas:
    - a) oprogramowanie producenta sterujące spektrometrem zapewnia jedynie sterowanie procesem pomiaru, właściwa interpretacja wyników pomiarów odbywa się już w specjalnym oprogramowaniu;
  - 3.4. Obliczenie stężeń szukanych substancji:
    - a) aproksymacja krzywej standardowej:
      - automatyczna aproksymacja pozwala na szybkie i bezbłędne przekształcenie danych uzyskanych z aparatów pomiarowych na stężenia mierzonych substancji. Różne metody aproksymacji dla różnych analiz pozwalają na najlepsze (z najmniejszym błędem) obliczenie stężeń,
    - b) przeliczenie widm na stężenia:
      - automatyczne przeliczanie widm pozwala na obliczenie stężeń dla ponad 20 różnych substancji (z jednego widma) oraz obliczenie ponad 80 parametrów pomocniczych,
    - c) kontrola jakości testu;
  - 3.5. Klasyfikacja wyników:
    - a) wybranie wyników z podwyższonym prawdopodobieństwem choroby zgodnie z określonymi kryteriami:
      - program umożliwia stosowanie różnych algorytmów klasyfikacji zależnie od rodzaju analizy i zmiany rodzaju lub producenta odczynników,
    - b) zlecenie odpowiednich zadań zależnie od klasyfikacji:
      - automatyczne zlecenie zadań przez program zapobiega zagubieniu wyników które wymagają dalszej weryfikacji. Program w dalszym etapie kontroluje kompletność wykonania zadań.
4. Procedury potestowe:
- 4.1. Wykonanie zadań zleconych w czasie klasyfikacji:
    - a) zadanie wykonania analizy z powtórnego pobrania krwi:
      - w przypadku, gdy wynik badania przekracza normę w granicach błędu statystycznie ustalonego dla danego testu lub wynik badania jest niejednoznaczny (np. z powodu słabego nasączenia bibuły krwią) to jest wykonywana powtórna analiza kontrolna z nowej próbki krwi. Program umożliwia kontrolowanie uzyskania powtórnej bibuły i prawidłowego wykonania badań z tej nowej bibuły,
    - b) zadanie wezwania do kliniki:
      - w przypadku, gdy wynik jest poza ustaloną normą (ponad przyjęty błąd kwalifikujący do powtórzenia badania) wtedy noworodek jest wzywany na wizytę



kontrolną do jednej ze specjalistycznych klinik – program kontroluje wysłanie wezwania i weryfikuje informację zwrotną uzyskaną po wizycie noworodka w klinice,

c) zadanie skierowania na dodatkowe badania:

- w przypadku niektórych analiz zamiast wezwania noworodka do kliniki są wykonywane dodatkowe badania weryfikacyjne (np. badania molekularne dla analizy IRT w mukowiscydozie, badanie profilu steroidowego dla analizy 17-OHP we wrodzonym przeroście nadnerczy). Noworodek jest wzywany dopiero wtedy, gdy badania weryfikacyjne również potwierdzą podejrzenie choroby – program kontroluje wykonanie tych badań i zapewnia kompletność wykonania wszystkich wymaganych etapów badań;

4.2. Kontrola prawidłowości przebiegu badań:

a) kontrola stanu wykonania zleconych zadań:

- kontrola powrotu bibuły z powtórным pobraniem,
- kontrola wysłania wezwania,
- kontrola zgłoszenia się dziecka w klinice,
- kontrola wykonania dodatkowych badań (np. molekularnych),

b) kontrola jakości badań w oparciu o próbki kontroli wewnętrznej i zewnętrznej: – do każdej płytki pomiarowej są dodawane próbki kontroli wewnętrznej oraz okresowo są dodawane próbki kontroli zewnętrznej (próbki dostarczane przez zewnętrzne instytucje inne niż producent odczynników np. CDC

z USA) – program tworzy listę pomiarów dla tych próbek co umożliwia później sprawdzanie i monitorowanie długofalowych trendów w pomiarach;

4.3. Kontrola kompletności badań:

a) czy wszystkie kody dotarły do laboratorium:

- program kontroluje czy wszystkie kody wysłane do szpitali powróciły do laboratorium – zapobiega to ominięciu badań dla noworodków których bibuły zostały zagubione w czasie transportu próbek do laboratorium,

b) czy wszystkie kody zarejestrowane w laboratorium mają wykonany komplet badań przesiewowych:

- oprogramowanie dedykowane badaniom przesiewowym kontroluje czy wszystkie bibuły mają wykony pełen zakres analiz przewidzianych w badaniach przesiewowych,
- sprawdzane jest wykonanie wszystkich analiz w laboratorium,

– sprawdzane jest również wykonanie kompletu analiz między laboratoriami (analiza MS/MS pobierana jest na oddzielnej bibule która jest wysyłana do IMD w Warszawie, natomiast druga bibuła jest przeznaczona na pozostałe analizy wykonywane w laboratoriach regionalnych) – w przypadku braku jednej z bibułek (zagubienie w transporcie) program kontroluje wykonanie brakujących analiz.

## **Podsumowanie**

Dedykowane oprogramowanie jest niezbędnym elementem badań przesiewowych w Rzeczypospolitej Polskiej. Program nie tylko umożliwia wykonywanie badań ale pozwala również na uniknięcie wielu błędów laboratoryjnych i ludzkich – które przy pracy bez oprogramowania są nieuniknione ze względu na bardzo dużą liczbę wykonywanych badań (ok. 400.000 noworodków razy 6 analiz co daje ponad 2.4 miliona badań rocznie łącznie z badaniami weryfikacyjnymi. W praktyce oznacza to wykonanie ponad 4.2 miliona oznaczeń).

W ramach poprzednio realizowanych edycji Programu, IMID – dotychczasowy realizator Programu zapewnił jednakową dla wszystkich laboratoriów aparaturę i sprzęt laboratoryjny niezbędny do wykonywania badań przesiewowych. Niezbędna aparatura to wycinarki krążków z krwią pobraną na bibułę, wytrząsarki, płuczki, odciągarki krążków, aparaty pomiarowe. IMID zapewniał obsługę serwisową (bieżąca konserwacja i naprawy) tych sprzętów oraz zapewnia aparaturę zamienną na czas napraw i przeglądów. IMID prowadził również rejestr badań kontrolnych jakości pracy aparatów pomiarowych i wykonuje odpowiednie analizy statystyczne i porównawcze.

W IMID wykonuje się również testy porównawcze i badawcze oraz odpowiednie analizy przed wprowadzeniem nowej aparatury i nowych testów analitycznych włącznie z prowadzeniem badań pilotażowych i badań do ustalenia zakresu norm.

## **Przygotowanie sprzętu komputerowego i oprogramowania.**

IMID dokonał również zakupu niezbędnego do badań przesiewowych sprzętu komputerowego i zapewnia niezbędną konserwację i naprawy. Komputery są przekazywane do wszystkich laboratoriów przesiewowych wraz z niezbędnym oprogramowaniem.

IMID opracował także i rozwija oprogramowanie do zarządzania badaniami przesiewowymi. Oprogramowanie jest sukcesywnie przystosowywane do zmieniających się badań przesiewowych. Oprogramowanie dedykowane do badań przesiewowych używane jest we wszystkich laboratoriach przesiewowych w kraju.

### **Przygotowanie teleinformatyczne**

IMID dokonał zakupu serwerów baz danych i prowadzi ich konserwację. Zabezpiecza również wykonywanie kopii zapasowych danych. IMID utrzymuje również infrastrukturę sieci komputerowej koniecznej do połączenia wszystkich laboratoriów oraz tworzenie i serwis oprogramowania do transmisji danych. W IMID dostępna jest również strona internetowa poświęcona badaniom przesiewowym noworodków.

W laboratoriach nieposiadających własnej sieci komputerowej IMID przygotowuje i konserwuje odpowiednią sieć komputerową z okablowaniem i osprzętem sieciowym. IMID w każdym laboratorium utworzył i konserwuje łącze do Internetu korzystające z sieci strukturalnej znajdującej się na terenie instytucji, której częścią jest laboratorium. Również IMID zapewnia odpowiednią ochronę łącza przed atakami z zewnątrz.

### **Rozwój i prowadzenie badań potwierdzających.**

IMID prowadzi prace badawcze i wprowadza nowe testy służące do dodatkowych badań diagnostycznych potwierdzających lub wykluczających chorobę. Badania są wykonywane metodą tandemowej spektrometrii mas (oznaczanie MMA, MCA, SUAC, profil steroidowy w WPN), metodą gazowej spektrometrii mas (GC/MS – profil metabolitów w moczu) i metodą HPLC (aminogram, oznaczanie aktywności enzymatycznej w niektórych wadach metabolizmu, itp.). W szczególnych przypadkach diagnostycznych dodatkowo wykonywane są badania molekularne.

### **Przygotowanie odczynników.**

Wszystkie odczynniki używane do testów przesiewowych są zamawiane centralnie w drodze przetargu. Ze względu na krótki czas ważności odczynników IMID jako realizator Programu w poprzednich latach kontrolował zużycie odczynników we wszystkich laboratoriach i uzgadniał bieżące zapotrzebowanie (liczby i czas przysyłania odczynników w dostawie) z producentami odczynników. Każda partia odczynników poddawana była kontroli w IMID przez wykonanie odpowiednich testów. Po skontrolowaniu odczynniki zostawały przesyłane do ośrodków regionalnych.

### **Zewnętrzna kontrola jakości badań.**

IMID zapewnia również centralnie możliwość wykonywania badań z próbek kontrolnych dostępnych w różnych systemach zewnętrznej kontroli jakości badań. (np. próbki z CDC – Centers for Disease Control and Prevention w USA). Próbki po odpowiednim oznaczeniu (za pomocą etykiet z kodem paskowym) są dostarczane do wszystkich laboratoriów przesiewowych. Po wykonaniu testów laboratoria odsyłają raport z wynikami uzyskanymi dla próbek kontrolnych. IMID przekazuje te wyniki to organizatora kontroli jakości i po otrzymaniu zwrotnego raportu wykonuje odpowiednie analizy

statystyczne dla wszystkich laboratoriów. Dzięki czemu zapewniona jest powtarzalność i zgodność wyników testów między laboratoriami.

### Przygotowanie etykiet z identyfikatorem

Etykiety samoprzylepne z wydrukowanym kodem są używane do identyfikacji pobranej próbki krwi. Czyste etykiety są produkowane w wytwórni etykiet zgodnie z opracowaną w IMID matrycą (matryca określa kształt i podział etykiety na części). Etykiety są nawijane w krążki po 1000 sztuk.

Drukowanie identyfikatora w postaci kodu paskowego i znakowego (siedem liter lub/i cyfr, przy czym ostatni znak jest znakiem kontrolnym) wykonywane jest tylko w IMID na specjalnej drukarce do etykiet wyposażonej w automatyczną nawijkę. Drukowanie kodów i ich generowanie jest wykonywane przez oprogramowanie opracowane w IMID zapewniające niepowtarzalność i ciągłość numeracji kodów. Część wydrukowanych etykiet pozostaje w IMID, a część jest wysyłana do regionalnych ośrodków badań przesiewowych – informacja o wysłaniu etykiet do laboratorium jest rejestrowana w systemie.

Etykieta samoprzylepna składa się z kilku części. Części z kodem paskowym są naklejane w oddziałach noworodkowych szpitali na czyste bibuły przed pobraniem krwi. Jedna część z numerem bibuły ale bez kodu kreskowego zostaje wklejona do rejestru szpitalnego pobrań krwi do badań przesiewowych. Drugi odcinek bez kodu kreskowego jest wklejany do Książeczki Zdrowia Dziecka (zamiast tradycyjnego wpisu) i stanowi dowód pobrania próbki dla rodziców, lekarza, pielęgniarki lub położnej w czasie wizyty patronażowej. Kod wklejony do Książeczki Zdrowia Dziecka służy również do identyfikacji próbki w przypadku kontaktu rodziców lub opiekunów prawnych z ośrodkiem badań przesiewowych. Jednoznacznym identyfikatorem próbki i pacjenta jest kod nadany w szpitalu, dane osobowe wpisane na bibułę mogą zawierać błędy.


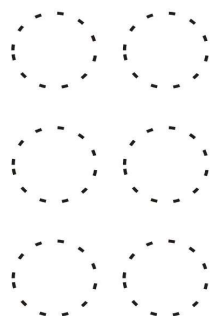


### Ryc. 5 Etykieta z kodem paskowym



## Wysyłka czystych bibułek i etykiet z kodem

Po wydrukowaniu etykiety z kolejnymi numerami są rejestrowane w laboratorium przesiewowym, tak jak druki ścisłego zarachowania i są przypisywane poszczególnym oddziałom noworodkowym przed ich wysłaniem z ośrodka przesiewowego. Wszystkie dalsze operacje z próbką krwi dziecka pobraną na bibułę odbywają się pod kontrolą komputera z automatycznym odczytem kodów paskowych na bibule i na statywach w testach. Wraz z etykietami do oddziałów są wysyłane czyste bibuły do pobrania próbek krwi. Używana w Rzeczypospolitej Polskiej bibuła do badań, zapewnia bardzo dobrą nasiąkliwość i powtarzalność ilości nasączonej krwi. Czyste bibuły dostarczane były do IMID i stąd dalej przekazywane do ośrodków regionalnych. Aktualny używany wzór bibuły przedstawiony jest poniżej.

**Ryc. 6 Awers bibuły do pobierania krwi– na bibule zaznaczono miejsce na próbkę krwi oraz na wpisanie danych matki/opiekuna prawnego i noworodka wraz z adresem do kontaktu.**

 <i>Tu nakleić kod paskowy</i> Nie dotykać powierzchni krażków! Nie używać bibułek uszkodzonych!	<b>Dane matki</b>	
	Pesel: _____ Nazwisko: _____ Imię: _____	
	<b>Dane dziecka</b>	
	Płeć: _____ Data urodz.: _____ Godz.: _____ Data pobr.: _____ Godz.: _____ Ciężar: _____ Hbd: _____ Apgar: _____ Transfuzja? data: _____ Antybiotyki?: _____ Karmienie: Pierś <input type="checkbox"/> Butelka <input type="checkbox"/> Pozajelitowo <input type="checkbox"/>	
	<b>Adres do kontaktu</b> _____ _____ _____ Telefon: _____ Pobrał: _____	
  MM/YYYY		

**Ryc. 7 Rewers bibuły do pobierania krwi – zawiera deklaracje zgody na badania molekularne wykonywane jako dodatkowe badania weryfikujące podejrzenie choroby.**

<p>Whatman 903® 10534781 Rev.1 LOT XXXXXX71 Whatman GmbH, Hahnstr.3 37585, Germany</p> <p>IVD REF</p>	<p>CE</p>
<p>Wyrażam zgodę na wykonanie, w ramach badań przesiewowych, diagnostycznych testów molekularnych z krwi pobranej na bibułę.</p> <p>_____</p> <p><i>Imię i nazwisko matki (prawnego opiekuna)</i></p> <p>_____</p> <p><i>Data i czytelny podpis</i></p>	

#### **Pobieranie próbek krwi od noworodka na bibułę.**

Przed pobraniem krwi na bibułę matka/opiekun prawny powinien otrzymać ulotkę informacyjną dotyczącą badań przesiewowych noworodków, która wyjaśnia cel pobierania krwi i potrzebę udzielenia zgody na ewentualne badania molekularne. Zgodę na badania molekularne opiekun prawny wyraża podpisując się na rewersie bibuły na badania przesiewowe. W przypadku pytań dodatkowych lekarz powinien udzielić wszelkich dodatkowych informacji związanych z badaniami.

#### **W przypadku odmowy pobrania krwi na badanie:**

1. Lekarz z oddziału powinien odbyć z matką lub opiekunem prawnym dziecka rozmowę wyjaśniającą, a następnie przy otrzymaniu odmowy odebrać od matki lub opiekuna prawnego podpis na formularzu odmowy – załącznik nr 1 do Programu.
2. W razie odmowy podpisu lekarz wpisuje „Odmowa pobrania krwi i podpisu” i potwierdza własnoręcznym podpisem i czytelną pieczętą.
3. Matka lub opiekun prawny dziecka może też odmówić zgody na badanie molekularne. Wtedy laboratorium wykona pozostałe badania i w przypadku wyniku dodatniego testu wezwie opiekuna prawnego z dzieckiem do kliniki lub poradni (bez wykonania dodatkowej diagnostyki molekularnej).
4. W przypadku odmowy wykonania badania przesiewowego w pierwszych dobach życia, realizator podejmuje próbę wykonania badania po wypisie dziecka ze szpitala. W tym celu, do matki lub

opiekunów prawnych dziecka wysyłany jest list (załącznik nr 8 do Programu) wraz z bibułą (na której należy umieścić próbkę krwi, którą następnie należy odesłać do nadawcy) oraz formularzem odmowy (który należy podpisać, jeśli nadal nie zostanie wyrażona zgoda na badania przesiewowe).

Badanie przesiewowe wykonuje się z wysuszonej kropli krwi. Próbkę pobiera się zgodnie z instrukcją przekazaną do wszystkich oddziałów noworodkowych w Rzeczypospolitej Polskiej – na czystą bibułę nakleja się etykietę z kodem paskowym, wpisuje dane matki/opiekuna prawnego i dziecka, matka lub opiekun prawny podpisuje zgodę na badania molekularne i następnie nasącza się bibułę krwią z nakłutej pięty noworodka.

Po pobraniu krwi i jej wysuszeniu, bibuła wraz z naklejoną etykietą z kodem wysyłana jest do przypisanego szpitalowi laboratorium przesiewowego – przesyłanie bibuły odbywa się pocztą lub dostarczenie kurierem.

W przypadku przenoszenia noworodka do innego oddziału szpitalnego lub innego szpitala przed pobraniem krwi, wraz z noworodkiem jest przekazywana do nowego oddziału bibuła z kodem (kod zawsze musi zostać nadany noworodkowi w szpitalu, w którym się urodził) oraz jest przekazywana informacja o braku pobrania. Dodatkowo informacja o przeniesieniu musi być przekazana do laboratorium. W nowym oddziale, który przyjął noworodka, krew jest pobierana na bibułę przekazaną wraz z noworodkiem, a w przypadku przekazania noworodka bez bibuły (lub z bibułą uszkodzoną) pobiera się krew na nową bibułę z kodem przypisanym do tego oddziału.

W przypadku zgonu dziecka przed pobraniem krwi, do laboratorium jest przekazywana czysta bibuła z naklejonym kodem i adnotacją o zgonie.

Jeśli matka lub opiekun prawny opuszcza oddział przed pobraniem krwi, oddział przekazuje matce/opiekunowi prawnemu bibułę z kodem z zaleceniem jak najszybszego pobrania oraz przesyła do laboratorium informację o wydaniu bibuły z kodem matce/opiekunowi prawnemu wraz z danymi matki/opiekuna prawnego.

W przypadku (nielicznych w kraju) porodów w domu, krew na bibułę uzyskaną z najbliższego szpitala jest pobierana przez położną i wysyłana do laboratorium bez kodu.

### **Transport prób krwi na bibule do laboratorium przesiewowego.**

Planuje się, aby bibuły z próbkami krwi były transportowane przez firmę kurierską wyłonioną w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego ze wszystkich szpitali do laboratoriów przesiewowych do 7 laboratoriów. Firma kurierska powinna zostać wybrana przez realizatora w ciągu 6 miesięcy od dnia podpisania umowy na realizację Programu. Do czasu wybrania firmy kurierskiej, transport próbek będzie realizowany na zasadach obowiązujących w edycji Programu w 2015 - 2018, gdzie próbki krwi na bibułach były przekazywane przez dany szpital za pośrednictwem zawartej umowy

z przewoźnikiem. Należy wskazać, iż transport próbek w poprzednich edycjach dla całego kraju wynosił średnio 4 dni – gdzie, skrajnie najdłuższy czas transportu wynosił nawet 14 dni. Wydłużony czas transportu próbek krwi w zróżnicowanej temperaturze otoczenia pogarsza jakości próbek i może nieść za sobą błędne wyniki, a tym samym konieczność powtórzenia badania. Długi czas transportu powoduje również opóźnienie diagnostyki i włączenia leczenia w przypadku dzieci chorych.

Próbki krwi po wysuszeniu będą pakowane do specjalnej koperty z nadrukiem i adresem odbiorcy (laboratorium).

Próbki będą odbierane przez kurierów ze szpitali 5 razy w tygodniu i dostarczane na następny dzień roboczy w godzinach porannych bezpośrednio do wyznaczonych laboratoriów za potwierdzeniem godziny i daty odbioru.

### **Rejestracja w laboratorium**

Próbki krwi dostarczone do laboratorium muszą być jak najszybciej zarejestrowane w systemie komputerowym aby zminimalizować ryzyko zgubienia bibuły w laboratorium.

Rejestrację bibuły rozpoczyna się przez odczyt kodu z etykiety naklejonej na bibułę za pomocą czytnika kodów paskowych podłączonego do komputera, co zabezpiecza przed pomyłkami w odczycie kodu (jest sprawdzany ostatni siódmy znak będący znakiem kontrolnym kodu). Po odczycie identyfikatora, dedykowane oprogramowanie do badań sprawdza czy odczytany kod jest przypisany do oddziału noworodkowego – tylko kody z przypisanym wcześniej oddziałem są uznawane za kody prawidłowe.

Jeśli odczytany identyfikator jest prawidłowy, system pozwala na wpisanie danych z bibuły. Dla wszystkich próbek są wpisywane informacje zapisane na bibule jako „Dane matki lub opiekuna prawnego” i „Dane dziecka”. Adres jest wpisywany po wykonaniu analiz tylko w przypadku gdy jest potrzebne wysłanie listów do rodziców. Dodatkowo podczas rejestracji jest wprowadzana informacja o udzieleniu zgody na badania molekularne.

Podczas rejestracji osoba wpisująca dane określa również jakość pobrania próbek krwi. Próbki z nieprawidłowym pobraniem (zbyt mało krwi, krew tylko z jednej strony bibuły, zalanie bibuły wodą lub inną cieczą, itp.) nie są przekazywane do badań i konieczne jest od razu wpisanie adresu aby do rodziców wysłać nową czystą bibułę na powtórne pobranie krwi. Do opiekuna prawnego dziecka jest wysyłana czysta bibuła z naklejonym identyfikatorem, dzięki czemu system może kontrolować czy bibuła wróciła od rodziców z pobraną krwią.

Po zarejestrowaniu próbki są przekazywane do wykonania testów przesiewowych.

### **Testy przesiewowe (Laboratorium)**

Laboratorium jest obowiązane do bezzwłocznego wykonania testów przesiewowych. Praktycznie próbki są wstawiane do testu w dniu otrzymania. Laboratorium pracuje 6 dni w tygodniu. Analizy są



wykonywane za pomocą testów ilościowych przeznaczonych do badań przesiewowych, zgodnie z instrukcją wytwórcy. Badanie metodą tandemowej spektrometrii mas (MS/MS) jest wykonywane metodą opracowaną i zwalidowaną w IMID z wykorzystaniem odczynników, a nie komercyjnych testów. Wszystkie badania podlegają wewnętrznej i międzynarodowej kontroli jakości.

Wykonywanie testów jest podzielone na kilka etapów:

1. Wycinanie krążków próbek krwi z bibuły (średnica 3.5mm) do płytek z kodem paskowym pod nadzorem dedykowanego oprogramowania. Oprogramowanie steruje wycinarką i kontroluje jaka bibuła może być wycięta do określonego dołka płytki pomiarowej. Do płytki wycinane są bibuły krzywej kalibrującej (wzorcowej), próbki kontroli wewnętrznej, próbki z bibuły noworodków, próbki z bibuły monitorowania leczenia oraz okresowe kontrole zewnętrzne (np. Atlanta CDC). Dane o płytce (numer płytki, identyfikatory bibuły i pozycja bibuły) w płytce są zapisywane w systemie. Osoba wycinająca dodatkowo kontroluje jakość pobrania krwi na bibule – w przypadku niewłaściwego pobrania krwi bibuła nie jest wycinana lecz do rodziców wysyłana jest nowa czysta bibuła na powtórne pobranie próbki krwi.
2. Pipetowanie (ekstrakcja) – nalewanie do dołków płytki roztworu ekstrakcyjnego.
3. Inkubacja – zależnie od testu inkubacja trwa od kilku do kilkunastu godzin.
4. Usuwanie krążków bibuły i płukanie – w zależności od testu krążki są usuwane z dołka za pomocą specjalnej pompy próżniowej (płytki z opłaszczeniem przeciwciałem) lub roztwór jest przenoszony do nowej płytki za pomocą ręcznej pipety.
5. Pipetowanie (w zależności od testu) roztworu stopującego reakcję.
6. Przygotowanie aparatów pomiarowych – wygrzewanie, płukanie wstępne, pomiary płytek wzorcowych dla kontroli jakości aparatu (wykonywane przed serią pomiarów). Wyniki pomiarów kontroli są zapisywane w systemie.
- 7a. Pomiar kolorymetryczny, luminometryczny i fluorymetryczny jest wykonywany na aparatach połączonych z komputerem. Mierzone płytki identyfikowane są przez kod umieszczony na płytce. Parametry pomiaru są programowane przez system a wyniki pomiaru są transmitowane bezpośrednio z aparatu do komputerowej bazy danych oprogramowania.
- 7b. Pomiary na tandemowym spektrometrze mas są importowane przez system za pomocą modułu analizującego zmierzone widma masowe, opracowanego w IMID. Same widma masowe są mierzone za pomocą oprogramowania sterującego spektrometrem i układem dostarczania próbki dostarczonego przez producenta spektrometru.

Pomiar na tandemowym spektrometrze mas obejmuje:

- a. sprawdzenie okresowe (raz w miesiącu lub częściej) – polega na kalibracji spektrometru za pomocą specjalnego roztworu – ustawia się czułość i rozdzielczość aparatu oraz kontroluje wykrywanie odpowiednich jonów kalibrujących,
  - b. sprawdzenie okresowe (raz w miesiącu lub częściej) – kontroluje się optymalne parametry pomiaru szukanych substancji (parametry zależne od konkretnego egzemplarza aparatu, np. czas dopływu próbki, parametry skupiania i rozbijania jonów),
  - c. przygotowanie okresowe roztworów ze standardami izotopowymi – rozpuszczenie z fazy stałej i dozowanie do probówek roztworu stężonego,
  - d. kalibracja okresowa (około raz na dwa tygodnie) – wykonuje się również pomiar krzywych wzorcowych zawierających substancje charakterystyczne dla szukanych chorób – krzywa kalibrująca pozwala na przeliczenie zmierzonych na aparacie intensywności określonych jonów na stężenie szukanej substancji; wyniki kalibracji są wprowadzane do modułu analizującego widma masowe,
  - e. wzorce analityczne – co pół roku są wykonywane w IMID własne krzywe wzorcowe – we krwi są rozpuszczane odpowiednie liczby wzorców badanych substancji (w kilku stężeniach) i następnie krew jest nakraplana na czyste bibuły. Wzorcowe próbki krwi po wysuszeniu są przechowywane w temperaturze - 20°C, a następnie wycinane do testów. Wykonywane są oddzielne wzorce do przesiewu noworodkowego (aminokwasy + acylokarnityn) jak i dla badań weryfikacyjnych (krzywe MMA+MCA, krzywa SUAC, krzywa steroidowa),
  - f. przygotowanie dzienne – rozcieńczanie roztworu stężonego do roztworu roboczego,
  - g. przygotowanie dzienne aparatu składające się ze sprawdzenia i obsługi dziennej sprężarek powietrza (filtry, skraplacz, itp.), sprawdzenia wytwornic azotu (ciśnienie, filtry), sprawdzenie automatycznego dozownika i pomp fazy nośnej (czyszczeniem lub wymiana części zużywalnych zaworów, sprawdzenie przecieków), sprawdzenie i udrożnienie przewodów dostarczających próbki do spektrometru, czyszczenie i sprawdzenie układu jonizującego na spektrometrze,
  - h. właściwy pomiar płytki z roztworem po ekstrakcji – zalanie płytki fazą nośną, zaprogramowanie pomiaru płytki w aplikacji sterującej,
  - i. import do systemu zmierzonych widm masowych, ocena jakościowa zmierzonych intensywności jonów, obliczenie stężeń szukanych substancji.
8. Ewaluacja wyników pomiarów, czyli przeliczenie wartości surowych zliczeń z aparatu pomiarowego na stężenia szukanych substancji za pomocą odpowiednich metod aproksymacji (np. regresja liniowa

ważona, spline - zależnie od testu) i automatyczna klasyfikacja uzyskanego wyniku (z uwzględnieniem wartości uzyskanych w poprzednich testach) do odpowiedniej grupy ryzyka występowania choroby.

System klasyfikuje wyniki do czterech grup:

- a. wartość graniczna, czyli uzyskany wynik jest blisko granicy normy lub wynik jest niepewny (tzn. duży rozrzut pojedynczych oznaczeń –  $CV > 15\%$ ) – w takim przypadku bibuła jest klasyfikowana do powtórzenia w innej płytce; po powtórzeniu liczona jest wartość średnia i są odrzucane wartości odstające,
- b. wynik w normie – bibuła nie wymaga dalszych badań,
- c. wynik podwyższony – wynik jest poza normą ale prawdopodobieństwo wystąpienia choroby jest niskie; w takim przypadku system narzuca wykonanie powtórnego oznaczenia z nowej próbki krwi noworodka – do rodziców wysyłana jest nowa czysta bibuła na powtórne pobranie,
- d. wynik patologiczny – wynik wskazuje na duże prawdopodobieństwo wystąpienia choroby i jest wymagana dalsza diagnostyka potwierdzająca, np. wezwanie noworodka do kliniki lub wykonanie badań genetycznych lub wykonanie dodatkowych badań metodą tandemowej spektrometrii mas; system narzuca wykonanie odpowiednich procedur (zależnie od testu) i monitoruje ich wykonanie.

9. Kontrola jakości wykonania testu – w każdej płytce są umieszczone próbki kontroli jakości służące do oceny prawidłowości wykonania testu. Kontrola jakości polega na sprawdzeniu uzyskanych wartości stężeń (zgodnie z zaleceniami producenta) i sprawdzenie okresowe (sprawdzenie trendów) zmian w wartościach stężeń próbek kontrolnych. W przypadku kontroli zewnętrznych dodatkowo uzyskane wartości są raportowane do odpowiednich instytucji organizujących kontrolę, które po zebraniu informacji z kilkudziesięciu laboratoriów odsyłają odpowiednie raporty.

10. Klasyfikacja wsteczna wyników jest wykonywana dla testu IRT (badanie w kierunku mukowiscydozy). Ze względu na dużą zmienność uzyskiwanych wyników (zależną od daty produkcji odczynników, laboratorium, pory roku) w teście IRT oprócz normy ilościowej wyrażonej w stężeniu IRT jest używana norma populacyjna wyrażona w percentylach z rozkładu wyników. Oznacza to, że z każdego tygodnia wybierany jest określony stały procent wyników o najwyższym stężeniu IRT – dla tych wybranych bibuł są wykonywane dodatkowe badania genetyczne.

W przypadku wprowadzonego badania w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni, które całkowicie będzie oparte o badania genetyczne, technika wykonania badania będzie się różnić. Badanie zostanie wykonane z wykorzystaniem komercyjnego zestawu. Planowane jest wdrożenie testu opartego o technikę PCR uzupełnioną o analizę krzywych topnienia produktów amplifikacji (RT-PCR-HRM) fragmentów genów *SMN1* i *SMN2*. W IMID do analizy wykorzystany zostanie aparat do reakcji

PCR z możliwością rejestracji fluorescencji w czasie rzeczywistym Test umożliwia identyfikację 95 – 98% pacjentów z rdzeniowym zanikiem mięśni z homozygotyczną delecją genu SMN1. Natomiast nie umożliwia dokładnego określenia liczby kopii genu SMN1 i SMN2, z wyjątkiem sytuacji, gdy u osoby badanej brak jest kopii jednego z genów. Brak kopii genu SMN1 będzie wskazaniem do weryfikacji wyniku badania z wykorzystaniem rutynowego testu diagnostycznego (MLPA). Brak kopii genu SMN2 nie będzie raportowany, gdyż nie wiąże się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia choroby i ma charakter polimorficzny – na podstawie badań przeprowadzonych dla populacji polskiej około 10% osób nie ma kopii genu SMN2 (Jędrzejowska M i wsp. Neuroepidemiology, 2010; 34:152-7).

Test wykorzystywany do badania został zwalidowany w ZGM IMiD z wykorzystaniem próbek DNA izolowanych z krwi obwodowej oraz z wysuszonych kropli krwi pobranych na bibułę do badań przesiewowych.

**Metodologia testu:** Do badania wykorzystywany jest preparat uzyskany z wysuszonych kropli krwi pobranych na bibułę (DBS), który przygotowujemy jest zgodnie z instrukcją producenta zestawu SALSA MC002 SMA Newborn Screen. Test oparty jest o amplifikację fragmentów eksonu 7 genów SMN1 i SMN2 oraz wykorzystanie sondy znakowanej barwnikiem fluorescencyjnym Cy5, która przyłącza się do amplifikowanego regionu. Po reakcji PCR, temperatura jest obniżana do 35°C, zaś sonda przyłącza się do amplikonów znajdujących się w mieszaninie reakcyjnej. Skutkuje to znacznym wzrostem fluorescencji w zakresie >600nm. Następnie temperatura mieszaniny reakcyjnej jest stopniowo podwyższana, związana sonda uwalniana, a tym samym fluorescencja maleje. Temperatura uwolnienia sondy ( $T_m$  – temperatura topnienia) zależy od sekwencji fragmentu, z którym się połączyła. W przypadku testu MC002 w pierwszej kolejności uwalniane są sondy związane z genem SMN2 (56°C), a następnie z SMN1 (63°C). Wykres poziomu fluorescencji jest analizowany przy użyciu oprogramowania aparatu do RT-PCR i przekształcany w wykres, na którym maksima krzywej odpowiadają temperaturom z najwyższym spadkiem fluorescencji. Obecność dwóch maksimów temperatury (56°C i 63°C) świadczy o obecności przynajmniej jednej kopii genów SMN1 i SMN2. Brak maksimum w temperaturze 56°C lub 63°C oznacza odpowiednio: brak genu SMN2 lub SMN1. Brak jakiegokolwiek maksimum na wykresie oznacza konieczność ponownego przeprowadzenia reakcji. Dodatkowo na tym wykresie może być obecny niski pik kontrolny (maksimum ok. 49°C), którego obecność wskazuje na prawidłowe przeprowadzenie testu i użycie odpowiedniej ilości DNA. Jeśli pik kontrolny jest wysoki i występuje jako jedyny, świadczy to o zbyt małej ilości DNA użytego do przeprowadzenia reakcji.

Do każdej reakcji amplifikacji stosowane odpowiednie kontrole: dołączone do zestawu kontrola pozytywna SD075 (homozygotyczna delecja genu SMN1) i kontrola negatywna SD074 (obecne 1 kopia genu SMN1 i 4 kopie genu SMN2). Każdorazowo będzie także wykonywana kontrola czystości reakcji PCR (próbka bez DNA).

W teście opartym o technikę RT-PCR-HRM (pierwszym etapie badania przesiewowego) mogą pojawić się wyniki fałszywie pozytywne, co może wynikać z obecności rzadkich polimorfizmów pojedynczych nukleotydów w obrębie sekwencji komplementarnej względem stosowanych starterów lub sond. Zgodnie z informacją zawartą w instrukcji do zestawu taka sytuacja może zdarzyć się w mniej niż 1/5000 próbek. Z tego powodu dla wszystkich próbek dających wynik pozytywny, przeprowadzona zostanie weryfikacja wyniku z wykorzystaniem techniki MLPA i zestawów dedykowanych do analizy delecji eksonu 7 genu SMN1. Jest to podejście stosowane przez laboratoria zajmujące się badaniami przesiewowymi noworodków w kierunku SMA, jak również rekomendowane w protokole do testu przesiewowego (J Neuromuscular Dis 2019 6:503-515, Genet Med. 2020 22:557-565, Neuromuscular Dis, 2020, 30:93-103). Dodatkowo w początkowym okresie trwania projektu, wynik badania będzie także weryfikowany z wykorzystaniem techniki PCR z wykorzystaniem starterów wprowadzających miejsce cięcia dla enzymów restrykcyjnych HinfI i DraI (PCR-ACRS; opisana w Best practice guidelines for molecular analysis in spinal muscular atrophy, Eur J Hum Genet 2001, 9: 484-491). Technika ta była stosowana jako rutynowa technika diagnostyczna w przypadku podejrzenia SMA, jednak w chwili obecnej nie jest wykorzystywana ze względu na brak możliwości dokładnej oceny liczby kopii genu SMN1 i SMN2.

W przypadku wyniku wskazującego na rozpoznanie rdzeniowego zaniku mięśni, analiza zostanie powtórzona z wykorzystaniem zestawu, rutynowo wykorzystywanego w diagnostyce rdzeniowego zaniku mięśni do oceny liczby kopii genów *SMN1* i *SMN2*.

Zgodnie z ogólnymi zaleceniami, wskazaniem zawartymi w opisie testu SALSA MC002 SMA Newborn Screen oraz tokiem postępowania przyjętym przez inne państwa prowadzące badania przesiewowe noworodków w kierunku SMA (J Neuromuscular Dis 2019 6:503-515, Genet Med. 2020 22:557-565, Neuromuscular Dis, 2020, 30:93-103), wynik testu przesiewowego wskazujący na obecność homozygotycznej delecji musi być potwierdzony z wykorzystaniem rutynowej metody diagnostycznej. W przypadku rdzeniowego zaniku mięśni jest to test z wykorzystaniem techniki multipleksowej amplifikacji sond zależnej od ligacji (MLPA), w której stosuje się zestawy SALSA MLPA Probemix P021 SMA lub SALSA MLPA Probemix P060 SMA, które umożliwiają potwierdzenie obecności homozygotycznej delecji eksonu 7 genu SMN1 oraz ocenę liczby kopii genu SMN2. Badanie techniką MLPA będzie prowadzone na materiale z niezależnej izolacji DNA (materiał z kropli krwi na bibule do badań przesiewowych lub krew obwodowa pobrana do próbki morfologicznej). W teście będą również analizowane: kontrola pozytywna (próbka z homozygotyczną delecją eksonu 7 genu SMN1 i 3 kopiami genu SMN2) i kontrole negatywne (przynajmniej 2 próbki z 2 kopiami genu SMN1 i SMN2). Analiza wyników prowadzona będzie z wykorzystaniem specjalistycznych programów dostarczonych przez producenta zestawów MLPA lub GeneMarker. Badanie prowadzone będzie w Zakładzie Genetyki Medycznej IMiD, który ma ponad 20-letnie

doświadczenie w diagnostyce molekularnej rdzeniowego zaniku mięśni (SMA) oraz regularnie poddaje się testom kontroli jakości organizowanym przez European Molecular Genetics Quality Network (EMQN), z którego uzyskuje wyniki pozytywne potwierdzone certyfikatem jakości. Niezgodność wyników na tym etapie wskazuje na błąd w trakcie przygotowywania reakcji i będzie wskazaniem do powtórzenia badania dla całej grupy noworodków badanych w jednym eksperymencie. Jeśli wynik badania alternatywną techniką będzie zbieżny z wynikiem badania przesiewowego, będzie to wskazaniem do wezwania pacjenta do ośrodka specjalistycznego, gdzie zostanie od niego pobrana próbka krwi na EDTA i przekazana na badanie wykonywane techniką MLPA. W sytuacji uzyskania niezgodności wyników na tym etapie, możemy przypuszczać, że doszło do pomyłki na etapie pobierania próbek od noworodków, w związku z czym konieczna będzie ponowna weryfikacja wyników dla próbek pobranych w danym dniu i konkretnym ośrodku.

Po potwierdzeniu wyniku badania metodą MLPA, zweryfikowani pozytywnie pacjenci zostaną skierowani do ośrodków leczenia choroby w swoim województwie. W IMID dzieci zostaną skierowane do dalszej opieki do Kliniki Neurologii i Epileptologii Instytutu „Pomnik - Centrum Zdrowia Dziecka”. W trakcie pierwszej wizyty w ośrodku leczącym pobrana zostanie próbka krwi, celem potwierdzenia wyniku uzyskanego w badaniach przesiewowych. **Powiadamanie i wezwanie dziecka.**

W przypadku, gdy jest wymagane wysłanie do matki lub opiekunów prawnych czystej bibuły na powtórne pobranie krwi (z powodu złego pobrania w szpitalu, zagubienia bibuły pobranej w szpitalu lub podwyższonego wyniku w teście przesiewowym), system umożliwi wprowadzenie adresu zamieszkania opiekuna używanego do korespondencji listownej – do opiekuna jest wysyłany list z informacją o konieczności pobrania krwi wraz z czystą bibułą i naklejoną etykietą z kodem paskowym. W sytuacji gdy wyniki badań powtórnych wykonanych z krwi pobranej na kolejną bibułę są w normie, do opiekunów prawnych dziecka wysyłana jest informacja o uzyskaniu z badań powtórnych wyników w normie i zakończeniu badań.

Do matki lub opiekunów jest wysyłana również prośba o wyrażenie zgody na badania genetyczne w przypadku, gdy potrzebne jest wykonanie badań genetycznych a matka lub opiekun prawny nie wyraził zgody na bibule pobranej w szpitalu.

Matka lub opiekunowie prawni dziecka mają możliwość uzyskania informacji telefonicznie, mailowo lub pisemnie o tym czy badania przesiewowe ich dziecka zostały wykonane (po ich zweryfikowaniu na podstawie numeru bibuły oraz dodatkowo peselu matki i daty i miejsca urodzenia dziecka). Po zweryfikowaniu i poinformowaniu rozmówcy o badaniach informacja z kim i kiedy została przeprowadzona rozmowa zostaje zapisana w komputerowej bazie przesiewowej.

Obecnie wezwania do Kliniki/Poradni Specjalistycznych na dalsze badania diagnostyczne są wykonywane telefonicznie (każdy kontakt z opiekunami prawnymi i lekarzami rejestrowany jest

w systemie). W szczególnych sytuacjach związanych z realizacją programu badań przesiewowych, jak na przykład konieczność wezwania dziecka do dalszej diagnostyki, uprawniony pracownik laboratorium przesiewowego przekazuje telefonicznie informację o konieczności pilnej weryfikacji nieprawidłowego wyniku badania lekarzowi współpracującemu w ramach realizacji badań przesiewowych. Do odpowiedniej Kliniki lub Poradni Specjalistycznej, do której jest wzywana matka lub opiekun prawny z noworodkiem, przekazywana jest telefonicznie informacja (po zweryfikowaniu lekarza przekazywane są dane dotyczące pacjenta), a następnie jest kierowana korespondencja (listem, faksem lub mailem) z danymi dziecka i uzyskanymi wynikami badań stanowiących podstawę podejrzenia choroby. Dodatkowo do lekarza w Klinice/lub Poradni Specjalistycznej jest kierowany formularz zwrotny, na którym lekarz obowiązany jest podać do laboratorium datę zgłoszenia się rodziców lub opiekunów prawnych i informację o wykonanych badaniach oraz diagnozie wstępnej (wynika to z obowiązku monitorowania programu przesiewowego). Dopiero po wprowadzeniu tych informacji do systemu następuje zakończenie procedury badań przesiewowych noworodka i ewentualnie rozpoczyna się etap monitorowania przebiegu leczenia dziecka, który trwa do 18 roku życia.

#### **Kontrola komputerowa obiegu próbek krwi i diagnostyki potwierdzającej.**

Dedykowane oprogramowanie zapewnia pełną kontrolę procedury przesiewowej przez rejestr i nadzór zwrotu etykiet (próbek krwi), automatyczne śledzenie próbki w laboratorium, kontrolę etapów przesiewu od urodzin do wyniku testu oraz diagnozy i rozpoczęcia leczenia.

W przypadku wysyłania do matki lub opiekuna prawnego czystej bibuły na powtórne pobranie próbki krwi system monitoruje (na podstawie kodu paskowego) czy wysłana bibuła powróciła do laboratorium. Jeśli bibuła nie wraca w określonym czasie to następuje etap ponagłania matki lub opiekuna prawnego do przysłania bibuły (telefonicznie i/lub listownie) lub w przypadku zagubienia albo zniszczenia bibuły jest ponawiana procedura wysłania nowej czystej bibuły aż do uzyskania nowej próbki krwi lub do uzyskania pisemnej odmowy pobrania próbki krwi. W przypadku odmowy pobrania krwi fakt ten jest rejestrowany w systemie i system zaprzestaje monitorowania próbki.

Zgodnie z przyjętą w Rzeczypospolitej Polskiej procedurą, gdy masa urodzeniowa noworodka jest niższa niż 1500 g jest wymagane powtórne pobranie krwi w wieku około 1 miesiąca życia, przed opuszczeniem szpitala (zależnie od ciężaru urodzenia i stanu dziecka). Nadesłanie powtórnego pobrania jest monitorowane w systemie.

Okresowo jest monitorowane w systemie kompletność kodów zwróconych ze szpitala do laboratorium. W przypadku powstania nieciągłości w numeracji kodów program umożliwia wyszukiwanie brakujących kodów. Każdy brakujący kod musi być wyjaśniony (telefonicznie) z oddziałem noworodkowym, do którego kod został wysłany. W przypadku zniszczenia kodu (lub bibuły z kodem)

bez przypisania do noworodka, informacja o zniszczeniu kodu jest wprowadzana do systemu. W przypadku przesłania kodu do innego oddziału następuje uzgodnienie z nowym oddziałem czasu pobrania próbki krwi noworodka. W przypadku, gdy brakujący kod został wydany matce/opiekunowi prawnemu bez pobrania na oddziale to dane matki/opiekuna wprowadzane są do systemu i następnie system monitoruje dostarczenie tego kodu lub umożliwia wysłanie do matki/opiekuna nowej czystej bibuły z kodem.

System kontroluje również kompletność badań wykonanych u noworodka, czyli czy noworodek miał wykonany pełen zakres badań. Oznacza to, że jest sprawdzane czy oprócz badań wykonanych w ośrodku regionalnym ten sam noworodek ma wykonane badanie metodą tandemowej spektrometrii mas.

System generuje również listę próbek krwi przekazywanych na badania genetyczne wykonywanych w specjalistycznym laboratorium. Po przekazaniu listy na badania genetyczne system pozwala na wprowadzenie wyników znalezionych mutacji i monitoruje czy badanie genetyczne zostało wykonane.

### **Monitorowanie leczenia**

System umożliwia prowadzenie rejestru leczonych noworodków wykrytych w trakcie badań przesiewowych jak i pacjentów starszych, urodzonych przed wprowadzeniem systemu. Do każdego leczonego przypisywana jest pula kodów naklejonnych na bibułę przy kolejnej wizycie w poradni. Rodzice lub pacjent może następnie te bibuły przysyłać bezpośrednio do laboratorium przesiewowego, które wykona odpowiednie testy – bibuły włączane są do rutynowych testów przesiewowych, dzięki czemu czas oczekiwania na wynik jest skrócony do minimum. Po wykonaniu testów wynik badania jest odsyłany do lekarza zlecającego.

Szczególne monitorowanie leczenia obejmuje pacjentów z fenylketonurią (PKU), u których oznaczany jest poziom fenylalaniny, w celu kontroli diety i odpowiedniej korekty przez dietetyka.

### **Przesiew selektywny**

System umożliwia również rejestrowanie i analizę próbek nadsyłanych w ramach tzw. selektywnych badań przesiewowych w kierunku wrodzonych wad metabolicznych. Próbki są przysyłane do laboratorium w postaci próbki krwi na bibule. Bibuły te, po oklejeniu specjalnym kodem paskowym, są rejestrowane w systemie i następnie są analizowane w rutynowych testach przesiewowych

### **Analiza statystyczna.**

Dedykowane oprogramowanie umożliwia podstawowe analizy statystyczne, dotyczące czasu pobierania próbek krwi na oddziale, czasu transportu próbek do laboratorium, częstości wysyłania próbek przez poszczególne szpitale. Możliwa jest statystyka dla każdego oddziału noworodkowego, co ma szczególne znaczenie dla szczegółowej dokumentacji ze względu na istotność tych badań. Po



wykonaniu badań jest możliwe generowanie rozkładu wszystkich lub wybranych wyników w celu weryfikacji poprawności badań i monitorowania zmian populacyjnych.

### Baza danych

Rejestr noworodków jest oparty o unikatowy identyfikator połączony z peselem matki/opiekuna prawnego, który jest nadawany w momencie pobierania krwi na bibułę. Ten system umożliwia gromadzenie innych danych o dziecku zanim zostanie nadany PESEL, co ma miejsce w drugim lub trzecim miesiącu życia. Ponadto system umożliwia łączenie danych z innymi rejestrami, takimi jak karta analizy okolicy porodowej i rejestr wad rozwojowych w celu poszerzenia dostępu do informacji dla lekarzy prowadzących diagnostykę potwierdzającą w badaniach przesiewowych oraz do celów analiz epidemiologicznych. W przyszłości rejestr ten może być podstawą dla rejestracji np.: wad wrodzonych u noworodków urodzonych przedwcześnie (Hbd < 37 tygodnia) oraz badań epidemiologicznych.

**Tab. 3 Markery w badaniach wrodzonych wad metabolizmu**

l.p.	Wada metabolizmu	Marker MS/MS	Marker GC/MS	Enzym odpowiadający za chorobę
1	Fenyloketonuria/Hi perfenyloalaninemia (PKU/HPA)	Phe, Phe/Tyr	Kwas fenylomlekowy Kwas fenylpirogroonowy	Hydroksylaza fenyloalaniny ( <i>deficyt PAH</i> ) Reduktaza dihydropterydynowa ( <i>deficyt DHPR</i> ) Cyklohydrolaza I guanozynotrifosforanu ( <i>deficyt GTP-CH</i> ) Syntetaza 6-pirogronylotetrahydropterynowa ( <i>deficyt PTPS</i> )
2	Choroba Syropu Klonowego (MSUD)	Leu/ Ileu, Val	Rozgałżone keto- i hydroksy kwasy np.: Kwas 2-hydroksyzowalerianowy, Kwas 2-ketoizokaproinowy, 2-keto-3-metylowalerianowy	Kompleks dehydrogenazy rozgałżzonych $\alpha$ ketokwasów (BCKDH)

3	Homocystynuria (HCY)	Met/Hcy	Brak	$\beta$ -syntetaza cystationiny ( <i>klasyczna Homocystynuria</i> ) Reduktaza metylenotetrahydrofolanu ( <i>deficyt MTHFR</i> ) Defekt i zaburzenia syntezy MeCbl
4	Cytrulinemia typu II, (CIT II, deficyt cytryny)	Cit, Met	Brak	Transporter Asp-Glu
5	Cytrulinemia typu I, (CIT I)	Cit, Arg	Brak	Syntetaza argininobursztynianowa
6	Argininemia	Arg	Kwas orotowy	Arginaza
7	Tyrozynemia typu I (TYR I)	Tyr	Bursztynoloaceton	Fumaryloacetoacetaza (FAH)
8	Tyrozynemia typu II	Tyr, Phe	4-hydroksyfenylo—pirogonian, -mleczan	3-aminotransferaza
9	Deficyt MCAD	C8, C10, C10:1, C6	Heksanyloglicyna, Suberyloglicyna	Dehydrogenaza acylo-CoA średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych
10	Deficyt LCHAD	C16-OH, C18:1OH, C18-OH	Kwas 3-OH-adypinowy, 3OH-oktanodikarboksylowy, 3OH-sebacydowy, 3-OHdodekanodikarboksylowy	Dehydrogenaza 3hydroksyacylo-CoA długołańcuchowych kwasów tłuszczowych

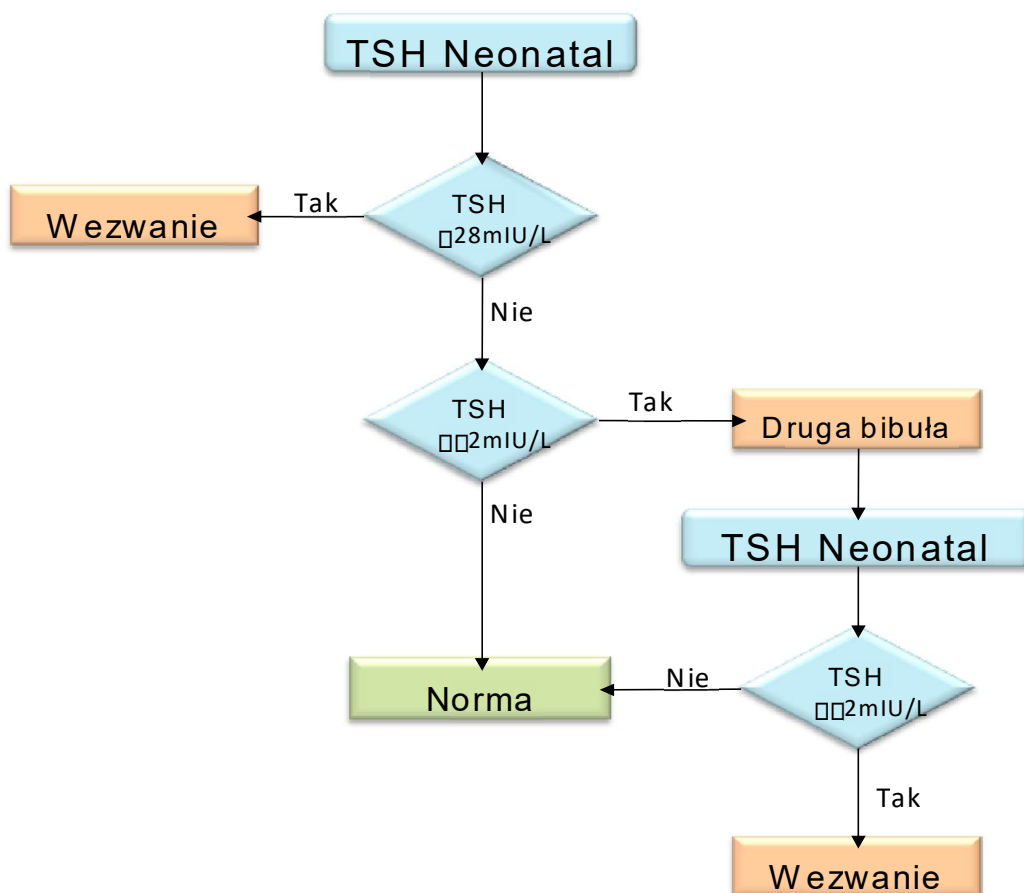
11	Deficyt MTP (mitochondrialnego białka trójfunkcyjnego)	C16-OH, C18:1OH, C18-OH	Kwasy dikarboksylowe C6 – C14	Mitochondrialne białko trójfunkcyjne (MTP): hydrataza LCEH, dehydrogenaza LCHAD, oksotiolaza LCKAT
12	Deficyt VLCAD	C14:1, C14, C16	Kwasy dikarboksylowe C6 – C14	Dehydrogenaza acylo-CoA bardzo długołańcuchowych kwasów tłuszczowych
13	Deficyt wielu dehydrogenaz acylo-CoA (GA II, MADD)	C4, C5, C8:1, C8, C12, C14, C16, C5DC	Kwas etylomalonowy, glutarowy, 2-OH-glutarowy	Flawoproteina przenosząca elektrony (ETF) Oksydoreduktaza ETF:koenzym Q (ETF-QO)
14	Deficyt CPT I	C0, C2	Brak	Transferaza palmitynokarnitynowa I (CPT1)
15	Deficyt CPT II	C16, C18:1, C18	Brak	Transferaza palmitynokarnitynowa II (CPT2)
16	Deficyt translokazy karnityny (CACT)	C16, C18:1, C18	Brak	Translokaza karnityny (CACT)
17	Deficyt transportera karnityny (pierwotny deficyt karnityny, CUD)	C0	Brak	Transporter karnityny (białko OCTN2)
18	Deficyt wielu karboksylaz (MCD)	C0 – C16	Kwas mlekowy, 3-OHizowalerianowy, 3-OHpropionowy, metylocytrynowy, 3-metylokrotonyloglicyna	Syntetaza holokarboksylazy (HCS) Biotynidaza (BTD)
19	Acyduria glutarowa typu I (GAI)	C5DC	Kwas glutarowy i 3-OHglutarowy	Dehydrogenaza glutarylo-CoA (GCDH)

20	Acyduria propionowa (PA)	C3	Kwas 3-OH-propionowy i metylocytrynowy, propionylglicyna,	Karboksylaza propionyl-CoA (PCC)
21	Acyduria metylomalonowa (MMA)	C3	Kwas metylomalonowy	Mutaza metylomalonyl-CoA (MUT) Zaburzenia metabolizmu witaminy B12 Niedobór witaminy B12
22	Acyduria izowalerianowa (IVA)	C5	Kwas 3-OH-izowalerianowy, izowaleroglicyna	Dehydrogenaza izowaleryl-CoA (IVD)
23	Deficyt liazy HMG	C5-OH	3-OH-3-metyloglutarowy, metyloglutakonowy,	Liaza 3-OH-3metyloglutaryl-CoA (HMG-CoA)
24	3-metylokrotonylglicynuria (3-MCC)	C5-OH	3-metylokrotonylglicyna, 3-OH-izowalerianowy	Karboksylaza 3metylokrotonyl-CoA (MCC)
25	Acyduria arginobursztynianowa (ASL)	Cit, Arg	Brak	Liaza argininobursztynianu (ASL)
26	Deficyt biotynidazy	Biotynidaza C5-OH,	3-metylokrotonylglicyna, kwas 3-hydrokso-propionowy, kwas metylocytrynowy	Biotynidaza

## Algorytmy badań przesiewowych

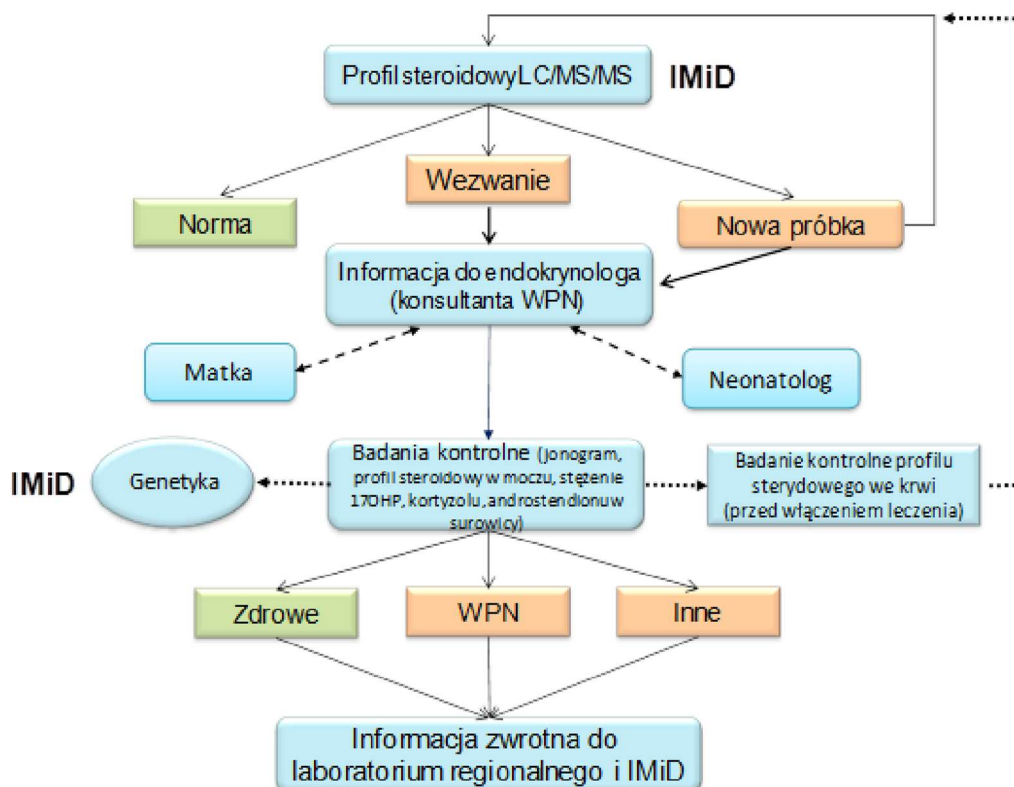
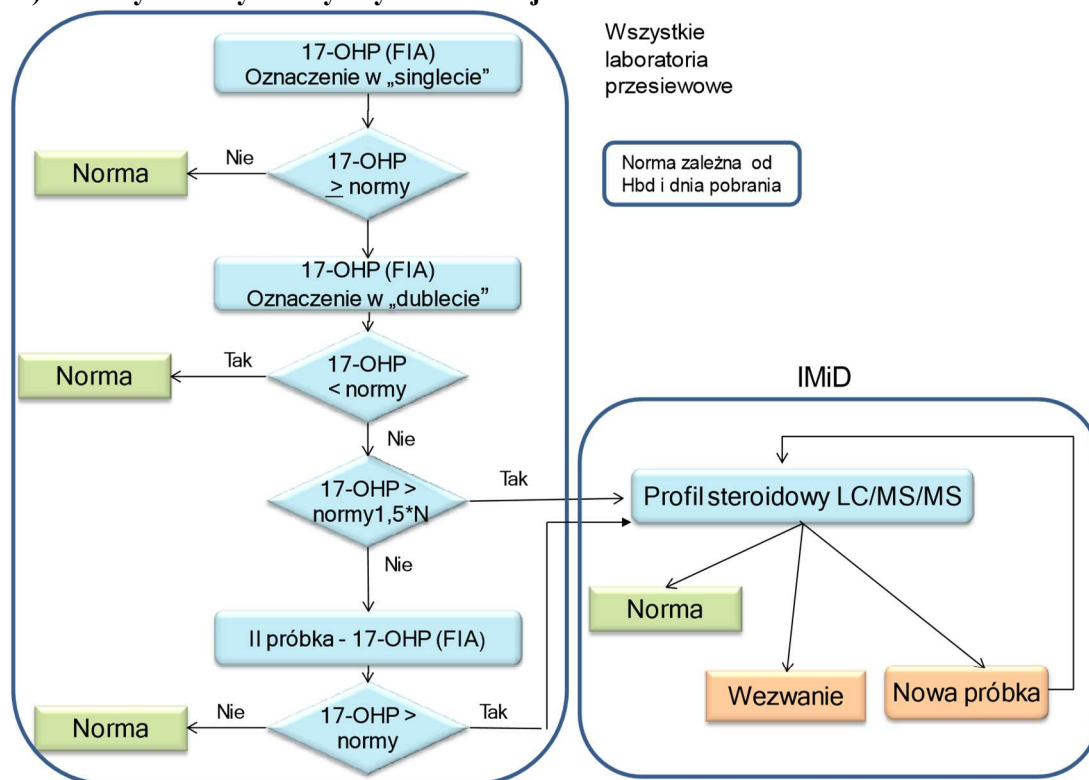
### 1. Wrodzona niedoczynność tarczycy

Ryc. 8 Klasyfikacji wyników badań przesiewowych w kierunku wrodzonej niedoczynności tarczycy (WNT).



## 2. Wrodzony przerost nadnerczy

Ryc. 9 Klasyfikacja wyników badań przesiewowych w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy (WPN) = deficytu 21-hydroksylazy steroidowej.



Tab. 4 Zakresy norm dla 17-OHP opracowane przez ISNS.

Day of sampling	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GA (Week)																			
>36	28	23	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	18	18	17	17	16	16	15

		Doba pobrania																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
HBD	27	--	192	160	137	129	131	136	141	144	143	139	134	128	124	121	119	116	114	111	108
	28	--	165	137	117	110	112	117	121	123	122	119	115	110	106	104	102	100	97	95	92
	29	--	140	117	100	94	96	100	103	105	104	102	98	94	91	88	87	85	83	81	79
	30	--	119	99	85	80	81	85	88	89	88	86	83	80	77	75	74	72	70	69	67
	31	--	100	84	71	67	68	71	74	75	75	73	70	67	65	63	62	61	59	58	56
	32	--	84	70	60	56	57	59	62	63	62	61	58	56	54	53	52	51	50	48	47
	33	--	69	57	49	46	47	49	51	51	51	50	48	46	44	43	43	42	41	40	39
	34	--	56	46	40	37	38	39	41	42	41	40	39	37	36	35	34	34	33	32	31
	35	--	44	37	31	30	30	31	32	33	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	25
	36	--	35	29	25	23	24	25	26	26	26	25	24	23	23	22	22	21	21	20	20

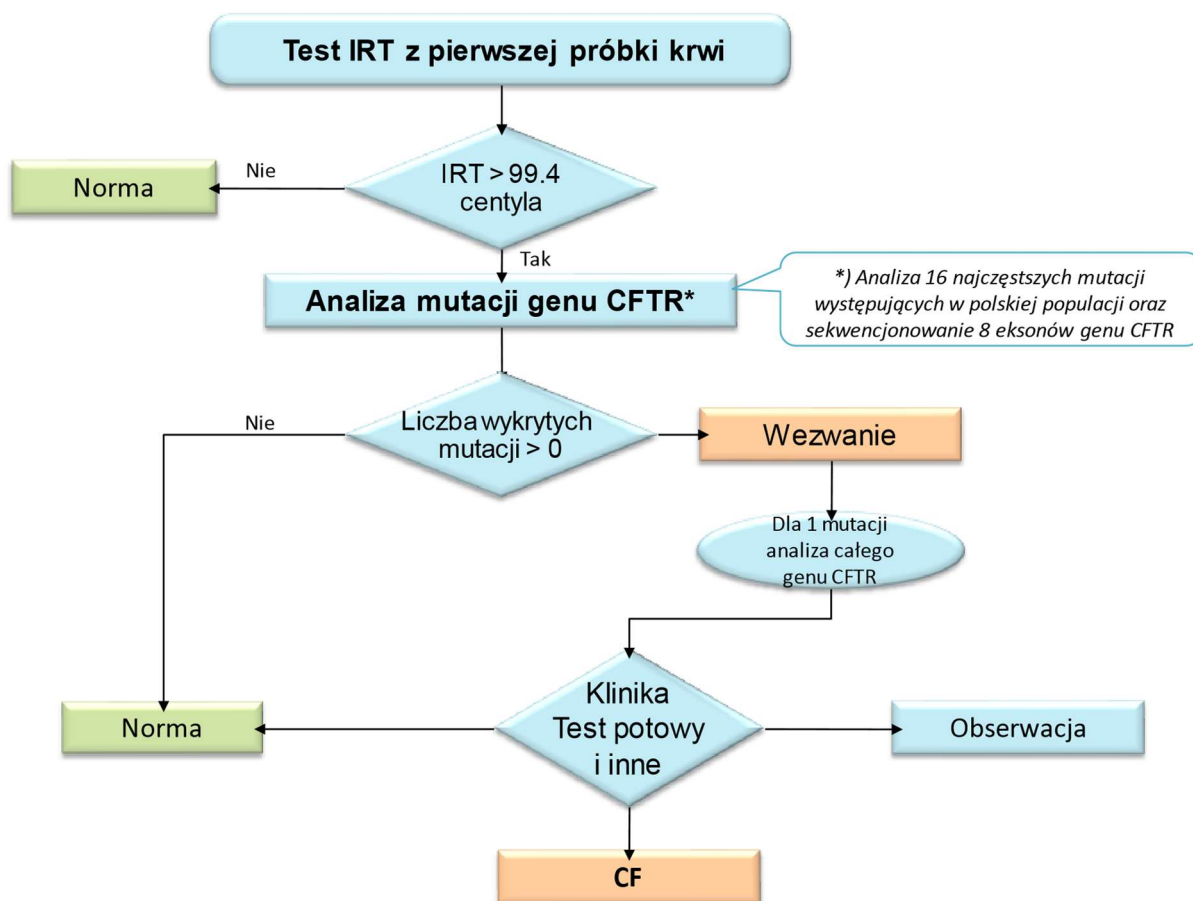
Tab. 5 Profil steroidowy oznaczany metodą LC/MS/MS w II etapie badania przesiewowego.

Oznaczany steroid	Norma [nmol/L]*
17-OHP	0,1-4,8
KORTYZOL	11,0-4569
21-DEOKSYKORTYZOL	<5,9
11-DEOKSYKORTYZOL	< 85,2
ANDROSTENDION	1,7-32,6
<b>Pomocnicze stosunki stężeń</b>	
(17-OHP+Androstendion) / Kortyzol	0,1-3,75
(17-OHP+21Deosykort.) / Kortyzol	< 1,9

\*Normy własne, mogą ulec zmianie

### 3. Mukowiscydoza

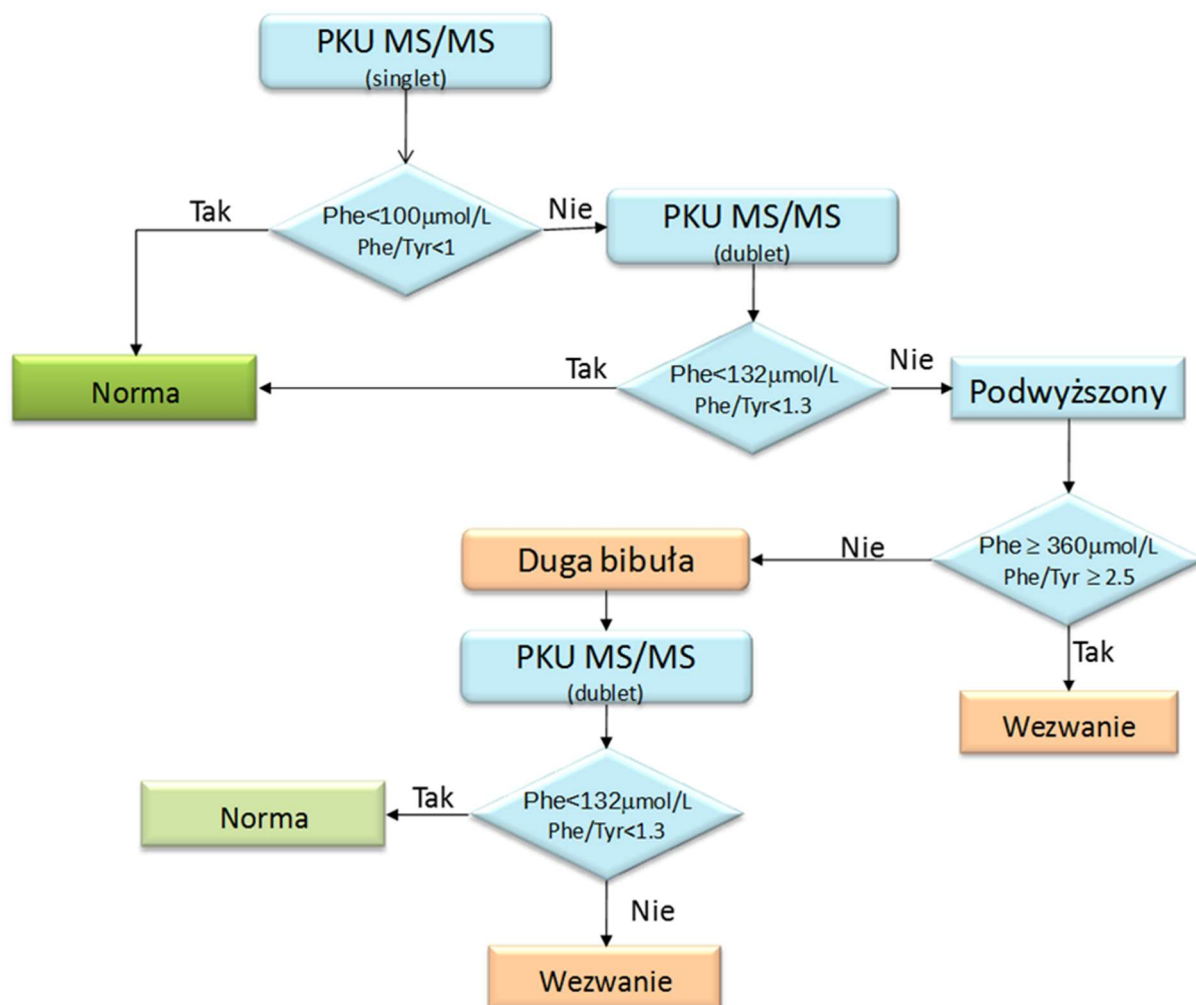
Ryc.10 Kwalifikacja wyników badań przesiewowych w kierunku mukowiscydozy.





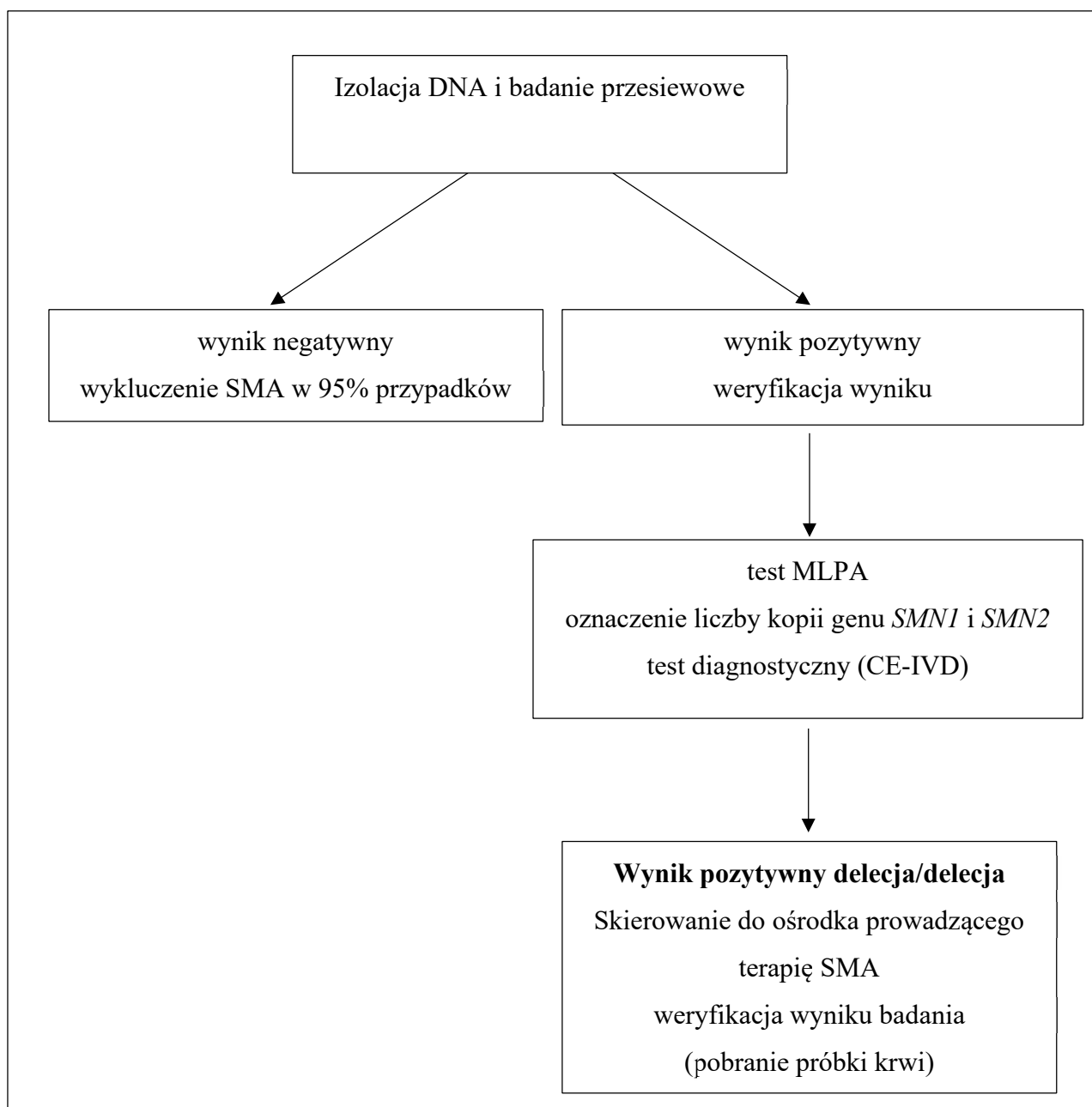
#### 4. Fenylketonuria

Ryc.11 Klasyfikacja wyników badań przesiewowych w kierunku fenylketonurii (PKU).



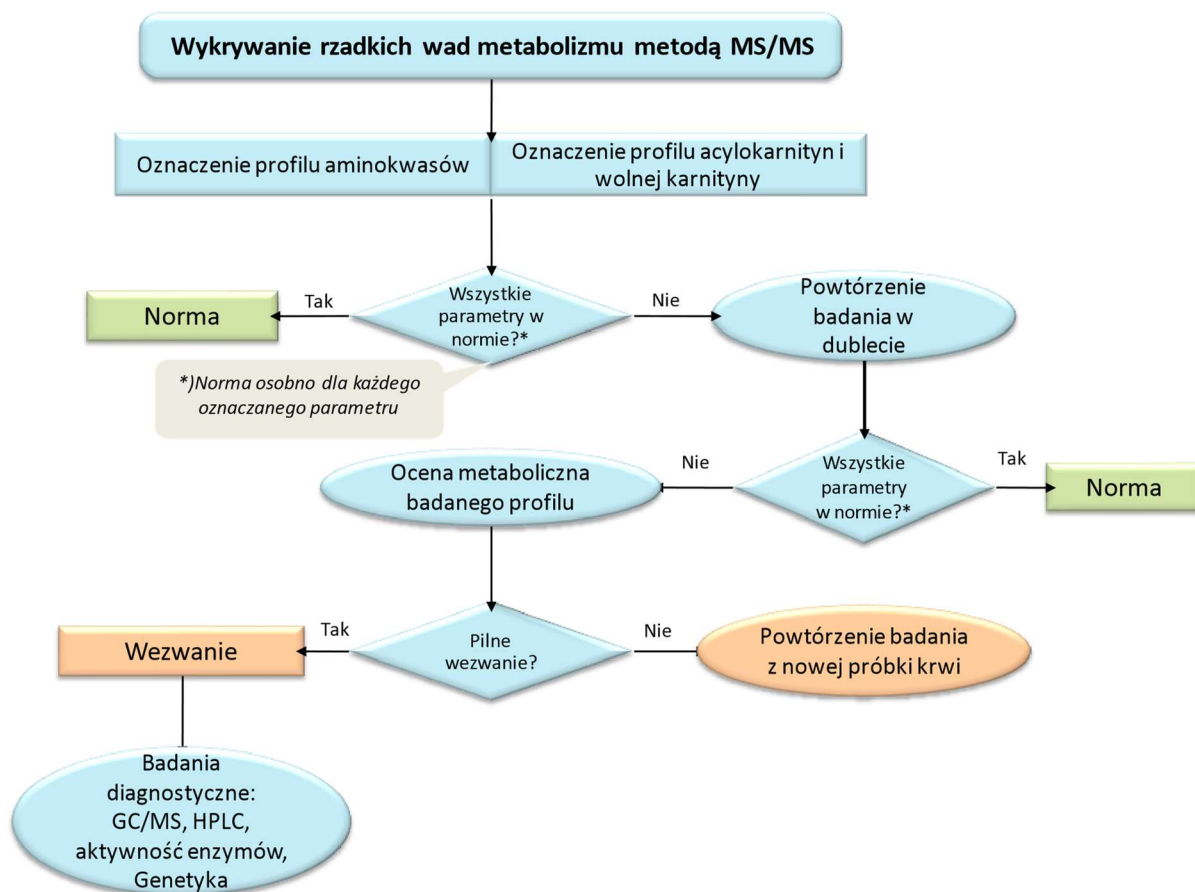
## 5. Rdzeniowy zanik mięśni

Ryc.12 Klasyfikacja wyników badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni.



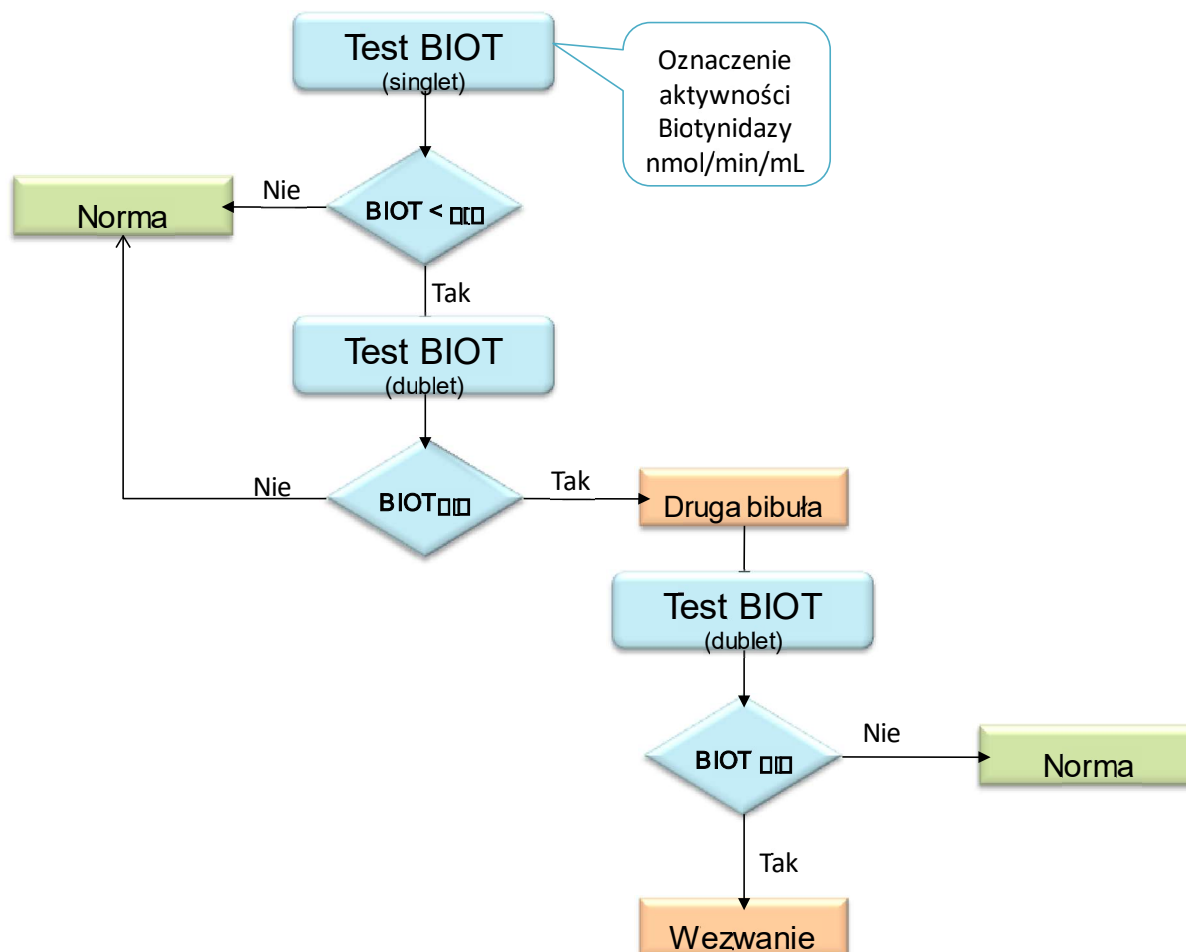
## 6. Rzadkie wady metabolizmu

Ryc.13 Ogólny algorytm klasyfikacji wyniku dla wykrywania rzadkich wad metabolizmu (MS/MS).



## 7. Deficyt biotynidazy

Ryc.14 Klasyfikacja badania przesiewowego w kierunku deficytu biotynidazy.



Szczegółowy plan monitorowania dla poszczególnych grup wrodzonych wad metabolizmu przedstawia tabela 6.

Tab.6 Badania potwierdzające/weryfikujące podejrzenie choroby.

	Choroby objęte badaniami przesiewowymi	Skrót	Aminokwasy w osoczu(HPLC )	Metabolity w moczu,(GC/MS)	Aktywność enzymatyczna(leukocyty, fibroblasty)	Analiza mutacji (DNA)	
1	Wrodzona niedoczynność tarczycy	WNT	Oznaczenie FT3, FT4, TSH w surowicy krwi				
2	Wrodzony przerost nadnerczy	WPN	Elektrolity w surowicy krwi. Badania hormonalne. Profil steroidów w moczu.				X
3	Mukowiscydoza	CF	Oznaczenie stężenia elektrolitów w pocie				X
4	Fenylketonuria / Hiperfeniloalaninemia	PKU/ HPA	X	X		X	

5	Choroba syropu klonowego	MSUD	X	X		X
6	Homocystynuria	HCY	X	X		X
7	Cytrulinemia typu I (CIT-I), typu II (CIT-II)	CIT I CIT II	X	X		X
8	Tyrozynemia (przejęciowa noworodkowa, typu I, typu II)	TYR I TYR II	X	X		X
9	Deficyt MCAD	MCADD		X	X	X
10	Deficyt LCHAD	LCHAD D		X		X
11	Deficyt mitochondrialnego białka trójfunkcyjnego	MTP		X	X	X
12	Deficyt VLCAD	VLCAD D		X	X	X
13	Acyduria glutarowa typu II (Deficyt wielu dehydrogenaz acylo-CoA)	GA II (MADD)		X		X
14	Deficyt CPT I	CPT I			X	X
15	Deficyt CPT II	CPT II			X	X
16	Deficyt translokazy karnityny	CACT				X
17	Deficyt transportera karnityny (pierwotny deficyt karnityny)	CTD (CUD)				X
18	Deficyt liazy 3-hydrokso- 3-metyloglutarylo-CoA	HMGA	X	X		X
19	Acyduria glutarowa I	GA I	X	X		X
20	Acyduria propionowa	PA	X	X		X
21	Acyduria metylomalonowa	MMA	X	X		X
22	Acyduria izowalerianowa	IVA	X	X		X
23	3-metylokrotonyloglicynuria	MCC		X		X
24	Deficyt wielu karboksylaz	MCD		X		X
25	Argininemia	ARG	X	X	X	X

26	Acyduria argininowobursztynianowa	ASA	X			X
27	Deficyt biotynidazy	BIO		X	X	X

**Tab.7 Plan monitorowania leczenia długoterminowego (*follow-up*) dla zaburzeń spalania tłuszczów i zaburzeń metabolizmu aminokwasów.**

Badania laboratoryjne	Zaburzenia spalania kwasów tłuszczowych		Zaburzenia metabolizmu aminokwasów		
	W 1 roku życia 1 - 2 x w miesiącu*	Po 1 roku życia 1 x na 3 m-ce	W 1 roku życia 1 - 2 x w miesiącu*	W 2-3 roku życia 1 x na 3 m-ce	Po 3 roku życia 1 x na 6m-cy
<b>GC/MS</b>	X		X		X
<b>MS/MS</b>	X	X	X	X	
<b>Aminoacidogram</b>			X	X	X

\* Również w czasie dekompensacji metabolicznej

**Monitorowanie leczenia fenyloketonurii wg Key European guidelines for the diagnosis and management of patients with phenylketonuria (47).**

**DIAGNOSTYKA:**

We wszystkich przypadkach hiperfenyloalaninemii należy przeprowadzić diagnostykę różnicową z wykluczeniem deficytów BH<sub>4</sub>. Konieczne jest oznaczenie stężenia pteryn (mocz, sucha kropla krwi) oraz aktywności DHPR (sucha kropla). Niektórzy pacjenci z GTPCH mogą w okresie noworodkowym mieć prawidłowe stężenia Phe.

W przypadku, gdy uzyskanie w/w wyników zajmuje dłuższy okres czasu, można przeprowadzić 24 godzinny test obciążenia z BH<sub>4</sub>. (przypadki deficytów BH<sub>4</sub> lub pacjenci z BH<sub>4</sub> wrażliwymi wariantami deficytów w aktywności PAH). Próbki do badań należy pobrać przed rozpoczęciem testu obciążenia z BH<sub>4</sub>.

Badanie molekularne nie jest niezbędne w rozpoznawaniu PKU ale może istotnie pomóc w określeniu stopnia dysfunkcji białka, określeniu resztkowej aktywności enzymu i w konsekwencji –

w przewidywaniu spodziewanego fenotypu metabolicznego pacjenta. Pozwala także na określenie potencjalnej wrażliwości na BH<sub>4</sub> u pacjentów z BH<sub>4</sub> wrażliwymi wariantami deficytów PAH.

#### KLASYFIKACJA PKU:

W celu utrzymania rekomendowanych dla poszczególnych przedziałów wieku stężeń Phe, deficyty w aktywności PAH dzieli się na:

- nie wymagające leczenia,
- wymagające leczenia dietetycznego, BH<sub>4</sub> lub obu.

#### LECZENIE:

- leczenie powinno rozpocząć się tak szybko, jak to tylko możliwe, optymalnie przed 10 dniem życia,
- nie ma potrzeby wprowadzanie leczenia, jeżeli stężenia Phe < 360 µmol/l,
- aby uzyskać pewność, że stężenia Phe nie przekroczą wartości 360 µmol/l, badania kontrolne powinny być wykonywane do końca 1 roku życia,
- wszyscy pacjenci ze stężeniami Phe ≥ 360 µmol/l wymagają leczenia,
- chorzy ze stężeniami Phe bez leczenia w granicach 360-600 µmol/l powinni być leczeni do 12 roku życia,
- z uwagi na ryzyko późnych powikłań PKU, wszyscy dorośli chorzy powinni być systematycznie monitorowani w specjalistycznych ośrodkach metabolicznych.

**Tab.8 Rekomendowane zakresy stężeń Phe w poszczególnych przedziałach wieku.**

	Wiek	Stężenia Phe µmol/l
1	0-12 rok życia	120-360
2	Powyżej 12 roku życia	120-600
3	Planowanie ciąży	120-360
4	W trakcie ciąży	120-360

**Tab. 9 Minimalna częstość badań stężenia Phe.**

	Wiek	Częstość badania stężenia Phe we krwi
--	------	---------------------------------------

1	1 rok życia	1 raz na tydzień
2	1-12 rok życia	1 raz na 2 tygodnie
3	Powyżej 12 roku życia	1 raz w miesiącu
4	W okresie przedkoncepcyjnym	1 razy w tygodniu
5	W trakcie ciąży	2 razy w tygodniu
Częściej w zależności od wskazań: zmiana leczenia, wskazania kliniczne, problemy z przestrzeganiem zaleceń dotyczących leczenia		

**Tab. 10 Minimalna częstość wizyt w Poradni Chorób Metabolicznych (Poradni Fenyloketonurii) pacjentów z dobrym poziomem wyrównania metabolicznego PKU.**

	Wiek	Częstość wizyt w Poradni
1	1 rok życia	1 raz na 2 miesiące
2	1-18 rok życia	1 raz na 6 miesięcy
3	Powyżej 18 roku życia	1 raz na 12 miesięcy
4	W trakcie ciąży	1 razy na trymestr*
Częściej w zależności od wskazań: zmiana leczenia, wskazania kliniczne, zmiana okoliczności socjalnych (zmiana szkoły, pracy, opuszczenie domu rodzinnego), problemy z przestrzeganiem zaleceń dotyczących leczenia		

\* przy założeniu stałego kontaktu (np. telefonicznego) z dietetykiem lub lekarzem w zakresie kontrolnych stężeń Phe. Wizyty ciężarnych częstsze w zależności od wskazań.

Wg. w/w europejskich rekomendacji:

- 1) czas pomiędzy pobraniem krwi a uzyskaniem przez pacjenta wyniku stężenia Phe powinien być krótszy niż 5 dni;



- 2) wszyscy pacjenci z PKU powinni być leczeni i kontrolowani w specjalistycznych ośrodkach zajmujących się diagnostyką i leczeniem wrodzonych wad metabolizmu;
- 3) optymalnie pacjenci dorośli z PKU powinni być leczeni w ośrodkach dla osób dorosłych, z rozpoczęciem stopniowego przechodzenia pod opiekę tego typu ośrodków już w okresie adolescencji;
- 4) wszyscy pacjenci z PKU powinni mieć możliwość opieki ze strony lekarza, specjalisty ds. medycyny metabolicznej (w Polsce pediatrii metabolicznej), dietetyka i psychologa. Program przesiewowych badań noworodków wymaga pełnej integracji wszystkich komponentów systemu poczynając od pobrania próbki do badań, a skończywszy na ocenie odległych skutków choroby. Taka strategia postępowania okazuje się być nie tylko skuteczna ale też opłacalna w aspekcie finansowym.

**Tab. 11 Monitorowanie leczenia fenylketonurii**

	0-12 r.ż.	12-18 r.ż.	≥18 r.ż. z wyjątkiem matczynej PKU	Matczyna PKU
Ocena stanu odżywienia	Ocena dzienniczka żywieniowego, pomiary antropometryczne (wzrost, masa ciała, BMI), ocena klinicznych objawów niedoborów mikroelementów i ewentualnie Phe – w trakcie każdej wizyty w Poradni	Ocena dzienniczka żywieniowego, pomiary antropometryczne (wzrost, masa ciała, BMI), ocena klinicznych objawów niedoborów mikroelementów i ewentualnie Phe – w trakcie każdej wizyty w Poradni	Ocena dzienniczka żywieniowego, pomiary antropometryczne (wzrost, masa ciała, BMI), ocena klinicznych objawów niedoborów mikroelementów i ewentualnie Phe – co 12-24 miesiące	Ocena dzienniczka żywieniowego i pomiar masy ciała w trakcie każdej wizyty w Poradni
Ocena wyrównania metabolicznego	Częstość pomiarów stężeń Phe, jak w <b>tabl. 9</b> Aminogram w osoczu – 1 raz w roku	Częstość pomiarów stężeń Phe, jak w <b>tabl. 9</b> Aminogram w osoczu – 1 raz w roku	Częstość pomiarów stężeń Phe, jak w <b>tabl. 9</b> Aminogram w osoczu – 1 raz w roku	Częstość pomiarów stężeń Phe, jak w <b>tabl. 9</b> Aminogram w osoczu – w okresie prekonceptyjnym

Ocena biochemiczna	1 raz w roku: stężenie homocysteiny, kwasu metylomalonowego lub obu; średnia objętość krwinki (MCV), stężenie ferrytyny, innych mikroelementów (witamin, Ca, Zn, Sel) oraz hormonów (PTH) w zależności od wskazań klinicznych	1 raz w roku: stężenie homocysteiny, kwasu metylomalonowego lub obu; średnia objętość krwinki (MCV), stężenie ferrytyny, innych mikroelementów (witamin, Ca, Zn, Sel) oraz hormonów (PTH) w zależności od wskazań klinicznych	1 raz w roku: stężenie homocysteiny, kwasu metylomalonowego lub obu; średnia objętość krwinki (MCV), stężenie ferrytyny, innych mikroelementów (witamin, Ca, Zn, Sel) oraz hormonów (PTH) w zależności od wskazań klinicznych	W okresie prekonceptyjnym: kwas foliowy, wit. B12, stężenie homocysteiny, kwasu metylomalonowego lub obu; morfologia krwi,  W trakcie trwania ciąży – w zależności od wskazań klinicznych
Ocena gęstości mineralnej kości	Tylko w wypadku wskazań klinicznych lub w sytuacji, gdy pacjent pochodzi z grupy ryzyka choroby kości	Pierwsze badanie DEXA powinno być wykonane w okresie późnej adolescencji, jeżeli wynik DEXA jest nieprawidłowy - wskazane powtórzenie badania po roku (z lub bez zmian w leczeniu). Jeżeli wynik jest nadal zaniżony (ale stabilny) – ponowna kontrola za 1 rok. Jeżeli wynik jest prawidłowy – nie ma potrzeby powtarzania badań. Wykonanie badania zalecane w każdym przypadku wskazań klinicznych.	Wykonanie badania zalecane w każdym przypadku wskazań klinicznych lub w przypadku, gdy pacjent pochodzi z grupy ryzyka choroby kości	Badanie nie jest wskazane

#### 4.2. Warunki realizacji programu polityki zdrowotnej dotyczące personelu, wyposażenia i warunków lokalowych

Zgodnie z art. 48b ust. 1a ustawy z dnia 27 sierpnia 2004 r. o świadczeniach opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych wybór realizatorów lub realizatora programu polityki zdrowotnej opracowanego przez ministra właściwego do spraw zdrowia może nastąpić bez przeprowadzania konkursu ofert jeśli m.in. *program polityki zdrowotnej może być realizowany tylko przez ograniczoną liczbę realizatorów z przyczyn o obiektywnym charakterze i nie jest to wynikiem celowego zawężenia kryteriów lub warunków realizacji programu oraz nie istnieje rozsądne rozwiązanie alternatywne lub rozwiązanie zastępcze.*

Mając na uwadze, iż od początku wprowadzania badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej, podmiotem wiodącym oraz posiadającym największy dorobek naukowy w zakresie przedmiotowym zadań realizowanych w ramach Programu jest IMD, na podstawie art. 48b ust. 1a ustawy z dnia 27 sierpnia 2004 o świadczeniach opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych decyzją Ministra Zdrowia wskazuje się ww. Instytut jako realizatora programu polityki zdrowotnej pn. *Rządowy program badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019 - 2022*.

Należy zaznaczyć, iż IMID posiada:

1. laboratoria badań przesiewowych w kierunku diagnostyki fenyloketonurii, wrodzonej niedoczynności tarczycy, wrodzonego przerostu nadnerczy, mukowiscydozy, rdzeniowego zaniku mięśni, deficytu biotynidazy oraz wrodzonych wad metabolizmu metodą tandemowej spektrometrii mas (MS/MS) w Rzeczypospolitej Polskiej, (umożliwiając jednocześnie monitoring badanych chorób przez zawarte umowy współpracy z innymi laboratoriami);
2. doświadczenie w organizacji i wykonywaniu badań przesiewowych noworodków w kierunku fenyloketonurii, wrodzonej niedoczynności tarczycy, wrodzonego przerostu nadnerczy, mukowiscydozy, rdzeniowego zaniku mięśni, deficytu biotynidazy oraz wrodzonych wad metabolizmu metodą tandemowej spektrometrii mas (MS/MS);
3. doświadczenie w prowadzeniu centralnego rejestru noworodków objętych badaniami przesiewowymi z zastosowaniem kodowanej, elektronicznej transmisji danych z ośrodków biorących udział w Programie, z zabezpieczeniem danych, zgodnie z aktualnie obowiązującymi aktami prawnymi;
4. bazę i kadre diagnostów i klinicystów, umożliwiającą realizację Programu.

Do zadań wskazanego realizatora w ramach Programu należeć będzie:

- a) prowadzenie krajowego rejestru badań przesiewowych noworodków, na podstawie danych z rejestrów poszczególnych laboratoriów przesiewowych, z zapewnieniem ochrony danych osobowych;
- b) prowadzenie nadzoru nad badaniami przesiewowymi dla całego kraju;
- c) prowadzenie, we współpracy z innymi ośrodkami, prac naukowo-badawczych w celu przygotowania do wdrożenia badań przesiewowych dla kolejnych chorób dla całej populacji;
- d) zapewnienie specjalistycznej diagnostyki potwierdzającej u dzieci wzywanych z chorobami wrodzonymi oraz kontroli leczenia zgodnie z przyjętym planem;
- e) monitorowanie ciągłości opieki/leczenia nad dziećmi wykrytymi i zdiagnozowanymi w badaniu przesiewowym;

- f) prowadzenie szkoleń dla lekarzy i diagnostów laboratoryjnych i techników w zakresie metod prowadzenia badań przesiewowych oraz diagnostyki i leczenia dzieci wykrytych tymi badaniami.

## **V. Sposób monitorowania i ewaluacji programu polityki zdrowotnej**

### **5.1. Monitorowanie**

Monitorowanie zadań Programu odbywać się w cyklu miesięcznym oraz kwartalnym w formie sprawozdań merytoryczno-finansowych przekazywanych przez realizatora do komórki organizacyjnej Ministerstwa Zdrowia odpowiadającej za nadzór nad Programem.

- 1) sprawozdania miesięczne uwzględniać powinny:
  - a) liczbę przeprowadzonych poszczególnych badań przesiewowych oraz ich koszt,
  - b) liczbę zakupionych testów i odczynników niezbędnych do przeprowadzenia badań z przedłożeniem przez realizatora ich kosztu oraz dokumentów potwierdzających zakup;
- 2) sprawozdania kwartalne uwzględniać powinny informacje z zakresu zadań związanych z koordynacją Programu, w tym:
  - a) liczbę noworodków, u których wykryto daną chorobę w ramach badań prowadzonych ze środków Programu,
  - b) liczbę odmów wykonania badania przesiewowego z uwzględnieniem powodu odmowy (przyczyny odmowy powinny zostać ustandaryzowane przez Realizatora),
  - c) liczbę zorganizowanych/przeprowadzonych szkoleń przez pracowników Instytutu – z uwzględnieniem liczby osób biorących w szkoleniach oraz wskazaniem wykonywanego zawodu,
  - d) liczbę konferencji w których udział czynny brali pracownicy Instytutu – z uwzględnieniem nazwy wydarzenia, terminu i miejsca,
  - e) informacje na temat podjętych działań promocyjnych o tematyce badań przesiewowych – z uwzględnieniem liczby oraz rodzaju wyprodukowanych materiałów oraz liczby szpitali, do których materiały te zostały rozdysponowane,
  - f) informacje o wszelkich problemach i innych okolicznościach, które pojawiły się w trakcie organizacji badań i mogły zakłócić prawidłową realizację zadań zaplanowanych w ramach Programu.

3. Sprawozdania roczne uwzględniać powinny informacje z zakresu zadań związanych z koordynacją Programu, w tym dodatkowo:
  - a) informacje na temat okresowego ankietowania losowej populacji kobiet rodzących;
  - b) informacje na temat uwag, propozycji i skarg rodziców/ opiekunów prawnych przesyłanych na wskazany adres mailowy (również adres pocztowy)

Zakłada się, iż maksymalny udział procentowy kosztów pośrednich w całkowitym koszcie realizacji zadań wynosi 15%. Przez koszty pośrednie rozumie się koszty zarządzania realizacją zadania (koszty obsługi kadrowej, finansowej, administracyjnej, sekretariatu, obsługi prawnej). Koszty te zostaną odpowiednio określone w zawartej umowie.

Ponadto, realizator zostanie zobowiązany umową do prowadzenia odrębnej ewidencji księgowej co umożliwi zachowanie zasady przejrzystości wydatkowania środków publicznych.

## 5.2. Ewaluacja

Ewaluacja Programu będzie opierać się na liczbie przeprowadzonych badań przesiewowych w porównaniu do liczby urodzeń z uwzględnieniem liczby odmów wykonania badania oraz liczby wykrytych chorób w badaniach przesiewowych w danym roku kalendarzowym. Docelową wartością będzie utrzymanie poziomu z lat ubiegłych, gdzie objęto badaniami 99,99% populacji noworodków w każdym roku realizacji Programu.

Ewaluacja Programu w kontekście badań przesiewowych w kierunku SMA będzie opierać się na:

1. Ocenie różnicy wieku postawienia diagnozy w okresie sprzed i po wprowadzeniu SMA do przesiewu  
Dane literaturowe wskazują, że opóźnienie w rozpoznaniu rdzeniowego zaniku mięśni wynosi odpowiednio 3,6 miesiąca w przypadku SMA1, 14,3 miesiąca w przypadku SMA2 i 43,6 miesiąca w przypadku SMA3. Oznacza to, że choroba jest rozpoznawana w zaawansowanym stadium, w którym doszło do nieodwracalnych zmian w obrębie obwodowego układu nerwowego. Tym samym potencjalny efekt terapii jest znacznie obniżony.

W ramach programu oceniany będzie wiek postawienia diagnozy wstępnej (szacowany okres wyniku badania przesiewowego 10 doba życia) i ostatecznej (szacowany okres uzyskania wyniku weryfikującego metodą MLPA z drugiego pobrania- 18 doba życia)

2. Ocenie różnicy w liczbie diagnozowanych przypadków SMA

W latach 2011-2015 w Polsce zdiagnozowano 240 pacjentów chorych na SMA. W 2015 roku rdzeniowy zanik mięśni rozpoznano u 54 pacjentów (Verhaart 2017). W ramach Programu Badań Przesiewowych identyfikowane będą wszystkie noworodki z obualeliczną delecją eksonu 7 genu SMN1 (czyli około 98% pacjentów chorych na SMA). Umożliwi to rzeczywistą ocenę epidemiologii SMA w Polsce.

3. Ewaluacja będzie również opierać się na liczbie przeprowadzonych badań przesiewowych w porównaniu do liczby urodzeń z uwzględnieniem liczby odmów wykonania badania oraz liczby wykrytych chorób w badaniach przesiewowych w danym roku kalendarzowym. Docelową wartością będzie utrzymanie poziomu uzyskanego w Programie dla lat ubiegłych, gdzie objęto badaniami 99,99% populacji noworodków w każdym roku realizacji Programu.

Ponadto w ewaluacji brana będzie pod uwagę wstępna ocena porównawcza stanu zdrowia dzieci leczonych przez okres 12 miesięcy, na podstawie monitorowania leczenia, w dwóch grupach: grupa z rozpoznania klinicznego z grupą dzieci diagnozowanych w programie badań przesiewowych. Celem programu badań przesiewowych noworodków jest wczesna diagnoza i umożliwienie wprowadzenia wczesnego leczenia. Wczesna diagnoza sama w sobie nie modyfikuje przebiegu choroby. Przebieg choroby modyfikuje wczesna diagnoza razem z wczesnym wprowadzeniem leczenia. Celem badań przesiewowych nie jest ocena efektywności leczenia. Efektywność leczenia oceniana jest niezależnie, w przypadku SMA - w ramach Programu Lekowego Ministerstwa Zdrowia „Leczenie rdzeniowego zaniku mięśni” B102.

Na ocenę sukcesu Programu składać się będzie również liczba personelu medycznego, która została przeszkolona oraz liczba konferencji o tematyce badań przesiewowych, podczas których swój czynny udział brali pracownicy IMID.

Sukcesem realizowanej edycji Programu badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej będzie również skrócenie średniego czasu transportu próbki krwi ze szpitala do laboratorium (dostawa przesyłki na następny dzień roboczy), który dla całego kraju średnio wynosi 4 dni oraz opracowanie i wdrożenie nowego modelu zintegrowanych badań przesiewowych.

## VI. Budżet programu polityki zdrowotnej

### 6.1. Koszty jednostkowe oraz całkowite

#### PROGNOZOWANY KOSZTORYS REALIZACJI PROGRAMU BADAŃ PRZESIEWOWYCH NOWORODKÓW W POLSCE NA ROK 2019 (wydatki bieżące)<sup>1</sup>

<b>Koszty laboratoryjne:</b>			
Lp.	Rodzaj badania	Koszt jednostkowy (bez kosztu testów) PLN	Łączny koszt badań PLN
1	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonej niedoczynności tarczycy (400 tys. badań)	9,86	3 944 000
2	Badania przesiewowe w kierunku Fenylketonurii (423 tys. badań)	7,74	3 274 020
3	Badania przesiewowe w kierunku mukowiscydozy (400 tys. badań)	11,77	4 708 000
4	Badania przesiewowe w kierunku rzadkich wad metabolizmu - MS/MS (400 tys. badań)	13,13	5 252 000
5	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy (400 tys. badań)	8,33	3 332 000
6	Badania przesiewowe w kierunku deficytu biotynidazy (400 tys. badań)	3,27	1 308 000
<b>Razem:</b>			<b>21 818 020</b>
<b>Koszt testów diagnostycznych i odczynników (zawiera VAT 8% lub 23%):</b>			
7	Koszt testów diagnostycznych i odczynników do badań przesiewowych noworodków zgodnie z Programem		<b>11 706 580</b>
<b>Koszty ogólnokrajowe oraz koordynacja i monitorowanie programu:</b>			
8	Prowadzenie rejestru noworodków - baza danych, baza monitorowania leczenia chorych leczonych wykrytych w badaniach przesiewowych (Centralny Rejestr Badań Przesiewowych Noworodków)		66 755
9	Korespondencja, przesyłki, łączność elektroniczna		27 216
10	Szkolenia, konferencje, delegacje krajowe		31 837
11	Opracowanie treści oraz grafiki na stronę internetową oraz do materiałów edukacyjnych		28 756

<sup>1</sup> W roku 2019 plan finansowy programu po zmianach wynosił 32 003 882,10 zł.

<b>12</b>	Koszty osobowe	156 618
<b>13</b>	Opracowanie oraz druk ulotek, materiałów informacyjnych, plakatów, instrukcji, etykiet z kodem.	179 725
<b>14</b>	Transport próbek krwi ze szpitali do ośrodków przesiewowych w całym kraju (ok. 170 tys. przesyłek w roku)	2 200 000
<b>Razem:</b>		<b>2 690 907</b>
<b>Koszt całkowity badań przesiewowych w 2019 r.</b>		<b>36 215 507</b>

**PROGNOZOWANY KOSZTORYS REALIZACJI PROGRAMU BADAŃ PRZESIEWOWYCH NOWORODKÓW W POLSCE NA ROK 2020 (wydatki bieżące)<sup>2</sup>**

Koszty laboratoryjne:			
Lp.	Rodzaj badania	Koszt jednostkowy (bez kosztu testów) PLN	Łączny koszt badań PLN
1	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonej niedoczynności tarczycy (400 tys. badań)	10,15	4 060 000
2	Badania przesiewowe w kierunku Fenyloketonurii (423 tys. badań)	7,96	3 367 080
3	Badania przesiewowe w kierunku mukowiscydozy (400 tys. badań)	12,11	4 844 000
4	Badania przesiewowe w kierunku rzadkich wad metabolizmu - MS/MS (400 tys. badań)	13,51	5 404 000
5	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy (400 tys. badań)	8,57	3 428 000
6	Badania przesiewowe w kierunku deficytu biotynidazy (400 tys. badań)	3,36	1 344 000
<b>Razem:</b>			<b>22 447 080</b>
<b>Koszt testów diagnostycznych i odczynników (zawiera VAT 8% lub 23%):</b>			
7	Koszt testów diagnostycznych i odczynników do badań przesiewowych noworodków zgodnie z Programem		<b>12 046 071</b>
<b>Koszty ogólnokrajowe oraz koordynacja i monitorowanie programu:</b>			
8	Prowadzenie rejestru noworodków - baza danych, baza monitorowania leczenia chorych leczonych wykrytych w badaniach przesiewowych (Centralny Rejestr Badań Przesiewowych Noworodków)		68 691

<sup>2</sup> W roku 2020 plan finansowy programu po zmianach wynosił 33 592 458,00 zł.



9	Korespondencja, przesyłki, łączność elektroniczna	28 005
10	Szkolenia, konferencje, delegacje krajowe	32 760
11	Strona internetowa, materiały edukacyjne	29 590
12	Koszty osobowe	161 160
13	Druk ulotek, materiałów informacyjnych, plakatów, instrukcji, etykiet z kodem.	184 937
14	Transport próbek krwi ze szpitali do ośrodków przesiewowych w całym kraju (ok. 170 tys. przesyłek w roku)	2 263 800
<b>Razem:</b>		<b>2 768 943</b>
<b>Koszt całkowity badań przesiewowych w 2020 r.</b>		<b>37 262 094</b>

**PROGNOZOWANY KOSZTORYS REALIZACJI PROGRAMU BADAŃ  
PRZESIEWOWYCH NOWORODKÓW W POLSCE NA ROK 2021 (wydatki  
bieżące)**

<b>Koszty laboratoryjne:</b>			
Lp.	Rodzaj badania	Koszt jednostkowy (bez kosztu testów) PLN	Łączny koszt badań PLN
1	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonej niedoczynności tarczycy (356 000 badań)	10,44	3.716.640
2	Badania przesiewowe w kierunku fenyloketonurii (389 000 badań)	8,19	3.185.910
3	Badania przesiewowe w kierunku mukowiscydozy (356 000 badań)	12,46	4.435.760
4	Badania przesiewowe w kierunku rzadkich wad metabolicznych - MS/MS (356 000 badań)	13,90	4.948.400
5	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy (356 000 badań)	8,82	3.139.920
6	Badania przesiewowe w kierunku deficytu biotynidazy (352 000 badań)	3,46	1.217.920
7	Badania przesiewowe w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (141 000 badań) <sup>3</sup>	10,83	1.527.030
<b>Razem:</b>			<b>22.171.580</b>
<b>Koszt testów diagnostycznych i odczynników na rok 2021 i I kwartał 2022 (Zawiera VAT 8% lub 23%):</b>			
7	Koszt testów diagnostycznych i odczynników do badań przesiewowych noworodków zgodnie z Programem		<b>14.554.000</b>
<b>Koszty ogólnokrajowe oraz koordynacja i monitorowanie programu:</b>			

<sup>3</sup> W roku 2021 badania będą prowadzone w województwach: mazowieckim, lubelskim, łódzkim, podlaskim, warmińsko – mazurskim, zachodnio – pomorskim, pomorskim, kujawsko – pomorskim, lubuskim i wielkopolskim.

8	Prowadzenie rejestru noworodków	85.200
9	Korespondencja, przesyłki, łączność elektroniczna	28.810
10	Szkolenia, konferencje, delegacje krajowe	33.710
11	Opracowanie treści oraz grafiki na stronie internetowej oraz do materiałów informacyjnych	38.400
12	Koszty osobowe	165.830
13	Opracowanie oraz druk ulotek, materiałów informacyjnych, plakatów, instrukcji, etykiet z kodem.	167.800
14	Transport próbek krwi ze szpitali do ośrodków przesiewowych w całym kraju	2.380.000
<b>Razem:</b>		<b>2 899 750</b>
<b>Koszt całkowity badań przesiewowych w 2021 r.</b>		<b>39.625.330</b>

**Planowany koszt badań przesiewowych w kierunku SMA – 2021r.**

Poz.	Rodzaj kosztu	Cena za 1 noworodka*	Koszt badania <b>141 000</b> noworodków
1	Koszt laboratoryjny	10,83zł	1 527 030zł
2	Koszt testów i odczynników	13,86zł*	1 954 260zł
3	Suma	24,69	3 481 290,00 zł

**PROGNOZOWANY KOSZTORYS REALIZACJI PROGRAMU BADAŃ  
PRZESIEWOWYCH NOWORODKÓW W POLSCE NA ROK 2022 (wydatki bieżące)**

<b>Koszty laboratoryjne:</b>			
Lp.	Rodzaj badania	Koszt jednostkowy (bez kosztu testów) PLN	Łączny koszt badań PLN
1	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonej niedoczynności tarczycy (356 000 badań)	10,74	3.823.440
2	Badania przesiewowe w kierunku fenyloketonurii (389 000 badań)	8,43	3.279.270
3	Badania przesiewowe w kierunku mukowiscydozy (356 000 badań)	12,82	4.563.920

4	Badania przesiewowe w kierunku rzadkich wad metabolicznych - MS/MS (356 000 badań)	14,30	5.090.800
5	Badania przesiewowe w kierunku wrodzonego przerostu nadnerczy (356 000 badań)	9,08	3.232.480
6	Badania przesiewowe w kierunku deficytu biotynidazy (356 000 badań)	3,56	1.267.360
7	Badania przesiewowe w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (274 000 badań) <sup>4</sup>	11,15	3.055.100
<b>Razem:</b>			<b>24.312.370</b>
<b>Koszt testów diagnostycznych i odczynników na rok 2022 i I kwartał 2023 (Zawiera VAT 8% lub 23%) :</b>			
7	Koszt testów diagnostycznych i odczynników do badań przesiewowych noworodków w 2022 oraz na zabezpieczenie badań w I kwartale 2023		<b>16.451.000</b>
<b>Koszty ogólnokrajowe oraz koordynacja i monitorowanie programu:</b>			
8	Prowadzenie rejestru noworodków		87.600
9	Korespondencja, przesyłki, łączność elektroniczna		29.640
10	Szkolenia, konferencje, delegacje krajowe		34.680
11	Opracowanie treści oraz grafiki na stronę internetową oraz do materiałów informacyjnych		39.120
12	Koszty osobowe		170.760
13	Opracowanie oraz druk ulotek, materiałów informacyjnych, plakatów, instrukcji, etykiet z kodem.		172.800
14	Transport próbek krwi ze szpitali do ośrodków przesiewowych w całym kraju		2.451.360
<b>Razem:</b>			<b>2.985.960</b>
<b>Koszt całkowity badań przesiewowych w 2022 r.</b>			<b>43.749.330</b>

**Planowany koszt badań przesiewowych w kierunku rdzeniowego zaniku mięśni (SMA – 2022)**

Poz.	Rodzaj kosztu	Cena za 1 noworodka*	Koszt badania 274 000 noworodków
1	Koszt laboratoryjny	11,15zł	3 055 100zł

<sup>4</sup> W roku 2022 badania będą prowadzone na terenie całej Polski zgodnie z określonym w programie harmonogramem.

2	Koszt testów i odczynników <sup>5</sup>	14,28zł*	3 912 720 zł
3	Suma	25,43	6 967 820 zł

## 6.2 . Źródło finansowania

Badania przesiewowe noworodków nie należą do badań standardowych, dla których wypracowano stałe normy i standardy diagnostyczne oraz lecznicze, lecz są ciągle rozwijanym, specjalistycznym działem chemii klinicznej, czego dowodem są setki publikacji naukowych oraz specjalistyczne konferencje poświęcone stale doskonalonej metodyce i technice przesiewowej, a nawet poszczególnym chorobom, np. mukowiscydozie. Program badań przesiewowych wymaga dostosowywania do najnowszych osiągnięć nauki oraz poszerzania przez wprowadzanie badań w kierunku kolejnych chorób wrodzonych, dlatego powinien być finansowany przez ministra właściwego do spraw zdrowia, a nie Narodowy Fundusz Zdrowia. Program badań przesiewowych w innym systemie finansowania byłby zatrzymany na obecnym etapie rozwoju i nie obejmowałby nowych chorób spełniających kryteria określone przez Światową Organizację Zdrowia oraz rekomendowanych przez ekspertów z European Union Network of Experts on Newborn Screening.

Badania przesiewowe, powinny być zakwalifikowane, jako stałe działanie profilaktyczne w ochronie zdrowia, analogicznie do większości krajów europejskich, w których nie ocenia się już zasadności finansowania, a programy są finansowane przez Ministerstwo Zdrowia lub analogiczne jednostki rządowe. Ze względu na konieczność dostosowania się do szybkiego postępu w świecie, badania przesiewowe powinny być prowadzone w dotychczasowej formie organizacyjnej, jako program zdrowotny Ministra Zdrowia.

Mając na uwadze powyższe oraz fakt, iż działania podejmowane w ramach Programu stanowią realizację jednego z priorytetów zdrowotnych określonych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 27 lutego 2018 r. w sprawie priorytetów zdrowotnych (Dz.U. poz. 469) – *poprawa jakości skuteczności opieki okołoporodowej oraz opieki zdrowotnej nad matką, noworodkiem i dzieckiem do lat 3*, Program w 100% finansowany będzie ze środków będących w dyspozycji ministra właściwego do spraw zdrowia, w ramach części 46 – Zdrowie, dział 851 – Ochrona zdrowia, rozdział 85149 – Programy polityki zdrowotnej.

---

<sup>5</sup> Koszt testów i odczynników może ulec zmianie w wyniku postępowania przetargowego. Rozliczenie kosztu przez wykonawcę (Instytut Matki i Dziecka) następuje na podstawie sprawozdania i faktur zakupu

W przedstawionym kosztorysie uwzględniono projekt inflacji Narodowego Banku Polskiego z dnia 16 lipca 2018 r., która określa poziom inflacji do 2020 r., z uwzględnieniem stałych stóp procentowych. Przyjęto poziom inflacji dla 2019 r. na poziomie – 2,7%, 2020 – 2,9% (51). W dalszych latach, ze względu na brak danych, przyjęto poziom z 2020 r. Należy zaznaczyć, iż ostateczny kosztorys na 2019 r. wraz z planowanymi środkami niezbędnymi do realizacji Programu w latach 2020-2022 zostanie określony w umowach (oddzielnie w zakresie realizacji badań, zakupu testów i odczynników oraz koordynacji) zawartych z realizatorem Programu na początku 2019 r. Natomiast wysokość środków przeznaczonych na realizację Programu w kolejnych latach (2020-2022) zostanie ostatecznie określona w aneksach do umów, zawieranych również na początku każdego roku. Należy mieć na uwadze, iż ostateczna wysokość środków przeznaczona na realizację Programu zależy przede wszystkim od prognozowanej liczby urodzeń na dany rok.

## Bibliografia

1. *Eur. J. Hum. Genet.* 2014, 22, 12–17 „A framework to start the debate on neonatal screening policies in the EU: an Expert Opinion Document.” Martina C. Cornel, Tessel Rigter, Stephanie S. Weinreich, et All
2. *J. Inher. Met. Dis.*, 2011, 34, S1-S16, „Suppl. 1 „Prevention of Congenital Diseases. Screening Newborns: Current State and Future Challenges.”
3. *EU Network of experts on newborn screening* 06.01.2012 EU Tender “Evaluation of population newborn screening practices for rare disorders in Member States of the European Union” Martina Cornel, Tessel Rigter, Stephanie Weinreich, et all
4. *J. Clin. Endocrin. & Metab.*, 2002, 87(9), 4106–4110 „High Reliability of Neonatal Screening for Congenital Adrenal Hyperplasia in Switzerland.” Michael Steigert, Eugen J. Schoenle, Anna Biason-Lauber
5. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, 2012, 58(4), 459-464 „Neonatal screening for congenital adrenal hyperplasia.” Cristina Botelho Barra, Ivani Novato Silva, Isabela Leite Pezzuti1, et all
6. *A J. Med. Screen.*, 1998, 5, 24 „Congenital adrenal hyperplasia and early newborn screening: 17 $\alpha$ -hydroxyprogesterone (17 $\alpha$ -OHP) during the first days of life.” L Gruñeiro de Papendieck, L Prieto, A Chiesa, S Bengolea and C Bergadá
7. *Vademecum metabolicum*, 3<sup>rd</sup> Edition 2011, J. Zschocke, G. F. Hoffmann.
8. *Laboratory diagnosis of Inherited Metabolic Disease*, U. Garg, L.D. Smith, B.A. Heese, AACCC Press, 2012
9. *Scriver's Online Metabolic & Molecular Bases of Inherited Disease*. Mc Graw-Hill, publ. Jan. 2006, update March 2011. <http://www.ommbid.com>
10. *Atlas of Metabolic Diseases*, W. L. Nyhan, P.T. Ozand, Chapman & Hall Medical, 1998
11. *J. Inher. Met. Dis.*, 2010, 33, Suppl. 2, S205-S210 „Expanded newborn screening: reducing harm, assessing benefit.” B. Wilcken
12. *Mol. Genet. Metab.*, 2012, 106, 430–438 „Glutaric acidemia Type 1: Outcomes before and after expanded newborn screening” K. Viau, S. L. Ernst, R. J. Vanzo, et al
13. *J. Inher. Met. Dis.*, 2011, 34, 677-694 „Diagnosis and management of glutaric aciduria type I – revised recommendations.” S. Kölker, E. Christensen, J.V. Leonard, et al
14. *Lancet* 2007, 369, 37-42, Wilcken B, Haas M, Joy P, et al Outcome of neonatal screening for medium chain acyl-CoA dehydrogenase deficiency in Australian cohort study.
15. *J. Inher. Metab. Dis.*, 2011, 34, 185-195 „Urgent metabolic service improves survival in Longchain 3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase (LCHAD) deficiency detected by symptomatic

- identification and pilot newborn screening.” J.Sykut-Cegielska, W.Gradowska, D.PiekutowskaAbramczuk, et al.
16. *Pediatrics*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006, Kubicka K., Kawał
  17. *Profilaktyka w pediatrii*, 2008, red. Woynarowska B.
  18. *Pediatrics* 1963, 32(3), 338 “A simple phenylalanine method for detecting phenylketonuria in a large population of newborn infants.” Guthrie R. Suzi A.
  19. *Eur. J. Pediatr.*, 1966 Jul., 155, suppl.1. 53 “Longitudinal study on early diagnosis and treatment of phenylketonuria in Poland.” Cabalska M.B. i wsp.
  20. *Adv. Pediatr.* 1992; 39:35-70 “Newborn screening for cystic fibrosis”. Farrell P.M, Mischler E.M.
  21. *Pulmonology*, 2008, „Lung Function Not Impaired in [Screened] Newborns with Cystic Fibrosis.” T.Neale
  22. *Mol. Genet. and Metab.*, 2006, 88, 166–170 „VLCAD deficiency: Pitfalls in newborn screening and cofirmation of diagnosis by mutation analysis.” A. Boneh, B.S. Andresen, N. Gregersen, M. Ibrahim, N. Tzanakos, H. Peters, J. Yapfite-Lee, J.J. Pitt
  23. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2010, 95, 4133-4160 „Congenital Adrenal Hyperplasia Due to Steroid 21-hydroxylase Deficiency: An Endocrine Society Clinical Practice guideline.” P.W. Speiser, R. Azizz, L.S. Baskin et All
  24. *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes. Obes.* 2011,18(3), 166–170. „Congenital adrenal hyperplasia: an update in children.” Christine M. Trapp, Phyllis W. Speiser, and Sharon E. Oberfield,
  25. *Clin. Chem.*, 1984, 30/1, 125-127 „A Screening Method for Biotinidase Deficiency in Newborns.” Gregory S. Heard, Julie R. Secor McVoy, and Barry Wolf
  26. *Genet. IN Med.*, 2010, 12, 7, „Technical standards and guidelines for the diagnosis of biotinidase deficiency.” Tina M. Cowan, Miriam G. Blitzer, and Barry Wolf
  27. *Clin. Chim. Acta*, 2006, 369, 35–39 „Qualitative colorimetric ultramicroassay for the detection of biotinidase deficiency in newborns.” E. C. Gonzalez, N. Marrero, A. Fro´meta, et all
  28. *Eur. J. Human. Genet.*, 2012,1-6 „Newborn screening for cystic fibrosis: polish 4 years' experience with CFTR sequencing startegy.” A.Sobczyńska-Tomaszewska, M.Ołtarzewski, K. Czerska, et all.
  29. *Genetics in Medicine, Vol. 11,NO 6, June 2009*, Newborn screening a a system from birth through lifelong care. Linda L. McCabe, Edward R.B McCabe.
  30. *Clin.Endocrinol.*, 2012, 76, 4, 465-466 „Endocrine Society Congenital Adrenal Hyperplasia Guidelines. Great Content But How to Deliver?” P.C. Hindmarsh

31. *J. Inher. Met. Dis.*, 2011, 34, S1-S16, „Suppl. 1 „Prevention of Congenital Diseases. Screening Newborns: Current State and Future Challenges.”
32. *Genet Med.* 2009 Jun;11(6):418-24. [Hinman AR](#), [Mann MY](#), [Singh RH](#); [NDBS Business Process Analysis Workgroup](#) Newborn dried bloodspot screening: mapping the clinical and public health components and activities.
33. *Clin. Chem.*, 2001, 47:11, 1945–1955 „Tandem Mass Spectrometric Analysis for Amino, Organic, and Fatty Acid Disorders in Newborn Dried Blood Spots: A Two-Year Summary from the New England Newborn Screening Program.” Thomas H. Zytovicz, Eileen F. Fitzgerald, Deborah Marsden, et al
34. *J. Inher. Met. Dis.*, 2010, 33, 501-506 „Fatty Acid Oxidation disorders: outcome and long-term prognosis.” B. Wilcken
35. *J. Inher. Met. Dis.*, 2010, 33, 467-468 „Update on mitochondrial fatty acid oxidation disorders”. U. Spiekerkoetter, E. Mayatepek.
36. *J. Inher. Met. Dis.*, 2010, 33, 469-477 „A general introduction to the biochemistry of mitochondrial fatty acid  $\beta$ -oxidation.” S. M. Houten, R.J.A. Wandres
37. *J. Inher. Met. Dis.*, 2010, 33, 521–526 „Newborn screening for disorders of fatty-acid oxidation: experience and recommendations from an expert meeting.” M. Lindner, G. F. Hoffmann, D. Matern
38. *Ped.*, 2009, 124, e241-e249 „Expanded Newborn Screening: Outcome in Screened and Unscreened Patients at Age 6 Years.” Bridget Wilcken, Marion Haas, Pamela Joy, et al
39. *Eur. J. Endocrinology*, 2004, 151, U71–U75 „Neonatal screening for congenital adrenal hyperplasia.” Hetty J van der Kamp and Jan M Wit
40. *Semin. in Neonat.*, 2004, 9, 75–85 „Screening for neonatal endocrinopathies: rationale, methods and results.” Guy Van Vlieta, Paul Czernichow
41. *Pediatrics Polska*, 2003, LXXVIII, 4, 265-271 „Skrining selektywny w kierunku wrodzonych wad metabolizmu – rola badania profilu kwasów organicznych w moczu metodą GC-MS oraz badania profilu acylokarnityn i aminokwasów w suchej kropli krwi metodą MS/MS.” E. Pronicka, M. Ołtarzewski, W. Gradowska, et al
42. *Genet Med.* 2011 Oct;13(10):861-5. [Hinton CF](#), [Feuchtbaum L](#), [Kus CA](#), [Kemper AR](#), [Berry SA](#), [Levy-Fisch J](#), [Luedtke J](#), [Kaye C](#), [Boyle CA](#). What questions should newborn screening long-term follow-up be able to answer? A statement of the US Secretary for Health and Human Services' Advisory Committee on Heritable Disorders in Newborns and Children.



43. *J. Amer. College of Med. Genet.*, 2006, 8, S1-S11, „Newborn Screening: Toward a Uniform Screening Panel and System.” Michael S. Watson, PhD, Marie Y. Mann, MD, MPH, Michele A. Lloyd-Puryear, MD, PhD, Piero Rinaldo, MD, PhD, and R. Rodney Howell, MD
44. *J. Inher. Met. Dis.*, 2002, 25, 605-627 „Phenylketonuria – Present Knowledge and Future Challenges.”
45. *Orphanet J Rare Dis.* 2014 Sep 2;9:130. Baumgartner MR, Hörster F, Dionisi-Vici C, Haliloglu G, Karall D, Chapman KA, Huemer M, Hochuli M, Assoun M, Ballhausen D, Burlina A, Fowler B, Grünert SC, Grünewald S, Honzik T, Merinero B, Pérez-Cerdá C, Scholl-Bürgi S, Skovby F, Wijburg F, MacDonald A, Martinelli D, Sass JO, Valayannopoulos V, Chakrapani A. [Proposed guidelines for the diagnosis and management of methylmalonic and propionic acidemia.](#)
46. *J Inherit Metab Dis.* 2016 May;39(3):341-53 Heringer J, Valayannopoulos V, Lund AM, Wijburg FA, Freisinger P, Barić I, Baumgartner MR, Burgard P, Burlina AB, Chapman KA, I Saladelafont EC, Karall D, Mühlhausen C, Riches V, Schiff M, Sykut - Cegielska J, Walter JH, Zeman J, Chabrol B, Kölker S; additional individual contributors of the E-IMD consortium. [Impact of age at onset and newborn screening on outcome in organic acidurias.](#)
47. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017 Sep Van Spronsen FJ, van Wegber, Ahring, Bélanger Quintana, Blau N, Bosch AM, Burlina A, Campistol J, Feillet F, Giżewska M, Huijbregts SC, Kearney S, Leuzzi V, Maillot F, Muntau AC, Trefz FK, van Rijn M, Walter JH, MacDonald A. Key European guidelines for the diagnosis and management of patients with phenylketonuria.
48. Al-Zaidy S, Pickard AS, Kotha K i wsp: Health outcomes in spinal muscular atrophy type 1 following AVXS-101 gene replacement therapy. *Pediatr Pulmonol.* 2019; 54(2):179-185.
49. Bach JR, Saltstein K, Sinqee D, Weaver B, Komaroff E. Long-term survival in Werdnig-Hoffmann disease. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007;86(5):339-45
50. Boemer F, Caberg JH, Dideberg V i wsp. (S)un (M)ay (A)rise on SMA: the hope of a region without spinal muscular atrophy. *Rev Med Liege.* 2019;74(9):461-464.
51. Borkowska J, Rudnik - Schoneborn S, Hausmanowa - Petrusiewicz I, Zerres K: Early infantile form of spinal muscular atrophy (Werdnig-Hoffmann disease) with prolonged survival. *Folia Neuropathol.* 2002;40(1):19-26

52. Calucho M, Bernal S, Alías L i wsp.: Correlation between SMA type and SMN2 copy number revisited: an analysis of 625 unrelated Spanish patients and a compilation of 2,834 reported cases. *Neuromuscular Disorders* 2018; 28(3):208-215
53. Chiriboga CA.: Nusinersen for the treatment of spinal muscular atrophy *Expert Rev Neurother.* 2017 ; 17(10): 955-962
54. Chien YH, Chiang SC, Weng WC i wsp. Presymptomatic Diagnosis of Spinal Muscular Atrophy Through Newborn Screening. *J Pediatr.* 2017; 190: 124-129
55. Cure SMA. <https://www.curesma.org/spring-2019-sma-newborn-screening-update>
56. Dangouloff T, Burghes A, Tizzano EF i wsp.: 244<sup>th</sup> ENMC international workshop: Newborn screening in spinal muscular atrophy May 10-12,2019, Hoofddorp, The Netherlands. *Neuromuscul Disord* 2019; doi.org/10.1016/j.nmd.2019.11.002
57. Farrar MA, Park SB, Vucic S i wsp.: Emerging Therapies and Challenges in Spinal Muscular Atrophy. *Ann Neurol.* 2017; 81:355–368.
58. Farrar MA, Vucic S, Johnston HM i wsp.: Pathophysiological insights derived by natural history and motor function of spinal muscular atrophy. *J Pediatr.* 2013; 162(1):155 – 9.
59. Finkel RS, McDermott MP, Kaufmann P i wsp.: Observational study of spinal muscular atrophy type I and implications for clinical trials. *Neurology.* 2014;83(9):810-7
60. Finkel RS, Mercuri E, Darras BT i wsp.: ENDEAR Study Group. Nusinersen versus Sham Control in Infantile-Onset Spinal Muscular Atrophy. *N Engl J Med.* 2017;377(18):1723-1732
61. Jędrzejowska M, Milewski M, Zimowski J i wsp.: Incidence of spinal muscular atrophy in Poland – more frequent than predicted? *Neuroepidemiology* 2010;34:152–157
62. Jędrzejowska M, Wiszniewski W, Zimowski J i wsp.: Application of a rapid noninvasive technique in the molecular diagnosis of spinal muscular atrophy (SMA). *Neurol Neurochir Pol.* 2005;39(2):89-94
63. Jędrzejowska M, Gos M, Zimowski JG, Kostera-Pruszczyk A i wsp.: Novel point mutations in survival motor neuron 1 gene expand the spectrum of phenotypes observed in spinal muscular atrophy patients. *Neuromuscul Disord.* 2014;24(7):617-23
64. Jędrzejowska M, Milewski M, Zimowski J i wsp.: Phenotype modifiers of spinal muscular atrophy: the number of SMN2 gene copies, deletion in the NAIP gene and probably gender influence the course of the disease. *Acta Biochim Pol* 2009; 56:103-

65. Kariyawasam DST, Russell JS, Wiley V i wsp.: The implementation of newborn screening for spinal muscular atrophy: the Australian experience. *Genet Med.* 2019. doi: 10.1038/s41436-019-0673-0.
66. Klug C, Schreiber-Katz O, Thiele S, Schorling E, Zowe J, Reilich P, et al. Disease burden of spinal muscular atrophy in Germany. *Orphanet J Rare Dis* 2016;11:58. doi:10.1186/s13023-016-0424-0.
67. Kraszewski JN, Kay DM, Stevens CF i wsp.: Pilot study of population-based newborn screening for spinal muscular atrophy in New York state. *Genet Med.* 2018;20(6): 608-613
68. Oskoui M, Darras BT, De Vivo DC: Spinal Muscular Atrophy: 125 Years Later and on the Verge of a Cure in Spinal Muscular Atrophy. W: *Disease Mechanism and Therapy* (Red. Sumner Ch. Paushkin S., Chien-Ping Ko). Elsevier 2018.
69. Sugarman EA, Nagan N, Zhu H, Akmaev VR i wsp.: Pan-ethnic carrier screening and prenatal diagnosis for spinal muscular atrophy: clinical laboratory analysis of >72,400 specimens. *Eur J Hum Genet.* 2012; 20(1):27-32
70. Verhaart IE, Robertson A, Leary R i wsp.: A multi-source approach to determine SMA incidence and research ready population. *J Neurol.* 2017, 264(7),1465-73.
71. Vill K, Kölbel H, Schwartz O i wsp.: One Year of Newborn Screening for SMA - Results of a German Pilot Project. *J. Neuromuscul. Dis.* 2019, 6(4), 503-
72. Waldrop MA, Kolb SJ.: Current Treatment Options in Neurology-SMA Therapeutics. *Curr Treat Options Neurol.* 2019; 21(6):25
73. Wilson, JM, Junger, G. *Principles and Practice of Screening for Disease*, Geneva, WHO, 1968
74. Zerres K, Rudnik-Schöneborn S, Forrest E i wsp. : A collaborative study on the natural history of childhood and juvenile onset proximal spinal muscular atrophy (type II and III): 569 patients. *J Neurol Sci.* 1997; 146(1): 67-72
75. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03554343>
76. <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2019/07/23/neonatalscreening-for-spinal-muscular-atrophy>

77. Główny Urząd Statystyczny, *Trwanie życia w Polsce* <http://demografia.stat.gov.pl/bazademografia/TrwanieZycia.aspx> dostęp online z dnia 02.08.2018r.
78. *Nauki o finansach 3(28) 2016 Wydatki gmin z tytułu dopłat do pobytu mieszkańców w zbiorowych gospodarstwach domowych a zmiany demograficzne*, A. Bobrowska, M. Maciejasz-Świątkiewicz.
79. Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, Świadczenie pielęgnacyjne <https://www.mpips.gov.pl/wsparcie-dla-rodzin-z-dziecmi/swiadczenia-rodzinne/rodzaje-i-wysokosc-swadczen-rodzinnych-kryteria-uzyskania-/test-swadczeniapielnacyjne/swiadczenie-pielnacyjne/> dostęp online z dnia 02.08.2018r.
80. *Narodowy Bank Polski - Polityka pieniężna - Projekcje inflacji i PKB – lipiec 2018* [http://www.nbp.pl/home.aspx?f=/polityka\\_pieniezna/dokumenty/projekcja\\_inflacji.html](http://www.nbp.pl/home.aspx?f=/polityka_pieniezna/dokumenty/projekcja_inflacji.html) dostęp online z dnia 27.07.2018r.

**Załączniki do Programu badań przesiewowych noworodków w Rzeczypospolitej Polsce  
na lata 2019-2022**

Załącznik nr 1

WZÓR

**OŚWIADCZENIE O ODMOWIE WYKONANIA BADANIA  
PRZESIEWOWEGO U DZIECKA**

**Nie wyrażam zgody na wykonanie badania przesiewowego, wykonywanego w ramach programu polityki zdrowotnej Ministra Zdrowia, u mojego dziecka:**

.....  
(imię i nazwisko matki dziecka lub opiekuna prawnego, płeć dziecka, data urodzenia)

w szpitalu .....

PESEL            matki            dziecka            lub            opiekuna            prawnego

.....  
**Jednocześnie oświadczam, że zostałam/lem poinformowana/y o celu badań przesiewowych noworodków oraz ewentualnych skutkach zdrowotnych odmowy wykonania tych badań u dziecka.**

**Przyczyna odmowy wykonania badań przesiewowych:**

.....

.....

Imię i nazwisko matki lub opiekuna prawnego, numer PESEL .....

.....

Adres zamieszkania/zameldowania .....

.....

Podpis matki lub opiekuna prawnego: .....

Data: .....

Pieczętka i podpis lekarza: .....

WZÓR

**KARTA DO DOKUMENTACJI PACJENTA (FAOD)**

(wypełnia Zakład Badań Przesiewowych)

Pacjent: ..... ur.

.....

PESEL MATKI LUB OPIEKUNA PRAWNEGO: .....

Podejrzewana choroba:

.....

(w załączeniu nieprawidłowy wynik badania przesiewowego noworodków)

**I. ZALECANA DIAGNOSTYKA SPECJALISTYCZNA OFEROWANA PRZEZ  
ZAKŁAD BADAŃ PRZESIEWOWYCH:**

(badania finansowane ze środków Programu Badań Przesiewowych Noworodków w Rzeczypospolitej  
Polskiej na lata 2019-2022)

1. Jak najszybciej:

..... –powtórne badanie met MS/MS (bibuła z suchymi kroplami krwi)

..... – badanie moczu metoda GCMS (porcja moczu min. 20 ml.)

wypełnienie i przesłanie karty monitorowania – „PIERWSZA WIZYTA”.

2. W przypadku utrzymania podejrzenia:

..... – badanie enzymatyczne (po indywidualnym uzgodnieniu z pracownią)

..... – badanie molekularne

Na każdym etapie diagnostyki możliwy/zalecany kontakt z konsultantem Zakładu Badań Przesiewowych.

**II. MONITOROWANIE:** (badania finansowane ze środków Programu Badań Przesiewowych Noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2022) Dziecko

w stanie stabilnym:

- badanie **met MS/MS** (bibuła z suchymi kroplami krwi): **1x/3 miesiące**

Dziecko w wieku niemowlęcym lub w okresie dekompensacji metabolicznej:

- badanie **met MS/MS** (bibuła z suchymi kroplami krwi): **1-2x w miesiącu**

- badanie **met GCMS** (mocz): **1-2x w miesiącu**

**WSZYSCY PACJENCI:** wypełnienie i przesłanie karty monitorowania – „WIZYTA DZIECKA W WIEKU 1 r. ż.”.

WZÓR

**KARTA DLA ZAKŁADU BADAŃ PRZESIEWOWYCH**

**WIZYTA DZIECKA W WIEKU 1 r. ż. (FAOD)**

(wysłać do Zakładu Badań Przesiewowych, 01-211 Warszawa ul. Kasprzaka 17a)

Pacjent: ..... ur.

.....

PESEL MATKI LUB OPIEKUNA PRAWNEGO: .....

**DATA WIZYTY:** .....

Podjęta choroba:

.....

Rozpoznanie potwierdzone:

.....

**BADANIA POTWIERDZAJĄCE ROZPOZNANIE** (wypełnić o ile były wykonywane poza Zakładem Badań Przesiewowych):

Badania biochemiczne

.....

Badania enzymatyczne

.....

Badania molekularne

.....

**DANE Z OSTATNIEGO ROKU:**

Czy wystąpiły objawy kliniczne choroby: ..... Od kiedy:

.....

Jakie:

.....

Czy były dekompensacje metaboliczne wymagające hospitalizacji ..... Ile razy

.....

.....

Leczenie stosowane aktualnie:

Dietetyczne (jakie?)

.....  
Farmakoterapia

.....  
Inna opieka specjalistyczna

.....  
Inne informacje:

.....  
.....

Pacjent zmarł ..... Kiedy ..... Z jakiej przyczyny

.....

**OŚRODEK MEDYCYNY METABOLICZNEJ OPIEKUJĄCY SIĘ PACJENTEM:**

.....

.....

Data: ..... Podpis lekarza: .....



WZÓR

**KARTA DO DOKUMENTACJI PACJENTA (AA)**

(Wypełnia Zakład Badań Przesiewowych)

Pacjent: ..... ur.

.....

PESEL MATKI LUB OPIEKUNA PRAWNEGO: .....

Podejrzewana choroba:

.....

(w załączeniu nieprawidłowy wynik badania przesiewowego noworodków)

**I. ZALECANA DIAGNOSTYKA SPECJALISTYCZNA OFEROWANA PRZEZ  
ZAKŁAD BADAŃ PRZESIEWOWYCH:**

(badania finansowane ze środków Programu Badań Przesiewowych Noworodków w Rzeczypospolitej  
Polskiej na lata 2019-2022)

1. Jak najszybciej:

..... - powtórne badanie met MS/MS (bibuła z suchymi kroplami krwi)

..... – badanie moczu metoda GCMS (porcja moczu min. 20 ml.)

..... – badanie aminokwasów w osoczu/surowicy (osocze/surowica uzyskane z 1,5 ml. krwi)

wypełnienie i przesłanie karty monitorowania – „PIERWSZA WIZYTA”.

2. W przypadku utrzymania podejrzenia:

..... – badanie enzymatyczne (po indywidualnym uzgodnieniu z pracownią)

..... – badanie molekularne

Na każdym etapie diagnostyki możliwy/zalecany kontakt z konsultantem Zakładu Badań Przesiewowych.

**II. MONITOROWANIE: (badania finansowane ze środków Programu Badań Przesiewowych Noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019-2022) Dziecko**

w stanie stabilnym:

– badanie **met MS/MS** (bibuła z suchymi kroplami krwi): **1x/3 miesiące**

– **aminoacidogram** (osocze/surowica): **1x/3 miesiące**

– badanie **met GCMS** (mocz): **1 x/6 miesięcy**

Dziecko w wieku niemowlęcym lub w okresie dekompensacji metabolicznej:

– badanie **met MS/MS** (bibuła z suchymi kroplami krwi): **1-2x w miesiącu**

– badanie **met GCMS** (mocz): **1-2x w miesiącu**

– **aminoacidogram** (osocze/surowica): **1-2x w miesiącu**

**WSZYSCY PACJENCI:** wypełnienie i przesłanie karty monitorowania – „WIZYTA DZIECKA W WIEKU 1 r.ż.”.

**KARTA DLA ZAKŁADU BADAŃ PRZESIEWOWYCH – PIERWSZA WIZYTA (AA)**

(wysłać do Zakładu Badań Przesiewowych, 01-211 Warszawa ul. Kasprzaka 17a)

Pacjent: ..... ur.

.....

PESEL MATKI LUB OPIEKUNA PRAWNEGO: .....

**DATA WIZYTY:** .....

Podjęta choroba:

.....

.

**WYWIAD:**

Rodzinny:

.....

...

Prenatalny:

.....

...

Okołoporodowy: poród o czasie .....

Przedwczesny.....

Z jakiego powodu

.....

.....

Noworodkowy: dziecko bezobjawowe ..... Wystąpienie objawów: w .....

dobie życia.

Jakie objawy

.....

Inne problemy:

.....

...

Stosowane leczenie:

.....

...

*WZÓR*

**DIAGNOSTYKA:**

Nieprawidłowe wyniki badań podstawowych:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**MATERIAŁ ZAŁĄCZONY DO KARTY:**

- ..... – suche krople krwi na bibule
- ..... – mocz
- ..... – osocze/surowica
- ..... – krew pobrana na EDTA (do badań molekularnych)

Data: .....

Podpis lekarza: .....

**KARTA DLA ZAKŁADU BADAŃ PRZESIEWOWYCH – WIZYTA DZIECKA W WIEKU 1**

**r. ż. (AA)**

(wysłać do Zakładu Badań Przesiewowych, 01-211 Warszawa ul. Kasprzaka 17a)

Pacjent: ..... ur.

.....

PESEL MATKI LUB OPIEKUNA PRAWNEGO: .....

**DATA WIZYTY:** .....

Podjęta choroba:

.....

.

Rozpoznanie potwierdzone:

.....

**BADANIA POTWIERDZAJĄCE ROZPOZNANIE** (wypełnić o ile były wykonywane poza Zakładem Badań Przesiewowych):

Badania biochemiczne

.....

...

Badania enzymatyczne

.....

Badania molekularne

.....

**DANE Z OSTATNIEGO ROKU:**

Czy wystąpiły objawy kliniczne choroby: ..... Od kiedy:

.....

Jakie:

.....

.....

Czy były dekompensacje metaboliczne wymagające hospitalizacji ..... Ile razy

.....

WZÓR

.....  
... Leczenie stosowane aktualnie:

Dietetyczne (jakie?)

.....  
Farmakoterapia

.....  
Inna opieka specjalistyczna

.....  
Inne informacje:

.....  
...

Pacjent zmarł ..... Kiedy ..... Z jakiej przyczyny

.....

**OŚRODEK MEDYCyny METABOLICZNEJ OPIEKUJĄCY SIĘ PACJENTEM:**

.....

Data: .....

Podpis lekarza: .....

**KARTA DLA ZAKŁADU BADAŃ PRZESIEWOWYCH – PIERWSZA WIZYTA (FAOD)**  
(wysłać do Zakładu Badań Przesiewowych, 01-211 Warszawa ul. Kasprzaka 17a)

Pacjent: ..... ur.

.....

PESEL MATKI LUB OPIEKUNA PRAWNEGO:

.....**DATA WIZYTY:**

.....

Podejrzewana choroba:

.....

.

**WYWIAD:**

Rodzinny:

.....

...

Prenatalny:

.....

...

Okoloporodowy: poród o czasie .....

Przedwczesny.....

Z jakiego powodu

.....

...

Noworodkowy: dziecko bezobjawowe .....

Wystąpienie objawów: w ..... dobie życia.

Jakie objawy

.....

Inne problemy:

.....

...

*WZÓR*

Stosowane leczenie:

.....  
...

**DIAGNOSTYKA:**

Nieprawidłowe wyniki badań podstawowych:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**MATERIAŁ ZAŁĄCZONY DO KARTY:**

- ..... – suche krople krwi na bibule
- ..... – mocz
- ..... – krew pobrana na EDTA (do badań molekularnych)

Data: .....

Podpis lekarza: .....



Załącznik nr 8

## WZÓR

### List w sprawie wykonania badania przesiewowego

*miejsowość, data*

Pani

*imię i nazwisko matki dziecka lub opiekuna  
prawnego adres  
do kontaktu*

*Dot.: dziecka .....*

Szanowna Pani,

Otrzymaliśmy informację z *nazwa i adres szpitala*, iż nie wyraziła Pani zgody na wykonanie badań przesiewowych u Pani dziecka urodzonego *data urodzenia dziecka*. Zwracamy się z prośbą o ponowne rozważenie tej decyzji.

Badania przesiewowe noworodków w Rzeczypospolitej Polskiej są wykonywane dla wszystkich noworodków urodzonych w Polsce w ramach programu polityki zdrowotnej Ministra Zdrowia. Badania te są bezpłatne i mają na celu wykrycie takich chorób jak: fenyloketonuria, wrodzona niedoczynność tarczycy, mukowiscydoza, wrodzone wady metabolizmu, wrodzony przerost nadnerczy i deficyt biotynidazy. Choroby te mogą prowadzić do zaburzeń rozwoju, trwałej choroby, ciężkiego upośledzenia umysłowego, a nawet śmierci, czemu można zapobiegać przez rozpoczęcie leczenia w pierwszych miesiącach życia. Objawy tych chorób mogą być początkowo słabo widoczne, dlatego konieczna jest analiza krwi dziecka. Badania przesiewowe nie stanowią żadnego zagrożenia dla dziecka. Szczegółowe informacje o badaniach przesiewowych w Polsce, w tym o chorobach, w kierunku których wykonywane są badania, można znaleźć na stronie <http://przesiew.imid.med.pl> oraz w załączonej ulotce.

Próbki krwi dziecka przesłane na badania wykorzystywane są wyłącznie do wykonania badań przesiewowych noworodków. Badania są oparte o testy biochemiczne. Badania genetyczne są wykonywane jedynie w przypadku konieczności wykonania poszerzonej diagnostyki w kierunku jednej z chorób objętych badaniem przesiewowym. Zgodę na badania genetyczne wyraża matka lub opiekunowie prawni podpisując się na odwrocie bibuły, na którą jest pobrana krew od ich dziecka. W przypadku niewyrażenia zgody na badania genetyczne nie należy podpisywać „zgody” na odwrocie bibuły lub dopisać adnotację: „nie wyrażam zgody na badania genetyczne”. W takim przypadku dziecko będzie miało wykonane badania przesiewowe w kierunku wszystkich badanych chorób, z wykluczeniem ewentualnych dodatkowych badań genetycznych.

Po wykonaniu badań, próbki krwi są przechowywane przez okres 5 lat w celu ewentualnego powtórzenia badań przesiewowych w przypadkach wątpliwości lekarzy lub na uzasadniony wniosek matki lub opiekuna prawnego. Po tym okresie próbki krwi są utylizowane według procedury obowiązującej dla materiału biologicznego zgodnej z przepisami ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2020 r. poz. 797, z późn. zm.) oraz ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2020 r. poz. 755, z późn. zm.).

Jeśli zgadza się Pani na wykonanie badań, w celu pobrania krwi należy zgłosić się do Zespołu Podstawowej Opieki Zdrowotnej, aby pobrać krew od dzieci na bibułkę przesłaną w tym liście o numerze *numer bibuły*. Bibułę z pobraną i wysuszoną krwią prosimy odesłać do laboratorium na adres:

*Nazwa i adres właściwego laboratorium przesiewowego*

Jeżeli nadal nie wyraża Pani zgody na wykonanie badań, proszę podpisać załączone oświadczenie i odesłać na w/w adres.

W przypadku jakichkolwiek wątpliwości, proszę o kontakt z *nazwa laboratorium* pod numerem telefonu: *numery telefonów kontaktowych*.

Z poważaniem