

# Wykorzystanie innowacyjnych technologii w badaniu i ocenie sposobu żywienia

## Use of innovative technologies in the study and assessment of diet

MATEUSZ JACKOWSKI

Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia

W dziedzinie badania i oceny sposobu żywienia, oprócz metod standardowych, coraz częściej wykorzystuje się rozwiązania oparte na innowacyjnych technologiach, zwłaszcza mobilnych. W ostatnich latach przeprowadzono wiele badań, w trakcie których testowano prototypowe rozwiązania w zakresie zwiększenia dokładności danych uzyskiwanych podczas badań sposobu żywienia, a także możliwości późniejszego komercyjnego zastosowania w urządzeniach mobilnych – przede wszystkim w smartfonach i tabletach. Wyniki tych badań wskazują, że umiejętne wykorzystanie innowacyjnych technologii, zwłaszcza w połączeniu z metodami standardowymi, może zwiększyć dokładność oceny sposobu żywienia oraz zmniejszyć koszty gromadzenia i przetwarzania danych żywieniowych – z korzyścią dla pracowników służby zdrowia i dietetyków oraz, co najważniejsze, dla osób potrzebujących skutecznej interwencji dietetycznej.

**Słowa kluczowe:** dietetyka, ocena sposobu żywienia, innowacyjne technologie, smartfon, aplikacja mobilna

In the field of study and assessment of diet, in addition to standard methods, solutions based on modern technologies, especially mobile technologies, are increasingly being used. In recent years, many experiments have been conducted wherein prototype solutions have been tested to increase the accuracy of data obtained during dietary research, as well as the possibility of subsequent commercial applications in mobile devices – primarily in smartphones and tablets. Research results indicate, that taking skilful advantage of innovative technologies, particularly in combination with standard methods, may increase the accuracy of nutrition method assessment, and decrease the costs of gathering and processing nutritional data – benefiting healthcare workers and dietitians, and, most importantly, people in need of effective nutritional intervention.

**Key words:** dietetics, dietary assessment, innovative technologies, smartphone, mobile application

© Hygeia Public Health 2020, 55(4): 142-147

www.h-ph.pl

Nadesłano: 12.10.2020

Zakwalifikowano do druku: 24.12.2020

Adres do korespondencji / Address for correspondence

mgr Mateusz Jackowski

Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia

ul. Krowoderska 73, 31-158 Kraków

tel. 502 85 48 54, e-mail: mateuszjackowski@icloud.com

### Wprowadzenie

Niepokojący wzrost występowania chorób dietozależnych sprawia, że coraz więcej specjalistów z różnych dziedzin – lekarzy, dietetyków, epidemiologów czy osób zajmujących się zdrowiem publicznym – interesuje się skutecznymi metodami badania sposobu żywienia zarówno na poziomie indywidualnym, jak i grupowym. Metody te znajdują zastosowanie w wielu rodzajach badań i analiz, w szczególności zaś przydatne są w poradnictwie dietetycznym – wyniki prawidłowej oceny sposobu żywienia powinny stanowić podstawę porady dietetycznej. Jest to, obok badania ogólnolekarskiego i biochemicznego oraz pomiarów antropometrycznych, jeden z czterech modeli podejścia do kompleksowej oceny stanu odżywienia pacjenta [1, 2].

Intensywny rozwój nauk żywieniowych i innowacyjnych technologii stwarza w dziedzinie badania i oceny sposobu żywienia nowe możliwości. Na całym świecie do powszechnego użytku weszły zaawansowane technologicznie urządzenia multimedialne – komputery osobiste, smartfony i smartwatche oraz tablety. Upowszechnienie się komunikacji internetowej i mobilnej ułatwiło, a także przyspieszyło wymianę informacji oraz transfer danych. Pod koniec 2020 r. ponad 4,6 mld ludzi aktywnie korzystało z Internetu, a liczba użytkowników smartfonów wzrosła w latach 2016-2020 aż o 40% – z 2,5 mld do 3,8 mld (pod koniec 2020 r. miało je prawie 49% światowej populacji). Ocenia się, że smartfony posiada blisko 80% Polaków, a ponad 90% gospodarstw domowych w Polsce dysponuje dostępem do Internetu [3, 4]. Aplikacje na smartfony, komputery i przeglądarki

internetowe są obecnie powszechnie wykorzystywane w licznych dziedzinach współczesnego życia, w tym również w komunikacji zdrowotnej.

### Aplikacje mobilne w dietetyce

W ostatnich latach powstało wiele aplikacji mobilnych stanowiących pomoc w ocenie sposobu żywienia oraz w planowaniu jadłospisów, również w Polsce. Takie aplikacje, jak „Fitatu Licznik Kalorii i Dieta” czy wydane przez Instytut Żywności i Żywienia (IŻŻ) „Asystent Zdrowego Żywienia” (dla osób chcących poznać i wdrożyć zdrową dietę) oraz „Zdrowa Mama” (dla kobiet ciężarnych zmagających się z cukrzycą), stale zyskują na popularności.

Obiecującym rozwiązaniem wydaje się również amerykańska aplikacja mobilna o nazwie *Ate*, która umożliwia fotografowanie i opisywanie posiłków w czasie rzeczywistym. Składa się ona z dwóch modułów. Pierwszym z nich jest aplikacja mobilna do rejestracji posiłków przy użyciu aparatu fotograficznego wbudowanego w smartfon lub w inne urządzenie mobilne – jest on przeznaczony dla użytkowników korzystających z usług dietetyka. Drugi moduł, zaprojektowany z myślą o komputerach osobistych, jest rozbudowaną wersją aplikacji mobilnej – narzędziem dla dietetyków umożliwiającym wygodną obserwację posiłków rejestrowanych przez badane osoby oraz wymianę informacji przy użyciu komunikatora. Oprogramowanie to, oparte na prospektywnej metodzie szacunkowego zapisu spożycia, pozwala na szybką ocenę sposobu żywienia z wykorzystaniem zdjęć posiłków umieszczonych na linii czasu. Dodatkowo *Ate* pozwala na rejestrację innego typu danych: prowadzenie przez badaną osobę notatek; określenie, jaka była okazja lub powód spożycia danego posiłku; ocenę samopoczucia przed posiłkiem i po nim; wskazanie, gdzie i z kim był on spożywany oraz w jakich warunkach; a także w jaki sposób był przygotowywany.

Pomysłowych i skutecznych rozwiązań oraz aplikacji przybywa z każdym dniem.

### Tradycyjne metody badania sposobu żywienia – zalety i wady

Metody oceny sposobu żywienia dzieli się na pośrednie i bezpośrednie. W poradnictwie dietetycznym istotniejsze są metody bezpośrednie. Ze względu na czas, z którego pochodzą dane o spożyciu żywności, metody bezpośrednie dzieli się na retrospektywne i prospektywne. Te pierwsze bazują na przypominaniu sobie przez respondentów spożytych produktów i posiłków. Do najpopularniejszych należą [2, 5]:

- wywiad o spożyciu z ostatnich 24 godzin poprzedzających badanie;
- kwestionariusz częstotliwości spożycia (*Food Frequency Questionnaire* – FFQ) [6];

- kwestionariusz do badania poglądów i zwyczajów żywieniowych (KomPAN; *Questionnaire of Eating Behaviour* – QEB);
- historia żywienia (diety);
- metody jakościowe oceniające poszczególne posiłki lub całodzienne jadłospisy.

Najpopularniejszą metodą retrospektywną jest wywiad o spożyciu z ostatnich 24 godzin, podczas którego respondenci proszeni są przez dietetyka o przypomnienie sobie oraz opisanie wszystkich posiłków i napojów spożytych w ciągu ostatnich 24 godzin [5, 7-9].

Z kolei w metodach prospektywnych cała przyjmowana żywność i napoje są rejestrowane już w momencie konsumpcji, dzięki czemu można kontrolować bieżące spożycie. Do metod tych zalicza się [5]:

- szacunkowy zapis spożycia;
- zapis wagowy (metoda wagowa);
- duplikaty diet (podwójny posiłek);
- listę kontrolną produktów i potraw.

Najczęściej używana metoda prospektywna to szacunkowy zapis spożycia. Respondenci proszeni są, aby dokumentować całą żywność i napoje przyjmowane w określonym z góry okresie (np. 1-7 dni). Rejestracja posiłków powinna odbywać się na bieżąco w celu zmniejszenia liczby błędów, które wynikają z faktu zapominania przez respondentów o niektórych posiłkach. Za najprecyzyjniejszą metodę badania sposobu żywienia (tzw. złoty standard) uznawana jest metoda wagowa [5].

Kluczowymi aspektami metod oceny sposobu żywienia są wiarygodność i łatwość przeprowadzenia badania. Mimo iż wyżej wymienione standardowe metody pozwalają na uzyskanie dokładnych danych dotyczących diety, to jednak w praktyce nie należą do wygodnych ani dla dietetyka, ani dla pacjenta (np. ręczne zapisywanie spożywanych produktów w przypadku metod prospektywnych). Nie są również wystarczająco precyzyjne w ocenie żywienia pojedynczych osób – np. takie metody retrospektywne, jak kwestionariusze FFQ czy QEB, bazują na, zawodnej z natury, pamięci respondentów i sprawdzają się raczej przy badaniach większych grup lub populacji. Również wywiad o spożyciu z ostatnich 24 godzin, powszechnie stosowany w ocenie sposobu żywienia ze względu na łatwość jego przeprowadzenia i przydatność w badaniu tak pojedynczych osób, jak i różnorodnych populacji (w tym grup ludności o niskim poziomie wykształcenia), jako metoda retrospektywna opiera się na subiektywnym opisie respondenta bez możliwości weryfikacji danych. Do błędnego pomiaru przyczyniają się: zawodna pamięć badanych, błędy w szacowaniu wielkości porcji, a nawet celowe fałszowanie danych [10-12]. Analiza danych z krajowych badań żywieniowych w wielu państwach (w tym w Australii, Nowej

Zelandii i USA), w których wykorzystano wywiad 24-godzinny, wykazała znaczne zaniżenie spożycia energii z pożywieniem, szczególnie u kobiet oraz osób z nadwagą i otyłością [13-15]. Wydaje się więc, że nowe technologie mogą ułatwić zbieranie danych potrzebnych do oceny sposobu żywienia i zwiększyć ich dokładność.

### Wykorzystanie innowacyjnych technologii w badaniu i ocenie sposobu żywienia

W ostatnich latach przeprowadzono wiele eksperymentów, w trakcie których testowano prototypowe rozwiązania w zakresie zwiększenia dokładności danych uzyskiwanych podczas badań sposobu żywienia, a także możliwości ich późniejszego komercyjnego zastosowania w urządzeniach mobilnych. Większość innowacyjnych metod oceny żywienia lub metod oceny żywienia wspomaganych technologią zastosowano do badania ilościowej oceny spożycia w różnorodnych kontrolowanych warunkach, takich jak szkoły, uczelnie i stołówki uniwersyteckie [16, 17], szpitale oraz domy kultury [18-20]. Mniej badań przeprowadzono w warunkach swobodnych [21-25] i w populacjach o niskich dochodach [26, 27]. Na podstawie prac z ostatnich lat innowacyjne technologie zostały sklasyfikowane w pięciu grupach [21, 28-30]:

- osobisty asystent cyfrowy (*Personal Digital Assistant* – PDA);
- metody oceny żywienia wspomagane obrazem;
- technologie oparte na urządzeniach mobilnych (tj. smartfony, tablety, aparaty cyfrowe, kamery przenośne itp.);
- interaktywne technologie komputerowe, w tym oparte na sieci internetowej;
- technologie oparte na skanowaniu i wykorzystaniu czujników.

Urządzenia PDA są bardzo popularne w krajach uprzemysłowionych, ich zastosowanie jest jednak na razie ograniczone do bogatych społeczeństw. Ponadto, wymagają od respondentów stosunkowo dużej wiedzy technicznej – dzieci, osoby starsze lub populacje o niskim poziomie wykształcenia mogą mieć trudności w użyciu PDA do rejestrowania przyjmowanych posiłków [26, 31].

Metody oceny sposobu żywienia wspomagane obrazem zostały użyte w przypadku dzieci (11 miesięcy – 8 lat) z odległych aborygeńskich społeczności australijskich [32], u nastolatków (12-17 lat) z niepełnosprawnością intelektualną [19], a także u osób dorosłych z nadwagą i otyłością [24]. Wykazano też możliwość wykorzystania zdjęć wykonanych aparatem cyfrowym na ubogich obszarach wiejskich w Boliwii [27]. W Wielkiej Brytanii na przykładzie 13 osób w wieku 18-65 lat Gemming i wsp. zbadali, czy wywiad 24-godzinny w połączeniu z automatyczną rejestracją

(co 20 s) cyfrowym aparatem fotograficznym SenseCam z obiektywem szerokokątnym umożliwi korektę podawanej przez respondentów podaży energii z pożywieniem poprzez zebranie danych wizualnych. Aby rejestracja odbywała się automatycznie w odpowiedzi na ruch, ciepło lub światło, wykorzystano przyspieszoniemierz trójosiowy, czujnik ciepła na podczerwień oraz czujnik natężenia światła [21]. Było to rozwinięcie badania metodą Image-DietDay Arab i wsp. [33], którzy wykorzystali zmodyfikowaną wersję telefonu komórkowego zawieszono na szyi każdego z uczestników i automatycznie rejestrującego obrazy co 10 s. Obrazy te były przesyłane na serwer i w ten sposób uzupełniały standardowy wywiad 24-godzinny. Mimo iż rezultaty były obiecujące, przeszkody w postaci krótkiego czasu pracy baterii oraz zbyt małego kąta widzenia obiektywu okazały się poważnymi ograniczeniami.

Technologie oparte na urządzeniach mobilnych wykorzystano także do rozwiązania problemów w zakresie oceny sposobu żywienia zgłaszanych przez młodzież [34, 35]. W badaniu z 2015 r. Boushey i wsp. sprawdzili, czy użycie przez nastolatków (11-15 lat) iPhone'ów z zainstalowaną aplikacją mobilną mFR (*Mobile Food Record*) do robienia zdjęć spożywanych potraw i napojów może ułatwić zbieranie dokładnych danych dotyczących spożycia. Wyniki rejestracji były różne w zależności od płci i okoliczności spożywania posiłków: dziewczęta znacznie częściej niż chłopcy rejestrowały obrazy swoich posiłków, przekąsek i napojów ( $p=0,03$ ); wszyscy uczestnicy badania częściej robili zdjęcia swoich śniadań (90%) i obiadów (90%), a rzadziej przekąsek popołudniowych (54%) i wieczornych (40%). Wyniki ankiety użyteczności wykazały, że włączenie komponentu gry i nagród zwiększyłoby chęć badanych do korzystania z mFR; znaczna ich większość zadeklarowała też chęć korzystania z mFR przez 7 dni lub dłużej. Aplikacja mFR podobała się większości z 24 chłopców i 17 dziewcząt ( $n=41$ ) [34]. Urządzeń mobilnych użyto również do rejestrowania spożycia u osób dorosłych z cukrzycą typu 2 [20].

Interesujący eksperyment wykonali również Davies i wsp. w Australii. Zbadano, czy tzw. młodzi dorośli są narażeni na niezdrowe zachowania żywieniowe w trakcie korzystania z transportu miejskiego ('jedzenie w biegu'), a co za tym idzie, na przybieranie na wadze. W tym celu 78 osób w wieku 18-30 lat nosiło przez 3 kolejne dni kamerę przenośną Autographer automatycznie rejestrującą obrazy co 30 s. Harmonogramy kodowania obrazów zostały opracowane tak, aby możliwa była ocena zarówno aktywności fizycznej, jak i diety. Zakodowano łącznie 281 041 obrazów, z czego 32 529 (14%) dotyczyło okoliczności i środków transportu. Średni czas noszenia urządzenia wynosił 8 godzin dziennie (7-9 godzin). Obrazy z kamery zarejestrowały 52 uczestników (67%) jedzących lub



pijących podczas korzystania z transportu miejskiego (nie liczone spożycia wody). Zidentyfikowano łącznie 143 okazje do jedzenia i picia, średnio 3 razy na osobę w ciągu 3 dni badania. Na podstawie obrazów z kamery zidentyfikowano 55 (38%) epizodów jedzenia i 88 (62%) epizodów picia. Badanie to potwierdziło, że transport publiczny jest potencjalnym polem do interwencji dietetycznej, gdyż młodzi dorośli przyjmują w czasie podróży głównie przypadkowe pożywienie i wysokokaloryczne napoje, co może przyczynić się do obniżenia prozdrowotnego charakteru ich diety. Co ciekawe, autorzy badania sugerują nawet, aby zastąpić reklamy niezdrowej żywności i napojów w przestrzeni publicznej reklamami zdrowych produktów lub wręcz wprowadzić zakaz jedzenia i picia w transporcie publicznym [36].

W 2013 r. Timon i wsp. wykorzystali do oceny żywienia 94 starszych osób (w wieku 65-89 lat) interaktywny komputerowy zapis żywności NANA (*Novel Assessment of Nutrition and Ageing*) połączony z 4-dniowym szacunkowym zapisem spożycia [37]. Z kolei do oceny praktyk żywieniowych i jakości diety w próbie 7531 osób z Danii, Szwecji, Norwegii i Finlandii zastosowano internetowy kwestionariusz częstotliwości spożycia FFQ [38].

Ocenia się, że prostsze technologie oparte na czujnikach mogą być łatwiejsze w użyciu, jednakże wciąż są mało popularne [2].

We wszystkich wymienionych przypadkach wykazano, że korzystanie z urządzeń PDA, aplikacji mobilnych, komputerów i technologii internetowych wymaga ze strony uczestników odpowiedniego poziomu umiejętności czytania i pisania oraz umiejętności technicznych. Choć wymagania te potencjalnie ograniczają użycie wspomnianych technologii np. w populacjach o niskim poziomie wykształcenia, to jednak odpowiednie szkolenia mogą ułatwić korzystanie z wybranych rozwiązań, szczególnie w takich grupach ludności, jak młodzież i dorośli o niskich dochodach, którzy mają lub mogą mieć dostęp do telefonów komórkowych i komputerów [2].

### **Badania walidacyjne innowacyjnych technologii w celu poprawy oceny żywienia**

W ostatnim czasie przeprowadzono również badania walidacyjne w ramach których porównano wyniki zastosowania innowacyjnych metod oceny sposobu żywienia z wynikami uzyskanymi przy użyciu metod standardowych. Porównania obejmowały: zważone zapisy żywności [16, 18, 22, 27, 39], szacunkowe dane dotyczące żywności [40, 41] oraz wywiady 24-godzinne [21].

Badanie Gemminga i wsp. z 2012 r. wykazało, że zdjęcia robione przez respondentów aparatem

cyfrowym SenseCam ujawniły zwiększoną podaż energii o ok. 12,5% ( $p=0,02$ ) w porównaniu z samym standardowym wywiadem 24-godzinnym. Poprawę dokładności wyników wytłumaczono przede wszystkim zarejestrowaniem przez SenseCam spożytych produktów spożywczych zapomnianych przez badanych oraz uściśleniem wielkości niektórych porcji jedzenia. Podaż energii z pożywieniem oceniono zarówno w warunkach domowych, jak i zewnętrznych za pomocą 3 standardowych wywiadów 24-godzinnych oraz 3 wywiadów 24-godzinnych wspomaganych aparatem SenseCam. Porównano całkowity wydatek energetyczny z poborem energii z pożywieniem obliczonym na podstawie samego wywiadu 24-godzinnego, a także wywiadu 24-godzinnego wspomagane SenseCam. Okazało się, że niedoszacowanie poboru energii zostało znacznie zmniejszone ( $p<0,02$ ) w zakresie 6-8%, gdy aparat SenseCam wspomagał wywiad 24-godzinny. Autorzy doszli do wniosku, iż aparaty cyfrowe zwiększają dokładność metod samodzielnej rejestracji posiłków, takich jak wywiad 24-godzinny [21].

Metody wspomagane obrazem zostały również sprawdzone pod kątem zapisu wagowego żywności – tzw. złotego standardu – w krajach uprzemysłowionych [18, 22], a także w jednym badaniu dotyczącym warunków życia w krajach rozwijających się (Boliwia) [27]. Gdy wyniki porównano z metodą referencyjną, ujawniły się niewielkie różnice [18, 22, 27]. W 2012 r. Lazarte i wsp. opracowali metodę fotografowania spożywanej żywności 24 godziny na dobę metodą FP 24-hR (*Food Photography 24-h Recall Method*) w celu oceny odżywiania się kobiet na obszarach wiejskich w Boliwii. Kiedy porównano wyniki zebrane metodą FP 24-hR z wynikami uzyskanymi metodą zapisu wagowego, stwierdzono jedynie małe różnice w spożyciu składników odżywczych: od 0,90% dla wit. C do 5,98% dla tłuszczu ( $p<0,05$ ).

### **Podsumowanie**

W porównaniu z tradycyjnymi metodami oceny sposobu żywienia nowe rozwiązania mają kilka podstawowych zalet: nie bazują wyłącznie na zawodnej pamięci respondentów, pozwalają na automatyczne przetwarzanie danych oraz umożliwiają udzielanie w czasie rzeczywistym spersonalizowanych porad dotyczących diety. Mają oczywiście też pewne ograniczenia, do których należą zwłaszcza trudności z wprowadzaniem nowych technologii na obszary wiejskie, do grup ludności o ograniczonych zasobach materialnych czy o niskim poziomie wykształcenia, podczas gdy w krajach uprzemysłowionych przeszkody te nie stanowią już poważnego problemu. Zastosowanie innowacyjnych technologii w praktyce wykazało także, iż są one przydatne w ocenie bieżącego spożycia,

ponieważ większość z nich jest dyskretna i prosta w użyciu. Ustalono również, że metody oceny sposobu żywienia wykorzystujące nowe technologie są bardziej atrakcyjne dla respondentów niż metody konwencjonalne oraz że mogą się sprawdzić w zróżnicowanych populacjach i środowiskach [20, 27, 34-36, 42].

Innowacyjne technologie mogą być stosowane jako samodzielne metody oceny diety lub jako pomoc w sprawniejszym gromadzeniu danych przy standardowej ocenie sposobu żywienia (takich jak wywiad 24-godzinny, szacunkowy zapis spożycia czy FFQ). Choć wdrożenie części z wymienionych technologii w dużych projektach epidemiologicznych jest jeszcze stosunkowo kosztowne, to jednak wyniki badań wskazują, że umiejętne ich wykorzystanie, zwłaszcza w połączeniu z metodami standardowymi, może zwiększyć dokładność oceny sposobu żywienia oraz zmniejszyć koszty gromadzenia i przetwarzania danych żywieniowych. W szczególności obiecujące są metody oceny sposobu żywienia wspomagane obrazem, które

przyczyniają się do wzrostu dokładności tradycyjnych metod oceny sposobu żywienia bazujących jedynie na pisemnej rejestracji spożywanych posiłków przez respondentów [2].

Połączenie standardowych metod oceny sposobu żywienia z nowymi, innowacyjnymi rozwiązaniami jest nieuniknione. W rezultacie powstają nowe, wygodne w użyciu aplikacje na urządzenia mobilne i komputery, które zbierają twarde dane dotyczące stanu zdrowia oraz zachowań żywieniowych użytkowników. Jest to korzystne dla pracowników służby zdrowia i dietetyków oraz – co najważniejsze – dla osób potrzebujących skutecznej interwencji dietetycznej.

*Źródło finansowania: Praca nie jest finansowana z żadnego źródła.*

*Konflikt interesów: Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.*

## Piśmiennictwo / References

- Gibson R. Nutritional assessment. Oxford University, New York 1993.
- FAO. Dietary assessment: a resource guide to method selection and application in low resource settings. FAO UN, Rome 2018.
- Statista. Global digital population as of October 2020. <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/> (30.11.2020).
- Gumiński M, Guzowski W, Huet M i wsp. Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2020 r. GUS, Szczecin 2020.
- Charzewska J, Chabros E, Wajszczyk B. Ocena sposobu żywienia. [w:] Praktyczny podręcznik dietetyki. Jarosz M (red). IŻŻ, Warszawa 2010: 131-138.
- Cade J, Thompson R, Burley V, Warm D. Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires – a review. Public Health Nutr 2002, 5(4): 567-587.
- Baranowski T. 24-hour Recall and diet record methods. [in:] Nutrition epidemiology. Willet W (ed). Oxford Scholarship Online, Oxford 2013: 49-69.
- Gibson RS, Ferguson EL. An interactive 24-hour recall for assessing the adequacy of iron and zinc intakes in developing countries. IFPRI/CIAT, Washington 2008.
- Patterson RE, Pietinen P. Assessment of nutritional status in individuals and populations. [in:] Public health nutrition. Gibney MJ, Margetts B, Kearney JM, Arab L (eds). Blackwell, Oxford 2004: 66-82.
- Livingstone MBE, Black AE. Markers of the validity of reported energy intake. J Nutr 2003, 133(suppl 3): 895S-920S.
- Jonnalagadda SS, Mitchell DC, Smiciklas-Wright H, et al. Accuracy of energy intake data estimated by a multiplepass, 24-hour dietary recall technique. J Am Diet Assoc 2000, 100(3): 303-311.
- Sawaya AL, Tucker K, Tsay R, et al. Evaluation of four methods for determining energy intake in young and older women: comparison with doubly labeled water measurements of total energy expenditure. Am J Clin Nutr 1996, 63(4): 491-499.
- Briefel RR, Sempes CT, McDowell MA, et al. Dietary methods research in the third National Health and Nutrition Examination Survey: underreporting of energy intake. Am J Clin Nutr 1997, 65(suppl 4): 1203S-1209S.
- Heywood P, Harvey PW, Marks GC. An evaluation of energy intakes in the 1983 Australian National Dietary Survey of Adults. Eur J Clin Nutr 1993, 47(8): 604-606.
- Pikholz C, Swinburn B, Metcalf P. Under-reporting of energy intake in the 1997 National Nutrition Survey. N Z Med J 2004, 117(1202): U1079.
- Wang DH, Kogashiwa M, Kira S. Development of a new instrument for evaluating individuals' dietary intakes. J Am Diet Assoc 2006, 106(10): 1588-1593.
- Williamson DA, Allen HR, Martin PD, et al. Comparison of digital photography to weighed and visual estimation of portion sizes. J Am Diet Assoc 2003, 103(9): 1139-1145.
- Kikunaga S, Tin T, Ishibashi G, et al. The application of a handheld personal digital assistant with camera and mobile phone card (Wellnavi) to the general population in a dietary survey. J Nutr Sci Vitaminol 2007, 53(2): 109-116.
- Ptomey LT, Willis EA, Goetz JR, et al. Digital photography improves estimates of dietary intake in adolescents with intellectual and developmental disabilities. Disabil Health J 2015, 8(1): 146-150.
- Rollo ME, Ash S, Lyons-Wall P, Russell A. Trial of a mobile phone method for recording dietary intake in adults with type 2 diabetes: evaluation and implications for future applications. J Telemed Telecare 2011, 17(6): 318-323.
- Gemming L, Doherty A, Kelly P, et al. Feasibility of a SenseCam-assisted 24-h recall to reduce under-reporting of energy intake. Eur J Clin Nutr 2013, 67(10): 1095-1099.

22. Lassen AD, Poulsen S, Ernst L, et al. Evaluation of a digital method to assess evening meal intake in a free-living adult population. *Food Nutr Res* 2010, 54: 10.3402/fnr.v54i0.5311.
23. Martin CK, Han H, Coulon SM, et al. A novel method to remotely measure food intake of free-living individuals in real time: the remote food photography method. *Br J Nutr* 2009, 101(3): 446-456.
24. Martin CK, Correa JB, Han H, et al. Validity of the Remote Food Photography Method (RFPM) for estimating energy and nutrient intake in near real-time. *Obesity* 2012, 20(4): 891-899.
25. Martin CK, Newton Jr RL, Anton SD, et al. Measurement of children's food intake with digital photography and the effects of second servings upon food intake. *Eat Behav* 2007, 8(2): 148-156.
26. Fowles ER, Gentry B. The feasibility of personal digital assistants (PDAs) to collect dietary intake data in low-income pregnant women. *J Nutr Educ Behav* 2008, 40(6): 374-377.
27. Lazarte CE, Encinas ME, Alegre C, Granfeldt Y. Validation of digital photographs, as a tool in 24-h recall, for the improvement of dietary assessment among rural populations in developing countries. *Nutr J* 2012, 11: 61.
28. Forster H, Walsh MC, Gibney MJ, et al. Personalised nutrition: the role of new dietary assessment methods. *Proc Nutr Soc* 2016, 75(1): 96-105.
29. Illner AK, Freisling H, Boeing H, et al. Review and evaluation of innovative technologies for measuring diet in nutritional epidemiology. *Int J Epidemiol* 2012, 41(4): 1187-1203.
30. Stumbo P. New technology in dietary assessment: a review of digital methods in improving food record accuracy. *Proc Nutr Soc* 2013, 72(1): 70-76.
31. Ortega RM, Pérez-Rodrigo C, López-Sobaler AM. Dietary assessment methods: dietary records. *Nutr Hosp* 2015, 31(suppl 3): 38-45.
32. Liberato SC, Kearns T, Ward F, Brimblecombe J. Use of electronic visual recording to aid assessment of dietary intake of Australian Aboriginal children living in remote communities. *Aust NZ J Public Health* 2016, 40(Suppl 1): S27-S29.
33. Arab L, Wesseling-Perry K, Jardack P, et al. Eight self-administered 24-hour dietary recalls using the Internet are feasible in African Americans and Whites: the energetics study. *J Am Diet Assoc* 2010, 110(6): 857-864.
34. Boushey CJ, Harray AJ, Kerr DA, et al. How willing are adolescents to record their dietary intake? The Mobile Food Record. *JMIR mHealth uHealth* 2015, 3(2): e47.
35. Casperson SL, Sieling J, Moon J, et al. A Mobile Phone Food Record App to digitally capture dietary intake for adolescents in a free-living environment: usability study. *JMIR mHealth uHealth* 2015, 3(1): e30.
36. Davies A, Chan V, Bauman A, et al. Using wearable cameras to monitor eating and drinking behaviours during transport journeys. *Eur J Nutr* 2021, 60(4): 1875-1885.
37. Timon CM, Astell AJ, Hwang F, et al. The validation of a computer-based food record for older adults: the Novel Assessment of Nutrition and Ageing (NANA) method. *Br J Nutr* 2015, 113(4): 654-664.
38. Holm L, Lund TB, Niva M. Eating practices and diet quality: a population study of four Nordic countries. *Eur J Clin Nutr* 2015, 69(7): 791-798.
39. Schap TE, Zhu F, Delp EJ, Boushey CJ. Merging dietary assessment with the adolescent lifestyle. *J Hum Nutr Diet* 2014, 27(suppl 1): 82-88.
40. McClung HL, Sigrist LD, Smith TJ, et al. Monitoring energy intake: a hand-held personal digital assistant provides accuracy comparable to written records. *J Am Diet Assoc* 2009, 109(7): 1241-1245.
41. Yon BA, Johnson RK, Harvey-Berino J, Gold BC. The use of a personal digital assistant for dietary self-monitoring does not improve the validity of self-reports of energy intake. *J Am Diet Assoc* 2006, 106(8): 1256-1259.
42. Eldridge AL, Piernas C, Illner AK, et al. Evaluation of new technology-based tools for dietary intake assessment – an ILSI Europe dietary intake and exposure task force evaluation. *Nutrients* 2018, 11(1): 55.