

## Impacto en las características morfológicas del músculo esquelético de los peces criados en granja

Colaboración: Shilo Elena.

Universidad Estatal de Agricultura, llamada antes: V Gorin, Región de Belgorod, Russia.  
E-mail: shi-e@yandex.ru

### Resumen

**Introducción:** El pescado es una fuente completa de proteínas de fácil digestión. Su aceite, vitaminas y minerales proporcionan un funcionamiento normal a todos los sistemas básicos del organismo. Estudiar las características del crecimiento postnatal del músculo esquelético del pez permite formular propuestas basadas en evidencias para la producción de carne de pescado de buena calidad.

**Material y Métodos:** Estudio prospectivo de más de 300 especies de peces bajo principios análogos: edad joven de 20 a 500 días, de 860 días y con 2 a 3 años bajo crianza con tecnología de granja. El complejo metodológico incluyó morfometría, disección anatómica, métodos de preparación histológica, microscopio electrónico (Quanta 200 3D) y procesador estadístico.

**Resultados:** Las condiciones tecnológicas y la conducta alimentaria garantizan el crecimiento del pez tipo pequeño (fingerlings). Según los registros del estudio, el incremento del peso del cuerpo de los peces carpa entre 15 y 135 días, fitoplankton para carpas plateadas sobre 190 y 301 veces, fitovororous para carpa herbívora, 128 a 302 veces.

**Discusión:** El crecimiento vigoroso hiperplásico en el período inicial de la ontogénesis influye en el crecimiento posterior de los animales adultos. La dinámica estacional de las características morfométricas de las fibras musculares está influida por la intensidad de los procesos metabólicos del organismo.

**Palabras clave:** Acuicultura, Carpa, Anatomía animal, Peces de agua dulce, Alimentación humana.

### Abstract

**Introduction:** Fish as a food product is a source of complete, easily digested proteins, fish oil, vitamins, minerals which provide normal operation of all basic systems in the organism. Studying the general and specific characteristics of postnatal growth of fish skeletal muscles allow us to formulate evidence-based approach to the production of good quality fish.

**Methods:** Prospective study of more than 300 species under analogue principles: : juveniles aged from 20 till 500 days, species aged 860 days at two- and three years farming technology. Complex methodological approach including morphometrics, anatomic dissection, histological set up methods with electronic scanning microscopy (Quanta 200 3D) was used. Statistical data processing was performed.

**Results:** Technological conditions and feeding behaviour guarantee the intensity of fingerlings growth. According to our records carp increases body weight up to from 50 (at 3 year technology) to 411 times (at 2 year technology) between 15 and 135 days; phytoplankton silver carp up to 190-301 times, phytovororous grass carp up to 128-302 times respectively.

**Discussion:** Vigorous hyperplastic growth of carps at early stages of postnatal ontogenesis influences on further growth of mature animals. Seasonal dynamics of morphometric characteristics of muscular fibers is determined by intensity of metabolic processes proceeding in organism.

**Key words:** Aquaculture, Carpa Fish, Animal anatomy, Freshwater fish, Human nutrition.

## Introducción

El pescado como producto alimenticio es una fuente completa de proteínas de fácil digestión. Su aceite, vitaminas y minerales proporcionan un funcionamiento normal a todos los sistemas básicos del organismo. Estudios bioquímicos y morfo-fisiológicos sobre el músculo esquelético del pescado demuestran que este contiene más minerales totales que la carne de los animales homeotérmicos. Con referencia al trabajo experimental y al desarrollo de la acuicultura se descubrió que el pescado tiene una fenomenal flexibilidad de crecimiento comparado con los animales homeotérmicos vertebrados.

El aspecto ambiental que influencia sobre su estructura externa, la tasa de crecimiento, el balance entre las partes particulares de su cuerpo, pueden cambiar (Davison, Goldspink, 1977; Gill Weatherley, 1988). Se observa una definida estacionalidad, restricción y depresión del crecimiento del pez durante la carencia de suministro de alimento cuando el potencial de crecimiento no es completado. (Dgebadze, 1979; Ozerjuk, 1989; Smirnov, 1989; Panov, 1987; Rilina, 1995). El desarrollo del esqueleto del pez depende muy fuertemente de las condiciones ambientales en las que se desarrolla, lo que determina la velocidad de la miogénesis, la composición subcelular de los organelos, la cantidad y la tasa de distribución de las fibras musculares (Verigin 1970; Zhukinskiy, 1986; Novikov, 2000; Detlaff, 2001; Pavlov, 2007). El crecimiento del tejido muscular en el pescado se caracteriza por hiperplasia e hipertrofia de las fibras musculares (Zimmerman A.M., Lovery M.S., 1999). La hiperplasia es un incremento en la cantidad de fibras musculares (formación de nuevas fibras musculares) y el crecimiento de las fibras musculares existentes es la hipertrofia.

El esqueleto del pez está constituido por la cantidad de fibras musculares de la talla específica del pez hasta la pubertad y edad adulta. (Weatherley, Gill, Lobo, 1988; Kiessling, 1991; Zimmerman and Lowery, 1999; Johnston, 2000). Esto es lo que distingue a estos animales de los mamíferos cuya cantidad de fibras musculares está establecida a su nacimiento. (Goldspink, 1969; Stickland, 1983). El impacto de la prolongada deficiencia de comida y las bajas temperaturas durante el invierno sobre el crecimiento del músculo esquelético del pez debe ser, al menos, explorado.

Luego de analizar la bibliografía accesible se encontró que el impacto de los factores tecnológicos sobre la formación del tejido muscular fue estudiado pero no de manera suficiente, lo que motivó, precisamente, la presente investigación.

El estudio de las características generales y específicas del crecimiento postnatal del músculo esquelético del pez, permitirá formular propuestas basadas en evidencias para la producción de carne de pescado de buena calidad.

## Materiales y Métodos

El estudio del crecimiento del músculo-esquelético en peces Cyprinids se realizó desde el 2013 hasta el 2015. Los sujetos de investigación fueron 3 clases de peces: carpa (*Cyprinus carpio* L; 1758) carpa herbívora (*Ctenopharingodon idella* Val., 1844), carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix* Val., 1844). Todos ellos pertenecientes al género: Osteichthyes (peces con hueso), el grupo de Cypriniformes (cyprinids), la familia Cyprinidae (carps).

Para la investigación se seleccionaron las especies de peces bajo principios análogos: edad joven de 20 a 500 días, de 860 días y con 2 a 3 años bajo crianza con tecnología de granja. Se estudiaron más de 300 especies.

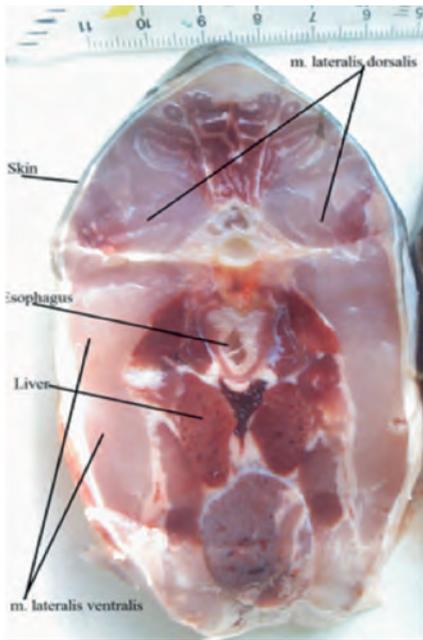
El complejo metodológico incluyó morfometría, disección anatómica, métodos de preparación histológica, microscopio electrónico (Quanta 200 3D) y procesador estadístico.

## Resultados

En el estanque de cultivo los peces de 2 a 3 años fueron criados en clima moderado (Bagrov, 2014). Con idéntica conducta hidrológica, de modo que cualquiera puede encontrar cómodamente peces de 1000 a 1200g a la edad de 500 días (con 2 años de tecnología) u 860 días (con 3 años de tecnología). La intensidad de la tasa del crecimiento del pez es regulada por diferentes métodos (la masa original de la larva, el período medio de vida del pez, la densidad de peces (la cantidad de peces de cada especie por unidad de agua).

En estanques sincrónicos la media de peso del pez fue de 500 a 600 mg, el principal factor determinante de la tasa de crecimiento (30 a 40 días) fue la densidad original media del pez. Con el uso de 3 años de tecnología, el promedio fue de 150 mil especies y con 2 años de tecnología fue de 40 mil por hectárea de superficie de agua. La alta densidad del pez resulta de una rápida eliminación de la reserva natural de comida (zooplankton para peces carpa) y la tasa de inhibición de su crecimiento como consecuencia.

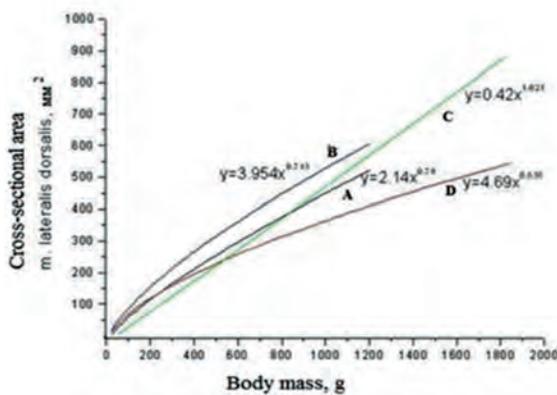
Las condiciones tecnológicas y la conducta alimentaria proporcionan la intensidad de crecimiento del tipo pequeño de pez (fingerlings). En particular de acuerdo a los récords alcanzados en el estudio como el incremento del peso del cuerpo de los peces carpa sobre los 50 g (con 3 años de tecnología) y sobre las 411 veces (con 2 años de tecnología), entre 15 y 135 días, fitoplankton para carpas plateadas sobre 190 y 301 veces, fitovoroso para carpa herbívora, 128 a 302 veces. Estos hallazgos hablan acerca del alto potencial de ajuste que tiene el organismo del pez en sus primeros años de vida y coincide con los datos de crecimiento compensatorio.



**Figura 1.** Corte coronal del tronco del pez: *Carpa Cyprinus* (m=1200g). (Foto: E. Shilo).

La tasa de crecimiento del músculo esquelético y el peso se definen asincrónicamente. El corte del cuerpo de los peces fue hecho a la distancia de 1-2mm del borde del cubrimiento de la branquia.

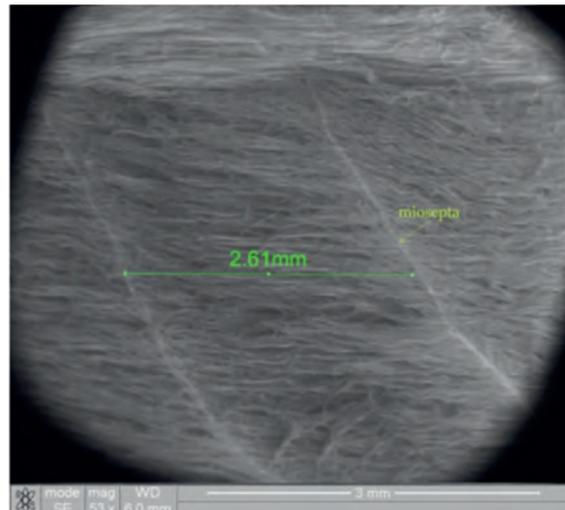
El peso de la carpa incrementa en 4,8 veces; la carpa plateada en 3,75 veces y la carpa herbívora en 3,11 veces. Similar a tres veces la tasa de crecimiento del segmento de corte del músculo esquelético en todas las clases estudiadas.



**Figura 2.** Relación entre el peso del cuerpo (g) y el área de corte (mm<sup>2</sup>) del músculo lateralis dorsalis del pez Cyprinid: A-*Carpa Cyprinus* (3 años de cultivo), B-*Carpa Cyprinus* (2 años de cultivo), C- *Hypophthalmichthys molitrix*, D- *Ctenopharyngodon idella*.

La tasa de crecimiento de la sección del área dorsal del músculo lateral (m lateralis dorsalis) en la carpa tipo pequeño (fingerlings) es mayor que la tasa de crecimiento del peso corporal en 2,8 veces, en la carpa plateada de 2,34 veces y en la carpa herbívora 4,5 veces. Luego de 2 años de observación se opone la tendencia: la tasa de crecimiento de peso es mayor que la tasa de crecimiento de la sección muscular en la carpa en 2,1 veces, en la carpa plateada 2,93 veces y en la carpa herbívora en 6,86 veces.

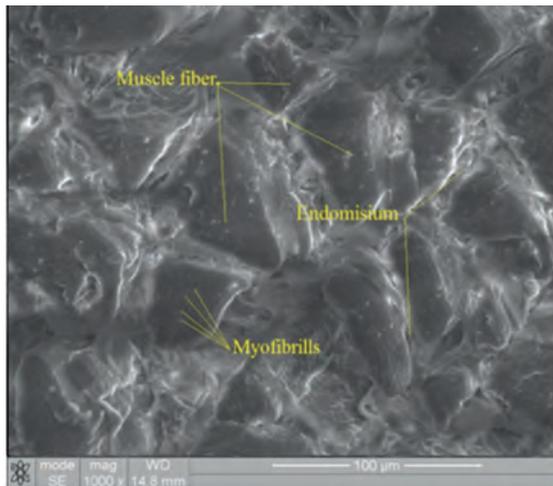
El crecimiento del músculo esquelético del pez cyprinid es la combinación del efecto de la formación de nuevas fibras musculares y el incremento morfométrico de las fibras ya existentes. Dependiendo de la técnica de cultivo en granja se descubrió que cómodamente (m=1200 g más menos 40 g) tiene asincronía en la formación de tejido muscular lo que repercute sobre el grado de desarrollo de los haces musculares, el tejido conectivo y el índice de variabilidad del diámetro de las fibras que determina la evaluación nutricional de la carne de pescado.



**Figura 3.** Fibras musculares blancas de la carpa herbívora (m=180 g) demostración de la longitud de las fibras musculares. (Foto: E. Shilo).

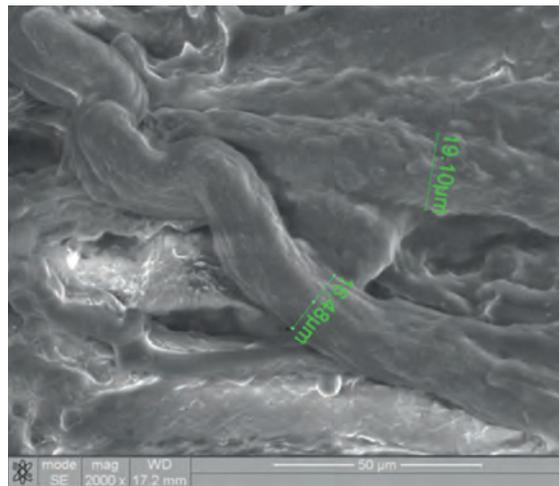
El diámetro muscular de las fibras en el músculo lateral dorsal (m. lateralis dorsalis) varía de cualquier forma entre 1 y 70 um. Con lo que se clasifican de la siguiente manera: 1-20um, 21-40um, 41-60um.

Las fibras de la primera clase fueron catalogadas como hiperplásicas, las fibras de tercera clase fueron catalogadas como hipertróficas. El promedio del diámetro de las fibras musculares en la ontogénesis postnatal determina la proporción de las diferentes clases de fibras: I (1-20um), II (21-40um), III (41-60um).



**Figura 4.** Fibras de músculo esquelético en la carpa ( $m=1102$  g, edad 500 días y 2 años de tecnología). Corte de una sección. (Foto: E. Shilo).

El análisis comparativo en la distribución de las fibras musculares en los músculos del cyprinids muestra que el crecimiento muscular fue acompañado de un gradual intercambio de clases de fibras dentro de un período de 15 a 135 días. El crecimiento hiperplásico vigoroso de la carpa en etapas tempranas a la ontogénesis posnatal influencia el crecimiento posterior del animal maduro: la mayoría de las fibras musculares formadas en los peces pequeños (fingerlings) y el alto diámetro de aquellas que los pescados más rápidos pueden cómodamente alcanzar tendrán un peso de 1000g. La regularidad específica fue establecida en la distribución de las clases de fibras: los pescados pequeños (fingerlings) y los pescados de 2 años alcanzan un diámetro máximo de las fibras al final del otoño cuando el pez alcanza su máximo peso corporal. La dinámica de las estaciones climáticas en las características morfométricas de las fibras musculares está determinada por la intensidad del proceso metabólico en el organismo.



**Figura 5.** Fibras musculares rojas en la carpa plateada ( $m=2362$ g., edad 860 días, 3 años de tecnología). Demostración del pequeño diámetro de sus fibras musculares. (Foto: E. Shilo).

Las fibras gruesas: 30-40  $\mu$ m en diámetro dominante en el pez cyprinid ( $m=1000-1300$ g) a la edad de 2 años (500 días). Sin embargo, la proporción de las fibras pequeñas se incrementa a la edad de 3 años (860 días) lo cual habla de la naturaleza especial del tejido muscular del pez sobre los 3 años de crianza en condiciones de granja y determina la calidad comercial del pez.

## Discusión

Escoger la tecnología apropiada de granja para la crianza de peces garantiza varios niveles de confort ambiental para la vida de la especie, lo que permite influenciar en el objetivo para el crecimiento, desarrollo y formación estructural del tejido muscular y cambiarlo de tal manera que aparezca atractivo y nutritivo, según la expectativa de los clientes.

## Traducción

Versión original traducida del idioma ruso al inglés: PhD. Elena Shilo y Dra. María Ximena Romero. Traducción del idioma inglés al español: Dra. María Ximena Romero Rosero. (2017).

## Referencias

1. Bagrov A.M. *Tekhnologiya prudovogo rybovodstva*. – Moscow: VNIRO, 2014. – 358 s
2. Verigin B.V. *Embriolo giya ryb i obshchaya teoriya individual'nogo razvitiya organizmov // Voprosy ikhtiologii*. – 1970. – T. 10, vyp. 2 (61). – S. 237-254
3. Dgebuadze Yu.Yu. *Morfologicheskie metody v populyatsionnykh issledovaniyakh ryb // Sostoyanie i perspektivy razvitiya morfologii*. – Moscow: Nauka, 1979. – S. 355-356
4. Detlaf T.A. *Temperaturno-vremennye zakonomernosti razvitiya poykilotermnykh zhivotnykh*. - Moscow: Nauka, 2001. – 211s

5. Zhukinskiy V.N. Vliyaniye abioticheskikh faktorovna raznokachestvennost' i zhiznesposobnost' ryb vrannem ontogeneze / V.N. Zhukinskiy. – Moscow: Agropromizdat, 1986. – 243 s
6. Zamakhaev D.F. K voprosu o vliyaniy rosta pervykh let zhizni ryby na posleduyushchiy ee rost // Trudy VNIRO. – 1964. - T. L. – S. 109-141
7. Zolotova A.V, Panov V.P, Esavkin Y.E. Rost i anatomo-gistologicheskaya kharakteristika osevoy muskulatury afrikanskogo soma *Clarias gariepinus* (Burchell) // Izvestiya TSKhA. – 2015. – Vyp. 5. – S. 81– 92
8. Kizevetter I.V. Tekhnologicheskaya i khimicheskaya kharakteristika promyslovykh ryb tikhokeanskogo basseyna // Vladivostok, 1971. – 297s
9. Kuranova I.I. Moiseev P.A. Promyslovaya ikhtiologiya i sryevaya baza rybnoy promyshlennosti. - Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 1973. – 151 s
10. Novikov G.G. Rost i energetika razvitiya kostistykh ryb vrannem ontogeneze. – Moscow. : Editorial URSS, 2000. – 295 s
11. Ozernyuk N.D. Rost skeletnoy muskulatury tuntsov v svyazi s osobennostyami ikh plavaniya // Voprosy ikhtiologii. – 1989. – Vyp. 5. – S. 802–811
12. Pavlov D.A. Morfologicheskaya izmenchivost' v rannem ontogeneze kostistykh ryb / D.A. Pavlov. – Moscow. : Geos, 2007. – 263 s
13. Panov V.P. Razvitie muskulatury raduzhnoy foreli v zavisimosti ot vozrasta, pola i perioda nagula // Izvestiya TSKhA. – 1987. – Vyp. 5. – S. 144-145
14. Panov V.P. Morfologicheskie, fiziologo–biokhimicheskie rybokhozyaystvennyye osobennosti dvukh form raduzhnoy foreli / V.P. Panov, Yu.I. Esavkin, A.V. Zolotova // Ratsional'noe ispol'zovanie presnovodnykh ekosistem – perspektivnoe napravlenie realizatsii natsional'nogo proekta «Razvitie APK»: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, g. Moskva, 17–19 dekabrya 2007 g. – M., 2007. – S.195-200
15. Rylina O.N. Gistologicheskoe issledovanie ryb Sheksninskogo vodokhranilishcha / O.N. Rylina // Sb. nauchn. trudov / GosNIORKh. –1995.–№ 314.–S. 354-356
16. Smirnov A.N. Rost myshts i myshechnykh volokon u kanal'nogo soma (*lctalurus punctatus*) / A.N. Smirnov // Intensivnaya tekhnologiya v rybovodctve. – Moscow, 1989. – S. 98-107
17. Akster H.A. Morphometry of muscle fibre types in the carp (*Cyprinus carpio* L.). Relation between structural and contractile characteristics // Cell and Tissue Res., 1985. - Vol. 241. - P.193-201
18. Alami-Durante H, Rouel N.M. Early thermal history significantly affects the seasonal hyperplastic process occurring in the miotomal white muscle of *Dicentrarchus labrax* juveniles // Cell and Tissue Research, 2007. – Vol.327. – P.553-570
19. Davison W, Goldspink G. The effect of prolonged exercise on the lateral musculature of brown trout (*Salmo trutta*) // J. Exp. Biol., 1977. - Vol.70. - P.1-12
20. Fauconneau B, Alami-Durante H, Lacoche M, Marcel J, Vallot D. Growth and meat quality relation in carp // Aquaculture, 1995. -. Vol.129. – P. 265-297
21. Johnston I.A. Fish Physiology: Muscle Development and Growth: Muscle Development and Growth / I.A. Johnston. - San Diego: Academic Press. 2000. - 318p
22. Kiessling A, Ruohonen K, Bjornevic M. Muscle fibres growth and quality in fish // Arch.Tierz., Dummerstorf, 2006. – Vol.49. Special Issue. – P.137-146
23. Kiessling G.A. Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age II Activity of key enzymes in energy metabolism / Aquaculture. – 1991, № 93. - P. 335-356
24. Rowlerson A. Cellular mechanism of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. / A. Rowlerson, A. Vegetti // Muscle development and growth. – London. – Academic Press, 2001. - P. 103-140
25. M. Muscle fibre diversity and plasticity. In Muscle growth and development / A. M. Sanger, W. Stroiber // Fish Physiol. - 2001, vol. 18. – P. 187-250
26. Stickland N.C.: Growth and development of muscle fibres in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // J. Anat. - 1983, № 137. - P. 323-333
27. Talesara C.L, Urfi A.J. A histophysiological study of muscle differentiation and growth in the common carp, *Cyprinus carpio* Var. *communis*. – J.Fish Biol., 1987. - Vol.31. - P.45-54
28. Vegetti A. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle in *Dicentrarchus labrax* / A. Vegetti, F. Mascarello, P. Scapolo, A. Rowlerson // Anat. Embryol. - 1991. № 182. - P. 1-10
29. Vieira V.L.A, Norris A, Johnston I.A. Heritability of fibres number and size parameters and their genetic relationship to flesh quality traits in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) // Aquaculture, 2007. – Vol.272. – P.100-109
30. Weatherley A.H. Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size / A.H. Weatherley, H.S. Gill, A.F. Lobo // J. Fish Biol. - 1988. - № 33. - P. 851-859
31. Zimmerman A.M, Lovery M.S. Hyperplastic development and hyperplastic growth of muscle fibers in the white sea bass (*Atractoscion nobilis*) // J. Exp. Zool., 1999 – Vol.284. – P.299-308