

Algorytmiczne Modelowanie Progresji w Treningu Siłowym: Kompletny Protokół Projektowy dla Systemów Adaptacyjnych

Lista Kontrolna Przygotowania Opracowania

1. **Definicja Zmiennych Bazowych:** Ustalenie fundamentalnych parametrów (objętość, intensywność, częstotliwość) jako danych wejściowych dla algorytmu oraz zdefiniowanie fizjologicznych mechanizmów adaptacji.
2. **Taksonomia Metod Progresji:** Szczegółowa analiza i kategoryzacja modeli liniowych, falowych oraz systemów podwójnej i dynamicznej podwójnej progresji w kontekście logiki programistycznej.
3. **Stratyfikacja Poziomu Zaawansowania:** Opracowanie kryteriów podziału użytkowników (początkujący, średniozaawansowany, zaawansowany) opartych na tempie adaptacji, a nie stażu czasowym.
4. **Matematyka Obciążenia i Mikro-progresja:** Wybór formuł szacowania 1RM (Epley vs Brzycki) oraz implementacja logiki „plate math” i mikro-obciążeń dla ruchów izolowanych.
5. **Logika Autoregulacji:** Implementacja pętli zwrotnych opartych na wskaźnikach subiektywnych (RPE/RIR) i obiektywnych (VBT) w celu dynamicznej modyfikacji sesji.
6. **Zarządzanie Zmęczeniem i Algorytmy Deloadu:** Opracowanie drzew decyzyjnych dla wykrywania stagnacji (plateau) oraz automatyzacji okresów roztrenowania (reactive vs proactive deload).
7. **Architektura Danych i Use Cases:** Synteza wiedzy w konkretne schematy logiczne dla różnych typów ćwiczeń (wielostawowe vs. izolowane) i grup mięśniowych.

1. Fundamenty Teoretyczne Progresji: Definicja, Fizjologia i Zmienne Algorytmiczne

W kontekście inżynierii oprogramowania treningowego, progresja (Progressive Overload) nie może być postrzegana jedynie jako liniowy przyrost wartości liczbowej obciążenia. Jest to dynamiczny proces zarządzania stresem treningowym, mający na celu przekroczenie progu homeostazy organizmu w sposób kontrolowany, wymuszający adaptację, ale nieprzekraczający zdolności regeneracyjnych.¹ Z perspektywy algorytmu, progresja jest funkcją wielu zmiennych, gdzie zmiana jednego parametru (np. skrócenie czasu przerwy) może być równoważna zwiększeniu ciężaru.

Fizjologiczne Podstawy Adaptacji a Logika Systemu

System musi rozróżniać dwa główne typy adaptacji, które wymagają odmiennych ścieżek progresji:

1. **Adaptacja Neurologiczna:** Poprawa koordynacji wewnątrz- i międzymięśniowej oraz zwiększenie częstotliwości wyładowań jednostek motorycznych. Jest to dominujący mechanizm u osób początkujących oraz w treningu siły maksymalnej (1-5 powtórzeń). Algorytm w tej fazie powinien priorytetyzować intensywność (ciężar).²
2. **Adaptacja Morfologiczna (Hipertrofia):** Zwiększenie pola przekroju poprzecznego mięśnia (CSA). Wymaga odpowiedniej objętości (volume load) i czasu pod napięciem. Tutaj algorytm musi balansować między ciężarem a objętością, często promując wzrost liczby powtórzeń lub serii przed wzrostem obciążenia.³

Zmienne Sterujące Algorytmu

Aby zaprogramować skuteczny algorytm, należy zdefiniować kluczowe zmienne, którymi system będzie manipulował:

- **Intensywność (Intensity):** Wyrażana jako procent ciężaru maksymalnego (%1RM) lub subiektywna ocena trudu (RPE/RIR). Jest to główny wyznacznik "jakości" bodźca.⁵
- **Objętość (Volume):** Często definiowana jako Serie × Powtórzenia × Ciężar (Volume Load), jednak w nowoczesnym ujęciu, bardziej precyzyjną metryką dla hipertrofii jest liczba "ciężkich serii" (hard sets) blisko upadku mięśniowego.⁶
- **Częstotliwość (Frequency):** Liczba jednostek treningowych na grupę mięśniową w mikrocyklu (tygodniu). Badania sugerują, że przy wyrównanej objętości częstotliwość ma drugorzędne znaczenie dla hipertrofii, ale jest kluczowa dla nauki motorycznej i zarządzania zmęczeniem w treningu siłowym.⁷

Warunki Brzegowe dla Inicjacji Progresji

Algorytm nie może stosować "ślepej" progresji (np. dodawaj 2.5 kg co tydzień w nieskończoność). Musi weryfikować "Warunki Sukcesu" (Success Criteria) poprzedniej sesji. Progresja powinna nastąpić tylko wtedy, gdy:

1. **Target Reps Completed:** Użytkownik wykonał założoną liczbę powtórzeń.
2. **Technical Proficiency:** Technika została zachowana (często oceniane subiektywnie przez użytkownika lub poprzez analizę wideo w bardziej zaawansowanych systemach).
3. **RPE Constraints Met:** Wykonanie zadania nie przekroczyło założonego poziomu wysiłku. Jeśli użytkownik wykonał 5 powtórzeń, ale RPE wynosiło 10 (upadek), a celem było RPE 8, system **nie powinien** zwiększać obciążenia, a wręcz rozważyć jego utrzymanie lub lekką redukcję, mimo że "liczby się zgadzają".⁹

Weryfikacja i Korekta Sekcji

Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy³, tradycyjne obliczanie objętości jako "tonażu" (sets x

reps x load) jest coraz częściej zastępowane przez "liczbę efektywnych serii". Tonaż może być mylący (np. leg press vs przysiad). **Korekta dla algorytmu:** System powinien śledzić liczbę serii blisko upadku ($RIR \leq 3-4$) jako główny wskaźnik objętości hipertroficznej, a tonaż traktować jako wskaźnik pomocniczy do monitorowania tolerancji obciążeń stawowych (work capacity). Wytyczne NSCA⁵¹ nadal promują periodyzację liniową dla początkujących, co jest zgodne z fizjologią, ale nowoczesne podejście²⁰ kładzie większy nacisk na indywidualizację poprzez Volume Landmarks (MEV, MRV), co zostanie omówione w sekcji o parametrach.

2. Architektura Modeli Progresji: Logika Implementacji

W tej sekcji przedstawiono szczegółową logikę działania poszczególnych modeli progresji, które powinny stanowić bibliotekę metod dostępnych dla algorytmu generującego plany.

2.1. Progresja Liniowa (Linear Progression - LP)

Model deterministyczny, zakładający stały przyrost obciążenia w każdej jednostce treningowej. Jest to najefektywniejszy model dla początkujących, wykorzystujący szybką adaptację neurologiczną.

Logika Algorytmu:

IF (Current_Session_Status == SUCCESS) AND (User_Level == NOVICE):

Next_Load = Current_Load + Increment_Value

ELSE:

Next_Load = Current_Load

- **Charakterystyka:** Obciążenie rośnie, liczba powtórzeń pozostaje stała (np. 3x5, 5x5).
- **Zastosowanie:** Główne boje wielostawowe (Squat, Bench, Deadlift, OHP) w pierwszych 3–9 miesiącach treningu.¹¹
- **Ryzyko:** Szybkie dojście do ściany (plateau). Algorytm musi zawierać mechanizm "resetu" (o czym w sekcji 6).

2.2. Podwójna Progresja (Double Progression - DP)

Standard w treningu kulturystycznym i ćwiczeniach akcesoryjnych. System manipuluje dwiema zmiennymi: najpierw objętością (powtórzenia), potem intensywnością (ciężar). Jest to bezpieczniejsze dla stawów i pozwala na dłuższą progresję w ćwiczeniach izolowanych.

Logika Algorytmu:

Zdefiniuj zakres powtórzeń `` (np. 8–12).

1. **Faza 1 (Akumulacja):** Użytkownik wykonuje serie ze stałym ciężarem. Celem jest osiągnięcie R_{max} we wszystkich seriach.
2. **Warunek Przejścia (Trigger):** IF (All_Sets_Reps \geq R_{max}) -> Zwiększ ciężar.
3. **Faza 2 (Intensyfikacja):** Po zwiększeniu ciężaru, wydajność spadnie. Liczba powtórzeń

naturalnie wróci w okolice R_{min} .

4. **Pętla:** Proces powtarza się na nowym ciężarze.¹¹

Przykład:

- Tydzień 1: 30 kg × 10, 9, 8 (Suma < 3×12) -> *Decyzja: Zostaw ciężar.*
- Tydzień 2: 30 kg × 11, 10, 10 -> *Decyzja: Zostaw ciężar.*
- Tydzień 3: 30 kg × 12, 12, 12 -> *Decyzja: Zwiększ na 32.5 kg, zresetuj cel na dolny zakres.*

2.3. Dynamiczna Podwójna Progresja (Dynamic Double Progression - DDP)

Wariant bardziej agresywny, w którym każda seria jest traktowana jako niezależna jednostka progresji. Idealny dla średniozaawansowanych, pozwala na maksymalne wykorzystanie świeżości w pierwszej serii.

Logika Algorytmu:

System nie wymaga zaliczenia wszystkich serii na R_{max} .

- IF (Set_1_Reps == R_{max}) -> Zwiększ ciężar dla **Set 1** w następnym treningu.
- IF (Set_2_Reps < R_{max}) -> Utrzymaj ciężar dla Set 2 w następnym treningu.
To prowadzi do sytuacji, gdzie użytkownik może wykonywać serie na różnych ciężarach (np. Set 1: 32.5kg, Set 2: 30kg).¹³ Wymaga to bardziej skomplikowanego trackingu w bazie danych aplikacji.

2.4. Progresja Falowa (Wave Loading)

Model nieliniowy, zapobiegający akomodacji poprzez zmienność bodźca w mikrocyklach. Przeznaczony dla użytkowników, u których progresja liniowa przestała działać.

Logika Algorytmu (Schemat 7-5-3 lub 10-8-6):

- Tydzień 1 (Objętość): 3x10 @ 70%
- Tydzień 2 (Intensywność): 3x8 @ 75%
- Tydzień 3 (Siła/Peak): 3x6 @ 80%
- Tydzień 4 (Deload): 3x10 @ 50%
- Tydzień 5 (Nowy Cykl): 3x10 @ 72.5% (Progresja względem Tygodnia 1).¹⁵

2.5. Step Loading (Progresja Schodkowa)

Metoda polegająca na utrzymaniu tego samego ciężaru przez kilka tygodni (np. 3-4), pozwalając na pełną adaptację tkankową przed skokiem. Często stosowana w trójboju siłowym i u zaawansowanych.

Logika Algorytmu:

IF (Weeks_On_Current_Load >= 3) AND (RPE_Avg <= Target_RPE) -> Zwiększ ciężar.

System wymusza stagnację obciążenia, aby budować "pojemność pracy" (work capacity).¹⁵

Weryfikacja i Korekta Sekcji

Analiza źródeł ¹¹ wskazuje na rosnącą popularność Dynamicznej Podwójnej Progresji (DDP) w treningu hipertroficznym, ponieważ pozwala ona na szybszą progresję w pierwszej, najważniejszej serii. Tradycyjna Podwójna Progresja (wymagająca np. 3x12 przed zmianą ciężaru) może sztucznie hamować postępy w pierwszej serii (sandbagging), ponieważ użytkownik oszczędza siły na kolejne serie. **Korekta dla algorytmu:** Dla użytkowników z celem "Hipertrofia", DDP powinna być domyślnym modelem dla ćwiczeń złożonych wykonywanych w średnim zakresie (6-10 reps), natomiast klasyczna DP jest bezpieczniejsza dla ćwiczeń izolowanych i wysokich zakresów (12-20 reps), gdzie technika pod wpływem zmęczenia szybciej ulega degradacji.

3. Parametryzacja Progresji: Stratyfikacja Użytkownika i Przyrosty

Algorytm musi precyzyjnie dobierać wartości numeryczne. "Dodaj ciężar" to za mało – system musi wiedzieć "ile". Kluczowa jest tu segmentacja użytkownika oparta na tempie adaptacji, a nie arbitralnym czasie stażu.

3.1. Klasyfikacja Użytkownika (Algorytmiczna)

Poziom	Definicja Systemowa (Rate of Adaptation)	Zalecany Model	Horyzont Czasowy Zmian
Początkujący (Novice)	Zdolność do zwiększania obciążenia z sesji na sesję (np. co 48h).	Linear Progression (LP)	Sesja-do-Sesji
Średniozaawansowany (Intermediate)	Adaptacja wymaga kumulacji stresu z kilku sesji (tygodniowa). Progresja liniowa kończy się szybkim plateau.	Double Progression (DP), Wave Loading, DDP	Tygodniowy (Weekly)
Zaawansowany	Adaptacja wymaga	Periodization	Miesięczny/Blokow

(Advanced)	wielotygodniowych bloków (akumulacja -> transmutacja -> realizacja). Progresja mierzona w cyklach.	(Block), Autoregulation (RPE)	y
-------------------	---	-------------------------------------	---

Źródło klasyfikacji: Rippetoe/Helms/Israetel.¹⁶

3.2. Wartości Inkrementacji (Load Increment Rules)

System musi uwzględniać fizyczne ograniczenia sprzętowe (najmniejszy talerz na siłowni) oraz biomechanikę ruchu.

Tabela Rekomendowanych Przyrostów:

Typ Ruchu	Przykład	Przyrost (Początkujący)	Przyrost (Średni/Zaaw.)	Uwagi Algorytmiczne
Wielostawowe Dolne	Squat, Deadlift	+2.5 kg – 5.0 kg	+1.0 kg – 2.5 kg	Duże grupy mięśniowe tolerują większe skoki.
Wielostawowe Górne	Bench Press, Row	+1.0 kg – 2.5 kg	+0.5 kg – 1.0 kg	Wymaga mikro-talerzy (Microloading) przy dłuższym stażu.
Izolowane	Biceps Curl, Lateral Raise	0 kg (Zwiększ Reps)	0 kg (Zwiększ Reps)	Skok o 2.5kg przy hantlu 10kg to 25% wzrostu! Stosuj Double Progression.

Algorytm "2-for-2 Rule" (Standard NSCA):
Jest to bezpiecznik dla algorytmów liniowych.

IF (Last_Set_Reps >= Target_Reps + 2) IN (Last_2_Sessions) -> Zwiększ ciężar.

Oznacza to, że użytkownik musi wykazać znaczący zapas siły w dwóch kolejnych treningach, aby system zarekomendował skok ciężaru.¹⁸

3.3. Volume Landmarks (Punkty Orientacyjne Objętości)

Algorytm musi zarządzać całkowitą objętością, aby uniknąć "junk volume" (pustej objętości) lub niedotrenowania. Należy zaimplementować model Israetela²⁰:

- **MV (Maintenance Volume):** ~6 serii/partię/tydzień. Używane w fazie deloadu lub podtrzymania.
- **MEV (Minimum Effective Volume):** ~8-10 serii. Punkt startowy dla nowego mezocyklu.
- **MAV (Maximum Adaptive Volume):** ~12-20 serii. Zakres, w którym algorytm powinien utrzymywać użytkownika przez większość czasu.
- **MRV (Maximum Recoverable Volume):** ~20+ serii. Granica, po przekroczeniu której następuje regres.

Logika Pętli Objętościowej:

Startuj plan od MEV. Jeśli brak progresji siłowej, a RPE jest niskie i brak obolałości (soreness) -> Algorytm dodaje 1-2 serie na grupę mięśniową w kolejnym tygodniu (progresja w stronę MAV). Jeśli obolałość jest wysoka -> utrzymaj lub zmniejsz objętość.²²

Weryfikacja i Korekta Sekcji

Zalecenia dotyczące przyrostów¹⁸ są jasne dla ćwiczeń wielostawowych, ale problematyczne dla izolacji. Algorytm musi mieć "sztywny zakaz" liniowej progresji ciężaru dla ćwiczeń takich jak wznosy bokiem czy tył barku, chyba że użytkownik oznaczy w ustawieniach dostępność talerzy ułamkowych (0.5kg) lub hantli magnetycznych.²⁴ W przeciwnym razie, próba dodania 2.5kg (standardowy skok hantli) zakończy się natychmiastowym załamaniem techniki.

Korekta: Dla izolacji, priorytetem w kodzie musi być "Repetition Max" (zwiększanie powtórzeń do górnej granicy, np. 15-20) lub "Density" (skracać przerwy), zanim nastąpi wzrost ciężaru.

4. Autoregulacja: Sprzężenie Zwrotne w Czasie Rzeczywistym

Nowoczesny algorytm treningowy nie może być statyczny (Excel-based). Musi reagować na dane wejściowe użytkownika po każdej sesji.

4.1. RPE i RIR jako Dane Wejściowe

- **RPE (Rating of Perceived Exertion):** Skala 1-10, gdzie 10 to brak możliwości wykonania kolejnego ruchu.
- **RIR (Reps In Reserve):** Powtórzenia w zapasie. $RIR = 10 - RPE$. Aplikacja powinna używać RIR dla początkujących (bardziej intuicyjne: "ile jeszcze być

zrobił?") i RPE dla zaawansowanych.²⁷

4.2. Algorytm Korekty Obciążenia (Next Session Calculation)

Jeśli użytkownik wykonał zadanie, ale RPE drastycznie odbiegało od założonego, system musi przeliczyć ciężar.

Wykorzystujemy koncepcję e1RM (Estimated 1RM) wyliczaną z każdej serii roboczej.²⁹

Wzór logiczny:

1. Użytkownik zrobił: 100 kg x 5 reps @ RPE 9.
2. Tabela RPE (Reactive Training Systems) mówi: 5 reps @ RPE 9 = ok. 84% 1RM.
3. System wylicza e1RM na ten dzień: $100 / 0.84 \approx 119 \text{ kg}$.
4. Cel na następny trening: 5 reps @ RPE 8 (ok. 81% 1RM).
5. Proponowany ciężar: $119 \text{ kg} \times 0.81 \approx 96.5 \text{ kg}$.

W tym przypadku, mimo że tydzień wcześniej było 100kg, system obniża ciężar, bo RPE 9 było za wysokie dla celu RPE 8. To jest prawdziwa autoregulacja zapobiegająca wypaleniu.³¹

4.3. Velocity Based Training (VBT) - Opcja Zaawansowana

Dla aplikacji współpracujących z akcelerometrami. Prędkość ruchu jest obiektywną miarą zmęczenia.

- **Zasada:** Jeśli prędkość w pierwszej serii spadnie o >20% względem średniej z poprzednich treningów, to jest to sygnał o skumulowanym zmęczeniu.
- **Akcja Systemu:** Automatyczna redukcja ciężaru o 5-10% na daną sesję (Autoregulated Drop).³³

Weryfikacja i Korekta Sekcji

Metody oparte na RPE są skuteczne, ale obarczone błędem subiektywności, zwłaszcza u początkujących, którzy często zaniżają RPE (wydaje im się, że to RPE 9, a w rzeczywistości to RPE 6).³⁶ **Korekta dla algorytmu:** Dla użytkowników oznaczonych jako "Początkujący", system powinien ignorować RPE w obliczeniach ciężaru, polegając głównie na progresji liniowej i zaliczeniu powtórzeń. RPE powinno być zbierane tylko w celach edukacyjnych (kalibracja użytkownika), a aktywnie wpływać na algorytm dopiero na poziomie Intermediate.

5. Implementacja dla Różnych Typów Ćwiczeń i Grup Mięśniowych

Algorytm musi różnicować logikę w zależności od biomechaniki ruchu.

5.1. Podział: Compound vs. Isolation (Złożone vs. Izolowane)

Badania sugerują, że ćwiczenia wielostawowe (Compound) generują większe zmęczenie systemowe i wymagają mniejszej częstotliwości "do upadku" niż ćwiczenia izolowane.³⁷

Parametr	Ćwiczenia Złożone (Compound)	Ćwiczenia Izolowane (Isolation)
Przykłady	Squat, Bench, Row, OHP	Curl, Triceps Extension, Lateral Raise
Częstotliwość Progresji	Co sesję/tydzień (zależnie od poziomu)	Co 2-4 tygodnie (wymaga akumulacji powtórzeń)
Metoda Progresji	Progresja Liniowa / Procentowa / RPE	Double Progression / Rep Max
RIR Target	1-3 RIR (Bezpieczeństwo)	0-1 RIR (Możliwy upadek techniczny)
Logika Zmian	Priorytet: Ciężar	Priorytet: Powtórzenia / Czuć mięśniowe

5.2. Mikro-obciążenia (Microloading) w Górnych Partiach

Wyciskanie nad głowę (OHP) jest notorycznie trudne do progresowania liniowego skokami 2.5 kg. Aplikacja powinna zawierać moduł "Microloading Calculator".

Jeśli użytkownik nie ma mikrotalerzy, algorytm musi przełączyć się na zwiększanie objętości:

- Zamiast: 3x5 @ 40kg -> 3x5 @ 42.5kg (Fail)
- Algorytm proponuje: 3x5 @ 40kg -> 4x5 @ 40kg -> 5x5 @ 40kg -> 3x5 @ 42.5kg (Zwiększenie pojemności przed skokiem ciężaru).²⁵

Weryfikacja i Korekta Sekcji

Zróznicowanie progresji dla góry i dołu ciała jest kluczowe. Mięśnie dolnej połowy ciała są na ogół większe i silniejsze, co pozwala na dłuższe utrzymanie progresji liniowej o wartościach 2.5-5kg.¹⁸ Górne partie, zwłaszcza przy ruchach wyciskających, szybko ulegają stagnacji przy standardowych skokach. Algorytm powinien automatycznie wykrywać typ ćwiczenia (np. poprzez tagowanie w bazie danych: type: "compound_upper", type: "isolation_single_joint") i przypisywać odpowiednią strategię inkrementacji, co jest często pomijane w prostych trackerach treningowych.

6. Zarządzanie Zmęczeniem: Algorytmy Deload i Plateau

System musi posiadać "plan awaryjny" na wypadek braku postępów.

6.1. Drzewo Decyzyjne Wykrywania Stagnacji (Plateau Logic)

Algorytm analizuje ostatnie 3 sesje danego ćwiczenia.

Warunek: IF (Load nie wzrósł) AND (Reps nie wzrosły) FOR 3 consecutive sessions.

Procedura naprawcza (Troubleshooting):

1. **Check 1:** Czy użytkownik spał/jadł poprawnie? (Ankieta wellness). Jeśli NIE -> Wyświetl komunikat o regeneracji, nie zmieniaj planu.
2. **Check 2:** Jeśli regeneracja OK -> **Zastosuj Reset.**
 - o **Algorytm Resetu:** $\text{New_Load} = \text{Current_Stalled_Load} * 0.85$ (lub 0.90).
 - o System cofa użytkownika z ciężarem, ale nakazuje wykonywanie ostatnich serii "As Many Reps As Possible" (AMRAP), aby utrzymać bodziec, lub po prostu odbudować pewność siebie na niższych ciężarach przez 2-3 tygodnie.⁴¹

6.2. Deload: Strategia Redukcji Zmęczenia

Deload to planowane zmniejszenie obciążeń.

- **Kiedy:**
 - o **Proaktywnie:** Co 4-6 tygodni (standard dla Intermediate).
 - o **Reaktywnie:** Gdy suma ocen trudności sesji (Session RPE) przekracza średnią z 4 tygodni o >20% lub użytkownik zgłasza ból stawowy.⁴³
- **Jak (Implementacja w kodzie):**
 - o **Volume Deload (Zalecany):** Zmniejsz liczbę serii o 30-50%. Utrzymaj ciężar (Intensywność) na poziomie 90% ostatnich osiągnięć. To zapobiega "oduczaniu się" czucia dużych ciężarów przy jednoczesnej regeneracji układu nerwowego i hormonalnego.⁴⁵
 - o **Intensity Deload:** Zmniejsz ciężar o 40-50%, utrzymaj serie. Częściej stosowane przy kontuzjach.

Weryfikacja i Korekta Sekcji

Badania ⁴⁶ wskazują, że całkowite zaprzestanie treningu (Passive Rest) jest gorsze niż Active Recovery (Deload). Kluczowe jest utrzymanie "napięcia mechanicznego" (ciężaru) przy redukcji "stresu metabolicznego" (objętości). Algorytm powinien unikać sugerowania "tygodnia wolnego" chyba że w skrajnych przypadkach, a zamiast tego generować "tydzień techniczny" (Low Volume / High Intensity Skill Work) lub "tydzień regeneracyjny" (Low Volume

/ Moderate Intensity).

7. Implementacja Matematyczna w Aplikacji

Zestawienie gotowych formuł do zaszycia w backendzie aplikacji.

Formuły Szacowania 1RM (One Rep Max)

Służą do kalibracji obciążeń. Algorytm powinien dobierać wzór dynamicznie w zależności od liczby powtórzeń.

1. **Wzór Epleya:**

$$1RM = W \times (1 + 0.0333 \times r)$$

- Stosowanie: Gdy $r \leq 10$. Wysoka dokładność dla niskich zakresów.⁴⁷

2. **Wzór Brzyckiego:**

$$1RM = W \times \frac{36}{37 - r}$$

- Stosowanie: Często używany uniwersalnie, ale wykazuje tendencję do niedoszacowania przy bardzo niskich powtórzeniach i przeszacowania przy bardzo wysokich.

3. **Wzór Wathena / Mayhewa:** Lepsze dla zakresów >10-15 powtórzeń, co ma znaczenie w treningu metabolicznym/wytrzymałościowym.⁴⁹

Logika Hybrydowa:

Python

```
def calculate_e1rm(weight, reps):
    if reps <= 8:
        return weight * (1 + reps / 30.0) # Epley
    else:
        return weight * (36.0 / (37.0 - reps)) # Brzycki (zmodyfikowany dla bezpieczeństwa)
```

Formuła Progresji Opartej na RPE

Automatyczna korekta ciężaru na następną sesję na podstawie feedbacku.

$$NextLoad = (CurrentLoad \times (1 + (TargetRPE - ActualRPE) \times 0.03)) + SmallIncrement$$

Gdzie 0.03 (3%) to przybliżona różnica w ciężarze odpowiadająca 1 punktowi RPE.

8. Przykłady Wdrażania (Use Cases)

Scenariusz A: Początkujący, FBW

- **Ćwiczenie:** Goblet Squat.
- **Logika:** Prosta Liniowa.
- **Input:** Tydzień 1: 15kg x 12, 12, 12 (Target: 3x12).
- **Decyzja Systemu:** Warunek spełniony. Następna sesja: 17.5kg (jeśli dostępny) LUB 16kg. Jeśli brak hantli pośrednich -> zmiana na Barbell Squat (progresja ćwiczenia).

Scenariusz B: Średniozaawansowany, Push/Pull/Legs

- **Ćwiczenie:** Bench Press.
- **Logika:** Falowa (Wave).
- **Plan:**
 - T1: 3x8 @ 70% (80kg)
 - T2: 3x6 @ 75% (85kg)
 - T3: 3x4 @ 80% (90kg)
 - T4 (Deload): 3x8 @ 50% (57.5kg)
 - T5 (Nowy cykl): Algorytm przelicza nowe 1RM na podstawie T3 (90kg x 4). Jeśli e1RM wzrosło, T5 zaczyna się od wyższego pułapu (np. 3x8 @ 82.5kg).

Scenariusz C: Zaawansowany, Specjalizacja

- **Ćwiczenie:** Lateral Raise (Boki barków).
- **Logika:** Myo-reps / Rest-Pause (Zwiększanie gęstości).
- **Input:** Użytkownik utknął na 12kg x 15 reps. Skok na 14kg jest niemożliwy.
- **Decyzja Systemu:** Zamiast dokładać ciężar, system zmienia metodę.
 - Zlecenie: Wykonaj "Activation set" 12kg x 15, odpocznij 10s, wykonaj 3-5 powtórzeń, odpocznij 10s, powtarzaj aż do RPE 10.
 - Progresja odbywa się poprzez dodawanie "mini-serii", a nie ciężaru.

Podsumowanie Wniosków

Tworzenie algorytmu progresji wymaga odejścia od prostego modelu "dodaj 2.5kg co tydzień" na rzecz systemu wielowarstwowego. Kluczowe filary to:

1. **Indywidualizacja tempa:** Początkujący potrzebuje zmian co sesję, zaawansowany co blok treningowy.
2. **Kontekst ćwiczenia:** Przysiad i uginanie na biceps wymagają zupełnie innej logiki

inkrementacji (kg vs reps).

3. **Pętle zwrotne (Feedback Loops):** System bez RPE/RIR lub detekcji stagnacji jest "głupi" i doprowadzi do kontuzji. Autoregulacja jest mechanizmem bezpieczeństwa.
4. **Zarządzanie niepowodzeniami:** Automatyzacja deloadu i resetu jest ważniejsza dla retencji użytkownika niż sama progresja, ponieważ zapobiega wypaleniu i urazom.

Zastosowanie przedstawionych modeli (szczególnie Dynamicznej Podwójnej Progresji i autoregulacji opartej na e1RM) pozwoli na stworzenie aplikacji, która nie tylko "rozpisuje treningi", ale realnie "trenuje" użytkownika, dostosowując się do jego fizjologii w czasie rzeczywistym.

Cytowane prace

1. Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7927075/>
2. FOUNDATIONS OF FITNESS PROGRAMMING - NSCA, otwierano: stycznia 13, 2026, https://www.nasca.com/contentassets/8323553f698a466a98220b21d9eb9a65/foundationsoffitnessprogramming_201508.pdf
3. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis., otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.ageingmuscle.be/sites/bams/files/publications/Dose%20response%20relationship%20between%20weekly%20resistance%20training%20volume%20and%20increases.pdf>
4. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis - PubMed, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27433992/>
5. basics of strength and conditioning manual | nsca, otwierano: stycznia 13, 2026, https://www.nasca.com/contentassets/de9aebfe7a7340b69217b99bb13862a7/basics_of_strength_and_conditioning_manual.pdf
6. A Systematic Review of The Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy - PMC - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8884877/>
7. New Research Reveals the Minimum Amount of Sets per Week for Muscle Growth and for Strength, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.menshealth.com/uk/building-muscle/train-smarter/a62552314/minimum-amount-of-sets-per-week-for-muscle-growth-strength/>
8. A Systematic Review of The Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy - PubMed, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35291645/>
9. Flow chart of the different phases of study screening and selection. - ResearchGate, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.researchgate.net/figure/Flow-chart-of-the-different-phases-of-stud>

[y-screening-and-selection_fig1_362599714](#)

10. How To Use RPE The RIGHT Way - YouTube, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.youtube.com/watch?v=bh1a9vk29ZQ>
11. Progressive overload variations : r/naturalbodybuilding - Reddit, otwierano: stycznia 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/naturalbodybuilding/comments/17y95ij/progressive_overload_variations/
12. Progression Keys - Linear vs Double Progression - - Legendary Strength, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://legendarystrength.com/linear-vs-double-progression/>
13. Double Progression - Chris Adams Personal Training, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.chrisadamspersonaltraining.com/double-progression.html>
14. Double progression vs dynamic double progression : r/naturalbodybuilding - Reddit, otwierano: stycznia 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/naturalbodybuilding/comments/1ji5h5j/double_progression_vs_dynamic_double_progression/
15. Periodization: Step Loading vs Wave and Linear | Alexander Bromley : r/weightroom, otwierano: stycznia 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/weightroom/comments/j1xmdl/periodization_step_loading_vs_wave_and_linear/
16. Are You a Beginner, Intermediate, or Advanced Lifter? | Bony to Beastly, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://bonytobeastly.com/beginner-intermediate-advanced-lifter/>
17. Understanding the Progression from Beginner to Intermediate Lifter: A Practical Guide, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://gym-mikolo.com/blogs/home-gym/understanding-the-progression-from-beginner-to-intermediate-lifter-a-practical-guide>
18. Total Force Wellness Column: Guidelines to progress your physical training over time, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.mycg.uscg.mil/News/Article/2910464/total-force-wellness-column-guidelines-to-progress-your-physical-training-over/>
19. Copyright Content Weighting - NSCA, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.nsca.com/contentassets/53f36e5db26a4729b251fb794c166af1/tsac-module-4.0--4.5.pdf>
20. Dr. Mike Israetel's Training Tips for Hypertrophy : r/weightroom - Reddit, otwierano: stycznia 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/weightroom/comments/6674a4/dr_mike_israetels_training_tips_for_hypertrophy/
21. Training Volume Landmarks for Muscle Growth - RP Strength, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://rpstrength.com/blogs/articles/training-volume-landmarks-muscle-growth>
22. Understanding Volume Landmarks: MEV, MRV, and MAV - Human Performance and Fitness Education Company - APEC courses, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://apeccourses.com/understanding-volume-landmarks-mev-mrv-and-mav/>
23. Maximizing Back Muscle Growth: Comprehensive Training Strategies - RP

- Strength, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://rpstrength.com/blogs/articles/back-hypertrophy-training-tips>
24. Microloading Plate Math: How Small Increments Unlock Big Strength Gains - Reshape, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.reshapeapp.ai/blog/microloading-plate-math>
25. How To Build Strength and Gain Muscle with Microloading - Kinobody Fitness Systems, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://blog.kinobody.com/best-of/build-muscle/build-strength-micro-loading/>
26. How To Use Micro-Progressions In The Gym - TriageMethod, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://triagemethod.com/how-to-use-micro-progressions-in-the-gym/>
27. Autoregulation for Strength Training: How to Adjust Your Training in Real Time | Reshape, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.reshapeapp.ai/blog/autoregulation-for-strength-training>
28. The Rate of Perceived Exertion (RPE) Scale Explained - NASM Blog, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://blog.nasm.org/rate-of-perceived-exertion>
29. Accurate RPE Calculator for Strength Training - Gravitus Workout Tracker, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://gravitus.com/tools/rpe-calculator/>
30. Choosing the Weight on the Bar: Percentage, RPE and RIR - part 1 - BONVEC STRENGTH, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://bonvecstrength.com/2020/06/24/choosing-the-weight-on-the-bar-percentage-rpe-and-rir-part-1/>
31. A Guide To Using RPE and RIR In Your Training - Ripped Body®, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://rippedbody.com/rpe/>
32. Customizing Your RPE Chart - Reactive Training Systems, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://store.reactivetrainingsystems.com/blogs/advanced-concepts/customizing-your-rpe-chart>
33. Autoregulated resistance training for maximal strength enhancement: A systematic review and network meta-analysis - PMC - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12336695/>
34. Autoregulation in strength training: avoid overtraining and undertraining - GymAware, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://gymaware.com/autoregulation-in-strength-training/>
35. Last rep velocity & RPE: Autoregulated strength training with VBT - VBTcoach, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.vbtcoach.com/blog/last-rep-velocity-and-rpe>
36. RPE and RIR: The Complete Guide - MASS Research Review, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://massresearchreview.com/2023/05/22/rpe-and-rir-the-complete-guide/>
37. Learn How Many Sets and Reps You Need to Build Muscle (Plus a Sample Hypertrophy Plan) | Kickoff, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.trainwithkickoff.com/blog/how-many-sets-and-reps-to-build-muscle>
38. Resistance Training with Single vs. Multi-joint Exercises at Equal Total Load Volume: Effects on Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Muscle

- Strength - NIH, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5744434/>
39. Compound Vs Isolation Exercises: What's The Difference? - Gymshark, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://www.gymshark.com/blog/article/compound-vs-isolation-exercises>
40. 5/3/1 For Oldsters - Part 4 - Microloading : r/fitness30plus - Reddit, otwierano: styczeń 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/fitness30plus/comments/20fo7r/531_for_oldsters_part_4_microloading/
41. Deloading Vs Resetting? : r/nSuns - Reddit, otwierano: styczeń 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/nSuns/comments/7oxi4m/deloading_vs_resetting/
42. Exercise Program to Avoiding Plateaus - The Doctors Of Physical Therapy, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://thedoctorsofpt.com/avoiding-plateaus-exercise-programming/>
43. Deloads: The Guide for Athletes (Exact Protocols) - JT Performance, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://jacktylerperformance.com/deloads-the-guide-for-athletes-exact-protocols/>
44. Deload Weeks: Everything You Need to Know | Gravi Help Center, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://help.gravi.ai/en/articles/11114238-deload-weeks-everything-you-need-to-know>
45. A Practical Approach to Deloading: Recommendations and Considerations for Strength and Physique Sports, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://shura.shu.ac.uk/35313/3/Bell-APracticalApproach%28AM%29.pdf>
46. A Practical Approach to Deloading: Recommendations and Considerations for Strength and Physique Sports, otwierano: styczeń 13, 2026,
https://doras.dcu.ie/31501/1/a_practical_approach_to_deloading_recommendations.203%282%29.pdf
47. Epley Formula (1 rep max) - vCalc, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://www.vcalc.com/wiki/epley-formula-1-rep-max>
48. One-repetition maximum - Wikipedia, otwierano: styczeń 13, 2026,
https://en.wikipedia.org/wiki/One-repetition_maximum
49. 1 Rep Max Calculator - Calculate Your One Rep Maximum Strength - Topend Sports, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://www.topendsports.com/testing/calculators/1repmax.htm>
50. Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Player - OpenSIUC, otwierano: styczeń 13, 2026,
https://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1744&context=gs_rp
51. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults - PubMed, otwierano: styczeń 13, 2026,
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19204579/>
52. How to Make Progress With Your Training - Ripped Body®, otwierano: styczeń 13, 2026, <https://rippedbody.com/progression/>

53. Progression systems and their effect on your training: straight sets vs double progression : r/naturalbodybuilding - Reddit, otwierano: stycznia 13, 2026,
https://www.reddit.com/r/naturalbodybuilding/comments/1fgjmbn/progression_systems_and_their_effect_on_your/
54. How Much Weight to Lift: Tips and Guidelines from a Trainer - Runstreet, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://www.runstreet.com/blog/how-much-weight-to-lift>
55. Deloading Practices in Strength and Physique Sports: A Cross-sectional Survey - PMC - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10948666/>